

**ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

*Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису*

РУДІК ОЛЕКСАНДР ЛЕОНІДОВИЧ

УДК 633.854.54: 631.5: 677.116: 631.572

ДИСЕРТАЦІЯ

**АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ І РОЗРОБКА БАЗИСНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО
ПОДВІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

06.01.09 «Рослинництво»

сільськогосподарські науки

Подається на здобуття наукового ступеня

доктора сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ О.Л. Рудік

Науковий консультант: доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН,
Заслужений діяч науки і техніки України
Вожегова Раїса Анатоліївна

Херсон – 2019

АНОТАЦІЯ

Рудік О. Л. Агроекологічне обґрунтування та розробка базисних елементів технології вирощування льону олійного подвійного використання в умовах півдня України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво». – Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрний університет», Херсон, 2019.

У дисертаційній роботі представлені результати досліджень з агроекологічного обґрунтування та розробки технологій вирощування льону олійного подвійного використання на зрошуваних і незрошуваних землях півдня України. Здійснена оцінка сортового складу з виявлення потенційної продуктивності і якості, вивчена реакція вітчизняних та закордонних сортів на штучне зволоження, визначено оптимальні параметри удобрення, строку сівби, норм висіву, ширини міжряддя та технології збирання з метою підвищення економічної, енергетичної ефективності та використання продукції.

Встановлено, що в умовах Півдня України сумарне водоспоживання льону олійного змінюється від 108 до 212 мм, зрошення складає близько 40% сумарного водоспоживання та зумовлює його стабілізацію. Серед технологічних заходів, зрошення та удобрення проявляють найбільший позитивний вплив на ріст і розвиток культури, формуванню насіння та соломи, а їх поєднання сприяє більш економному використанню природних та антропогенних ресурсів.

В умовах природного зволоження найвищу врожайність насіння – 1,65 т/га та соломи – 2,36 т/га, забезпечує фон живлення $N_{90}P_{60}K_{60}$, сівба з міжряддям 15 см нормою 6 млн шт./га. При зрошенні максимальний рівень врожайності насіння 2,16 т/га та соломи 3,19 т/га, досягається внесенням $N_{90}P_{60}K_{60}$, та сівбою з міжряддям 15 см і нормою 7 млн шт./га. Зрошення підвищує вміст жиру в насінні в середньому на 0,42 в.п., а удобрення – на

0,5-2,1%. Підвищення фону живлення до $N_{90}P_{60}K_{60}$ знижує вміст жиру.

Переваги вирощування льону олійного із міжряддям 45 см полягають виключно у можливості отримання насіння харчового, медичного призначення, або органічної продукції. Урожайність насіння при цьому, залежно від умов зволоження, зменшується на 14,7 та 12,4%. Ранній строк сівби з нормою висіву 6 млн шт./га забезпечує формування розвиненого асиміляційного апарату, ефективне його використання, оптимальне поєднання морфологічних показників структури врожаю, що визначає вищий рівень урожайності насіння (1,34 т/га), урожайності соломи (175 т/га) та її фізико-механічні властивості. При сівбі через 20 діб норма висіву повинна бути збільшена до 8 млн шт./га.

Продукційний процес сортів різного призначення генетично спрямований на формування основного виду продукції, при зрошенні частка стебел в наземній масі рослин зростає, а насіння зменшується. На фоні природного зволоження вищою урожайністю насіння характеризуються сорти Айсберг, ВНІМК 620 – 1,37 та Орфей – 1,36 т/га, а при зрошенні сорти Орфей – 1,83 т/га, Айсберг – 1,82, ВНІМК 620 та Лірина – 1,8 т/га. Відмінність будови стебла у сортів різного морфотипу полягає в суттєвому збільшенні в прядивних – порожнини та паренхіми, при меншій частці серцевини та деревини. За однакових умов вирощування виявлені анатомічні переваги у розмірі, кількості та розвиненості волокнистих пучків та елементарних луб'яних волокон у стеблах льону-довгунця.

Неодночасне фізіологічне та технологічне дозрівання рослин, повторне відновлення вегетації, які ускладнюють збирання льону, усуваються механічним або хімічним підсушуванням посівів. Десикація посівів льону Баста – 2 л/га, Раундап – 3 л/га та Реглон Супер – 3 л/га прискорює втрати вологи, зменшує умовні втрати насіння та соломи, знижує засміченість соломи бур'янами та позитивно впливає на її фізико-механічні показники. За наявного технічного забезпечення господарств півдня України збирання льону олійного подвійного призначення повинно передбачати десикацію посівів у фазу жовтої стиглості та скошування на мінімально можливій висоті зрізу, із укладанням

соломи у валок для подальшого тюкування у рулони.

Економіко-статистичне моделювання демонструє прогноз збільшення площ вирощування та урожайності льону олійного в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, що створює сприятливі передумови для комплексного використання його продукції. Організація переробки соломи повинна будуватися на основі кластерного підходу із якомога ближчим розташуванням пунктів первинної переробки до центрів вирощування культури. Прогнозована вартість соломи льону олійного, залежно від якості, повинна складати не менше 35–45 доларів США за тонну, це забезпечує прибутковість як вирощування, так і переробки.

Максимальний прибуток досягається при вирощуванні льону олійного на фоні внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$, сівбі із міжряддями 15 см при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості. Норма висіву повинна складати 6 млн шт./га без зрошення та 7 млн шт./га при зрошенні. В умовах природного зволоження найбільш прибутковим є вирощуванні сортів Айсберг, ВНІМК 620 та Орфей (6,78–6,88 тис. грн/га), а при зрошенні – Орфей, Айсберг, ВНІМК 620 та Лірина (6,41–6,74 тис. грн/га). Вищу прибутковість – 5,39 тис. грн/га, забезпечує передзбиральна десикація посівів препаратом Раундап 3 л/га.

Застосування адаптованих та високоврожайних сортів льону забезпечує підвищення енергетичної ефективності їх вирощування. Варіанти технології збирання культури різняться за витратами енергії не більше, ніж на 7,1%. Передзбиральна десикація посівів надає переваги при збиранні та є енергетично обґрунтованою. Найменша енергоємність – 10,4 ГДж/т, та найвищий K_{ee} – 1,97 були отримані за прямого комбайнування після десикації препаратом Баста 2 л/га. Заготівля соломи вимагає збільшення енергетичних потреб в 1,4–1,5 рази, однак прихід енергії в 2,38–2,47 рази перевищував витрати. Технологічне використання соломи підвищує K_{ee} на 0,16 – 0,83 одиниці.

Ключові слова: льон олійний, сорт, зрошення, добрива, строк сівби, норма висіву, технології збирання, солома, луб, волокно, економічна ефективність, енергетична оцінка.

SUMMARY

Rudik O. L. Agro-Ecological Substantiation and Development of Basic Elements of Cultivation Technologies of Dual Purpose Oil-Bearing Flax under Conditions of the South of Ukraine. - Qualifying scientific work as a manuscript.

The thesis for the degree of the Doctor of Agricultural Sciences, specialty 06.01.09 crop - Institute of Irrigation Agricultural of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kherson, 2019.

In dissertation work the results of researches are reflected from development, improvement and agroecological ground of technologies of growing of flax oil on the irrigated and unwatering lands of South Ukraine for the choice of sorts with maximal potential of the productivity and quality, study of their reaction on the artificial moistening, establishment of optimal parameters of fertilizer, term of sowing, norms of sowing, width of space between rows and technology of collection, increase of economic and power efficiency.

It is set that in the conditions of the Dry Steppe of Ukraine the total water consumption of flax oily changes scope a from 108 to 212 mm, irrigation folds an about 40 % total water consumption and predetermines his stabilizing. Among technological measures, irrigation and fertilizer show most positive influence on a height and development of culture, and their combination assists more economy use of natural and anthropogenic resources.

In the conditions of the natural moistening the greatest productivity of seed - 1.65 т/ha and straw – 2.36 т/ha, sowing provides the background of feed of $N_{90}P_{60}K_{60}$ with space between rows a 15 cm by and norm 6 million/ha. At irrigation maximal level of the productivity of seed of 2.16 т/ha and straw of 3.19 т/ha, arrived at by bringing of $N_{90}P_{60}K_{60}$, and sowing with space between rows a 15 cm by a norm 7 million/ha. Irrigation predetermines the increase of oiliness of seed on the average on 0.42 per cent points, and a fertilizer is on 0.5–2.1%. The increase of background of feed to $N_{90}P_{60}K_{60}$ reduces oiliness.

Advantages of growing of flax oily with space between rows a 45 cm consist exceptionally at possibility of receipt of seed of the food, medical setting, or organic products. Productivity of seed here, in accordance with the terms of moistening,

diminishes on 14.7 and 12.4%. Early term of sowing by a norm 6 million/ha provide forming of the developed assimilatory vehicle, his effective use, optimal combination of morphological indexes of structure of harvest which determines the greatest level of the productivity of seed of 1.34 t/ha. At sowing in a 20 twenty-four hours the norm of sowing must be megascopic to 8 million/ha.

The process of products of sorts of the different setting is genetically sent to forming of basic type of products, at irrigation part of stems grows in surface mass of plants, and seed diminish. On a background the natural moistening the higher productivity of seed is characterize sorts Iceberg, VNIIMK 620 - 1.37 and Orphey - 1.36 t/ha, and at irrigation sorts Orphey 1.83, Iceberg - 1.82, VNIIMK 620 and Lirina - 1.8 t/ha. The difference of structure of stem between the sorts of different morphotype consists in a substantial increase in spin are cavities and parenchyma's, at less part of core and wood. At identical terms, growing is educed anatomic advantages in a size, amount and development of fibred bunches and elementary fibres in the stems of long-stalk flax.

Unsimultaneous physiology and technological ripening of plants, repeated renewal of vegetation, which complicate, collection of flax, removed by the mechanical or chemical torrefaction of sowing. Desiccation of spraying owing of flax that do Basta – 2 l/ha, Roundup – 3 l/ha and Reglon Super – 3 l/ha speeding the losses of moisture, diminishes the conditional losses of seed and straw, reduces the impurity of straw weeds and positively influences on her physic-mechanical indexes. At the present hardware of economies in the area of Steppe of collection of flax of oil-bearing double-duty it must provide for desiccation spraying in the phase of yellow ripeness and mowing on the minimum possible height of cut, with the conclusion of straw in a roller for the further embalming in rolls.

The economic-statistical design demonstrates the wire-pullers of increase of areas of growing and productivity of flax oily in all ground-climatic areas of Ukraine which forms favourable pre-conditions for the complex use of his products. A maximal income at growing of flax oily is provided by sowing at achievement of the state of physical ripeness soil with spaces between rows a 15 cm at top-dressing of

$N_{60}P_{45}K_{45}$. The norm of sowing must fold 6 million/ha without irrigation and 7 million/ha – with irrigation. In the conditions of the natural moistening most profitable is growing of sorts Iceberg, VNIIMK 620 and Orphey (6.78-6.88 thousand UAH/ha), and with irrigation – Orphey, Iceberg, VNIIMK 620 and Lirina (6.41-6.74 thousand UAH/and). Higher profitability - 5.39 thousand UAH/ha, provides before harvesting desiccation spraying of Roundup 3 l/ha.

Productive charges on embalming of straw in rolls fold 247-297 UAH/t, at transportation a more than 20 kilometre transport charges are reach levels prime price of straw. Places of the primary processing of raw material must be in the area of growing of culture. The forecast cost of straw of flax oily, depending on quality, must fold 900-1200 UAH/t, that provides profitability as growing so of processing.

Application of plastic, adapted to the terms of growing, high-yield varieties of flax provides the increase of power efficiency of their growing. The variants of technology of collection of culture on seed differ after charges energies no more than on 7.1%. The before harvesting desiccation spraying gives considerable advantages at collection and is power reasonable. The least power-hungriness – 10.4 GJ/t, and the greatest Kee - 1.97 were got during realization of direct combining after desiccation Basta - 2 l/ha. The purveyance of straw requires the increase of power requirements in 1.39-1.46 times, however arrival of energy in 2.38-2.47 times exceeded charges. The technological use of straw promotes Kee on 0.16-0.83 unit.

Keywords: flax-oil, variety, terms of moistening, irrigation, fertilizers, term of sowing, norm of sowing, width of space between rows, technology of harvest, productivity of seed, quality, straw flax-oil, design, fiber, bast, economic efficiency, power estimation.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Рудік О. Л. Оцінка інноваційного потенціалу *Linum humile* Mill як джерела волокнистої та целюлозно-паперової сировини в Україні. *Сучасний стан та пріоритети розвитку системи обліку, оподаткування й аналізу виробничо-економічної діяльності суб'єктів господарювання агропромислового сектору економіки* : колект. моногр. Херсон : Айлант, 2018. С. 356-373.

2. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Дробітько А. В., Білий В. М., Рудік О. Л. та ін. Наукове обґрунтування напрямів адаптації систем землеробства до кліматичних змін та забезпечення продовольчої безпеки. *Наукові основи адаптації систем землеробства до змін клімату в Південному Степу України* : колект. моногр. / за ред. чл.-кор. НААН Вожегової Р. А. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. С. 8-39; С. 575 – 692 (*Отримання та аналіз експериментальних даних, підготування матеріалів монографії*).

3. Рудік О. Л. Наукові основи формування технології вирощування льону олійного в умовах Півдня України : монографія. Херсон : Айлант, 2018. 188 с.

4. Vozhehova R.A., Lykhovyd P.V., Kokovikhin S.V., Biliaieva I.M., Markovska O.Y., Lavrenko S.O., Rudik O.L. (2019). Artificial neural networks and their implementation in agricultural science and practice. Warsaw, Diamond Trading Tour, 108 pp. (*Отримання та аналіз експериментальних даних, підготування матеріалів монографії*).

Статті у наукових фахових виданнях України

5. Ушкаренко В. О., Лазер П. Н., Рудік О. Л. Особливості елементів технології вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2014. Вип. 80. Ч. 2. С. 198 – 203 (*Отримання та аналіз даних, написання статті*).

6. Лазер П. Н., Рудік О. Л. Елементи адаптивної технології вирощування льону олійного в зоні Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя. 2013. Вип. 18. С. 99 – 105

(Отримання та аналіз даних польових дослідів, формулювання висновків).

7. **Рудік О. Л.** Оцінка сортів льону олійного за урожайністю насіння та соломи в зоні сухого степу України. *Науково – технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя. 2014. Вип. 21. С. 112 – 118.

8. **Рудік О. Л.**, Мринський І. М. Загальна та біоенергетична оцінка подвійного використання льону олійного. *Вісник ЖНАЕУ*. Житомир. 2015. № 2 (50), Т. 1. С. 325 – 330 (Отримання та аналіз експериментальних даних, написання статті).

9. Адамень Ф. Ф., Лазер П. Н., **Рудік О. Л.**, Патраков О. І. Вплив строків посіву та норми висіву на врожайність і водоспоживання льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2015. Вип. 81. С. 14 – 18 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

10. **Рудік О. Л.** Формування урожаю льону олійного залежно від терміну посіву та норми висіву в зоні Сухого Степу України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2016. Вип. 95, С. 79 – 86.

11. **Рудік О. Л.** Сировинний потенціал льону олійного та перспективи його використання в медицині. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2016. Вип. 96. С. 104-111.

12. **Рудік О. Л.** Вплив вологозабезпечення на процеси росту та розвитку сортів льону олійного в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2017. Вип. 98. С. 113 – 121.

13. **Рудік О. Л.**, Рудік Н. М. Оцінка технологій збирання льону олійного, призначеного для подвійного використання. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя. 2017. Вип. 24. С. 208-213.

14. **Рудік О. Л.** Вплив агротехнічних заходів вирощування льону олійного, призначеного для подвійного використання, на структуру стеблостою. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. Вип. 99. С. 117 – 123.

15. Вожегова Р. А., **Рудік О. Л.** Економічне обґрунтування технологій вирощування льону олійного на неполивних і зрошуваних землях в умовах Півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон. 2018. Вип. 69. С. 22-26

(Отримання та аналіз даних, написання статті).

16. Вожегова Р. А., Рудік О. Л. Енергетичний аналіз технологій вирощування льону олійного в умовах Півдня України за різних схем використання продукції. *Зрошуване землеробство*. Херсон. 2018. Вип. 70. С. 64-68 (Отримання та аналіз експериментальних даних, написання статті).

17. Рудік О. Л. Динаміка водного режимів ґрунту при вирощуванні льону олійного на неполивних та зрошуваних землях Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 117-123.

18. Рудік О.Л., Мринський І.М. Вплив строків сівби та норм висіву на продуктивність льону олійного. *Наукові горизонти*. Житомир. 2018. № 7-8 (70), С. 91-97.

19. Рудік О. Л. Фізико-механічні показники та урожайність соломи льону низького, призначеного для подвійного використання за різних технологій збирання. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2019. Вип. 106. С. 135 – 141.

Статті у наукових фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних

20. Рудік О. Л., Мринський І. М. Продуктивність льону олійного за впровадження технологій подвійного використання культури. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. №1(93). С. 102 – 112 (Отримання та аналіз даних, підготування матеріалів до друку).

21. Рудік О. Л., Вожегова Р.А. Вплив заходів передзбирального комплексу на втрату вологи посівами льону олійного в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. №4(100). С. 62 – 67 (Отримання та аналіз даних, підготування матеріалів до друку).

22. Рудік О. Л. Динаміка розвитку та продуктивність льону олійного залежно від умов зволоження, удобрення, ширини міжрядь та норм висіву на півдні України. *Науковий вісник НУБіП України*. Серія : Агронімія. 2018. Вип. 287. URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/7937> (дата звернення : 16.10.2018 р.).

23. Рудік О. Л. Вплив агрозаходів на формування врожаю та якість насіння льону олійного. *Agrology*. Vol. 2. No 3. URL : <http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/agrology/issue/view/40> (дата звернення : 18.10.2018 р.).

24. Рудік О. Л., Гальченко Н. М., Коновалова В. М. Моделювання рівнів продуктивності та аналіз ефективності технологій вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон. 2019. Вип. 71. С. 119-122 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

Статті у періодичних закордонних виданнях

25. Рудик А. Л., Прошина И. А. Оптимизация современного производства масличных культур в зоне рискованного земледелия. *Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства* : сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н. В. Бышова. Рязань. 2013. С. 649 – 655 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

26. Рудик А. Л. Агроэкологические требования при возделывании льна масличного в зоне орошения юга Украины. *Труды Географического общества Республики Дагестан*. Махачкала. 2014. Вып. 42. С. 32 – 36.

27. Рудик А. Л. Влияние влагообеспеченности на общую продуктивность сортов льна масличного в зоне сухой степи Украины. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2014. Вып. 56. Ч. 2. С. 36 – 44.

28. Рудик А. Л. Агротехнологические аспекты в оценке выращивания льна масличного двойного использования. *Экология и строительство*. 2016. № 3. С. 15 – 22.

29. Рудик А. Л. Формирование биологической массы и потребление элементов питания посевами льна масличного в зоне Сухой Степи Украины. *AMEA News (Biology and Medical Sciences)*. 2017. Vol. 72(1). P. 58-62.

30. Рудик А., Керимов А. Оценка сортовых особенностей с целью двойного использования посевов льна масличного. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences*. Lankaran. 2018. Vol. 1. P. 221-229 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

31. Рудик А., Керимов А. Влияние сроков посева и норм высева на условия развития и урожайность льна масличного в южной степи Украины. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences*. Lankaran. 2018. Vol. 2. P. 262-268 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

32. Рудик А., Рудик Н. Агроэкологические аспекты размещения и использования льна масличного двойного назначения в Украине. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences*. Lankaran. 2019. Vol. 1. P. 114-121 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

Статті в інших наукових виданнях

33. Рудик А. Л., Рудик Н. М. Особенности минерального питания растений льна масличного в зоне сухой степи Украины при орошении. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2015. Вып. № 3(59). С. 103 – 109 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

34. Рудік О. Л. Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його використання. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь. 2016. Вип. 6, Т. 3. С. 116 – 123.

Патенти

35. Спосіб вирощування льону олійного харчового та лікарського призначення без зрошення та при зрошенні в умовах Сухого Степу України. пат. на корисну модель Україна, UA МПК 2015.01 A01C7/00. **О. Л. Рудік**; винахідник та власник. № 96273; заявл. 13.08.2014; опубл. 26.01.2015, Бюл. 1.

36. Спосіб вирощування льону олійного технічного призначення на фоні природного та штучного вологозабезпечення в умовах Сухого Степу України. пат. на корисну модель Україна, UA МПК 2015.01 A01B79/00. **О. Л. Рудік**;

винахідник та власник. № 95959; заявл. 31.07.2014; опубл. 12.01.2015, Бюл. 2.

Тези доповідей на наукових конференціях

37. Лазер П. Н., **Рудік О. Л.**, Князев О. В. Агроекологічна оцінка сортів льону олійного за комплексною продуктивністю насіння та соломи в умовах південного степу України. *Современные теоретические и практические аспекты селекции гибридов и сортов масличных культур и разработка технологий их выращивания* : сб. тез. межд. научн. конф. Запорожье : Днепропетровский
Металлург, 2012.
С. 33 (Отримання та аналіз даних, написання тез).

38. **Рудік О.Л.**, Рудік Н.М. Особливості зонального розміщення посівів олійних культур в Україні та напрямки їх оптимізації. *Напрями розвитку сучасних систем землеробства* : матеріали міжн. наук.-практ. інтернет-конф., присв. 110-річчю від дня народж. проф. С. Д. Лисогорова. Херсон. 2013. С. 219 – 225 (Отримання та аналіз даних, написання тез).

39. Лазер П. Н., **Рудик А. Л.**, Князев А. В. Продуктивность сортов льна масличного в зоне сухой степи Украины. *Международная научно стручная конференция экология у служби одрживог развоја* (Нови Сад. 26-28 септембар 2013). С. 119 – 124 (Отримання та аналіз даних, написання тез).

40. **Рудік О. Л.**, Рудік Н. М. Вплив елементів посівного комплексу на ефективність вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур* : матеріали міжн. наук.-практ. інтернет-конф., присв. 140-річчю створення ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» (22 травня 2014 року) Херсон. 2014. С. 327-333 (Отримання та аналіз даних, написання тез).

41. **Рудик А. Л.**, Рудик Н. М. Динамика агрофизических свойств почвы при выращивании льна масличного в зоне Сухой Степи Украины // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2015. Выпуск № 4(60). С. 52-56. (Отримання та аналіз даних, написання матеріалів).

42. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна та біоенергетична оцінка подвійного використання льону олійного. *Інноваційний розвиток АПК України : проблеми та їх вивчення* : матеріали міжн. наук.-практ. конф., присв. пам'яті декана агроном. ф-ту М. Ф. Рибача. Житомир : Житомирський національний агроекологічний університет, 2015. С. 118-121 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

43. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна оцінка продуктивності та перспективи біоенергетичного використання продукції льону олійного. *Теоретичні засади розвитку аграрної галузі на сучасному етапі та впровадження їх у виробництво* : матеріали міжн. наук.-практ. конф. Миколаїв : Вид-во Миколаївського національного аграрного університету, 2015. С. 117 – 119 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

44. Рудік О. Л. Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його використання. *Біосферні основи землеробства в XXI столітті* : матеріали Міжн. наук.-техн. інтернет-конф., 2 листопада 2015 року. С. 25-27.

45. Рудик А. Л. Влияние элементов технологии возделывания на формирование стеблестоя посевов льна масличного. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2016. Вып. № 1(61). С. 141 – 144.

46. Рудик А. Л. Агроэкологические аспекты рационального использования биологического потенциала льна масличного. *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования* : I Межд. научн.-практ. интернет-конф., посв. 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия» ФГБНУ «ПНИИАЗ». Солёное Займище. 2016. С. 2088-2096.

47. Рудік О. Л., Рудік Н. М. Вплив мінерального живлення на продукційні процеси та споживання біогенних елементів посівами льону олійного в зоні сухого Степу України. *Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства* : матеріали міжн. наук.-практ. інтернет-конф., 18 – 19 лютого 2016 р. Львів. 2016. С. 323 – 330 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

48. **Рудік О. Л.**, Рудік Н. М. Вплив заходів вирощування на склад жирних кислот насіння льону олійного. *Лікарські рослини : Традиції та перспективи досліджень* : матеріали III міжнар. наук. конф. (Березоточа, 14 – 15 липня 2016 року). ДСЛР ІАП НААН. Київ : ДІА, 2016. С. 127 – 131 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

49. **Рудік О. Л.** Минуле, сучасність та перспективи льонарства в Україні. *Професор С. Л. Франкфурт – видатний вчений агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні* : матеріали міжн. наук.-практ. конф. (Київ, 18 листоп. 2016 р.). Київ : Наш формат, 2016. Ч. 2. С. 347 – 348.

50. **Рудик А. Л.**, Рудик Н. М. Изучение адаптивных способностей сортов льна масличного в различных условиях влагообеспечения. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2017. Вып. № 4(68). С. 74-79 (*Отримання та аналіз даних, написання матеріалів*).

51. **Рудік О. Л.** Структура стеблостою льону олійного залежно від агротехнічних заходів його вирощування. *Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур* : зб. тез міжн. наук. інтернет-конф. (Запоріжжя, 16 листопада 2017 р.). Запоріжжя. ІОК НААН, 2017. С. 143 – 144.

52. **Рудік О. Л.**, Рудік Н. М. Розширення можливостей застосування сортів льону олійного при вирощуванні в зоні сухого Степу України в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство : сьогодення, проблеми, перспективи* : матеріали регіон. наук.-практ. інтернет-конф. (2-3 листопада 2017 р.) : [до 80-річчя професора КіВіра В. Х.]. Дніпро : ДДАЕУ, 2017. С. 130 – 132 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

53. **Рудік О. Л.** Особливості та перспективи органічного вирощування льону низького *Linum humile Mill.* *Інноваційні технології та препарати в системі органічного землеробства Степу* : зб. матеріалів міжн. наук.-практ. інтернет-конф. (Херсон, 6 бер. 2018 р.). Херсон : ІЗЗ НААН, 2018. С. 74.

54. **Рудік О. Л.** Еколого-кліматичні закономірності та перспективи поширення льону олійного в Україні. *Інноваційні технології у рослинництві* :

проблеми та їх вирішення : матер. міжн. наук.-практ. (Житомир, 7-8 черв. 2018 р.). Житомир : ЖНАУ, 2018. С. 147-152.

Методичні рекомендації

55. Вожегова Р. А., **Рудік О. Л.** Методичні рекомендації з оптимізації технологій вирощування льону олійного в умовах Південного Степу України. Херсон : ІЗЗ НААН, 2017. 16 с. (*Отримання та узагальнення даних, написання рекомендацій*).

56. Вожегова Р. А., **Рудік О. Л.** Науково-методичні рекомендації з формування технологій вирощування льону олійного на зрошуваних і неполивних землях. Херсон : ІЗЗ НААН, 2018. 20 с. (*Отримання та узагальнення даних, написання рекомендацій*).

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	21
ВСТУП	22
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ КУЛЬТУРНОГО (<i>LINUM USITATISSIMUM L.</i>).....	30
1.1 Історія льонарства, систематика та морфобіологічні відмінності таксонів виду.....	32
1.2 Відношення культури до екологічних факторів, особливості її росту й розвитку.....	37
1.3 Сучасний стан та перспективи господарського використання продукції <i>Linum usitatissimum L.</i>	57
1.4 Вплив елементів технології вирощування на урожайність льону та якість продукції.....	78
Висновки до розділу 1.....	95
РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	99
2.1 Агроєкологічні аспекти вирощування льону в різних грунтово-кліматичних зонах України	99
2.2 Характеристика ґрунтово-кліматичних та погодних умов	105
2.3 Методика досліджень, спостережень і обліку.....	112
Висновки до розділу 2.....	122
РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ФОНУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ, ШИРИНИ МІЖРЯДДЯ ТА НОРМИ ВИСІВУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ І СОЛОМИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО	124
3.1 Оцінка ґрунтових умов залежно від елементів технології вирощування.....	124
3.2 Динаміка показників росту та розвитку культури.....	135

3.3 Вплив вологозабезпечення та мінерального живлення на динаміку ростових процесів, формування біомаси та споживання елементів.....	150
3.4 Якість продукції льону олійного.....	170
3.5 Особливості формування генеративних органів та урожайності насіння.....	177
3.6 Особливості анатомічної будови стебел льону при різних технологічних заходах.....	184
3.7 Урожайність та якість соломи льону олійного	189
3.8 Загальна продуктивність льону олійного при подвійному його використанні	194
Висновки до розділу 3.....	197
РОЗДІЛ 4 СТРОКИ СІВБИ ТА НОРМИ ВИСІВУ – ЯК ФАКТОРИ	
ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО.....	200
4.1 Формування та діяльність листкового апарату культури	200
4.2 Вплив строків сівби, норм висіву на урожайність та якість продукції.....	208
4.3 Особливості анатомічної будови стебел льону залежно від строків сівби та норм висіву.....	222
Висновки до розділу 4.....	227
РОЗДІЛ 5 АГРОБІОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ СОРТІВ ЛЬОНУ З ТОЧКИ ЗОРУ	
ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОСНОВНОЇ ТА ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	229
5.1 Динаміка процесів росту й розвитку сортів льону за різних умов зволоження.....	229
5.2 Оцінка елементів загальної продуктивності сортів льону культурного.....	239
5.3 Морфологічні особливості сортів льону за різних умов зволоження.....	244

5.4 Особливості анатомічної будови стебел льону культурного..	249
5.5 Структура продуктивності та якісні показники сировини льону олійного в умовах природно-сільськогосподарських зон.....	255
Висновки до розділу 5.....	258
РОЗДІЛ 6 НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	260
6.1 Відмінності структури стеблостою культури внаслідок застосування десикантів та способів збирання урожаю.....	261
6.2 Вологовіддача посівів льону за різних технологій збирання культури.....	263
6.3 Вплив технології збирання на урожайність та якість продукції льону	269
Висновки до розділу 6.....	276
РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНЕ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ПОДВІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ.....	277
7.1 Агроекономічне обґрунтування виробництва основної та побічної продукції.....	277
7.2 Енергетичний аналіз технологій вирощування льону олійного із різними схемами використання продукції.....	289
Висновки до розділу 7.....	297
РОЗДІЛ 8 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУЦКІЙНОГО ПРОЦЕСУ РОСЛИН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ.....	299
8.1 Кореляційно-регресійні моделі врожайності та якості льону олійного.....	299
8.2 Моделювання параметрів екологічної пластичності	313

досліджуваних сортів льону за різних умов зволоження.....

8.3 Управління продукційним процесом та оптимізація
елементів технологій вирощування льону олійного з
використанням комп'ютерних засобів та програми

CROPWAT.....	318
Висновки до розділу 8.....	346
ВИСНОВКИ.....	345
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	351
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	353
ДОДАТКИ.....	405

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

GRNN – узагальнено-регресійна нейронна мережа

R – коефіцієнт кореляції

Var – функція змінних (Variables)

δ – квадратичне (стандартне) відхилення

σd – індекс стабільності

в. п. – відсоткові пункти

ВТК – водно-термічний коефіцієнт

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

даН – деканьютон

ДПДГ – Державне підприємство дослідне господарство

ДСДС – Державна сільськогосподарська дослідна станція

Ето – еталонна евапотранспірація

Етс – евапотранспірація в в стандартних умовах

Етс adj – евапотраспірація в нестандартних умовах

ЗАЗ – загальна адаптивна здатність

кг д.р. – кілограм діючої речовини

K_{ee} – кефіцієнт енергетичної ефективності

K_y – коефіцієн зволоження

м.п. – метри погонні

НВ – найменша вологоємність

NP_{05} – найменша істотна різниця на 5%-му рині значущості

САЗ – специфічна адаптивна здатність;

ФП – фотосинтетичний потенціал

ЦГ – цінність генотипу.

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми досліджень. Льон культурний одна із найбільш давніх сільськогосподарських рослин, що формувалася в несхожих напрямках прядивного та олійного використання. Підвиди льону *subsp. elongatum Vav. et Ell.* (довгунці) та *subsp. usitatissimum L. – humile Mill.* (низький, олійний, кудряш) різняться переважно за морфологічними та деякими технологічними ознаками, однак є подібними за анатомічною та гістологічною будовою стебла, потенційними можливостями використання рослини. Об'єктивно різні технології вирощування, схеми збирання, несхожі структура стеблостою, технологічні та фізико-хімічні властивості соломистої маси не дозволяють механічно переносити технології переробки льону довгунця на льон олійний із використанням серійного промислового технологічного обладнання. Проблему ускладнює суттєвий вплив ґрунтово-кліматичних умов та генетично зумовлені відмінності вітчизняного сортового складу культури [42, 50, 114, 143, 212].

Тому, для більш повного використання потенціалу культури існує необхідність наукового вивчення та теоретичного обґрунтування процесів росту, розвитку та формування біологічної маси насіння і стебел льону олійного, ролі та впливу окремих елементів технології вирощування культури на величину, фізичні, хімічні та технологічні характеристики соломки, проведення узагальнюючої оцінки технології вирощування льону олійного із метою його подвійного використання, та розробка технологічного комплексу вирощування культури. Відсутність вітчизняної бавовняної сировини при наявності в місцях вирощування переробних потужностей текстильної промисловості, існуюче наукове забезпечення та їх технологічні напрацювання, дозволяють, використовуючи соломку льону олійного, вирішувати проблему самозабезпечення України волокнистими матеріалами природного походження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика наукових досліджень була складовою частиною Державної науково-технічної

програми Української академії аграрних наук на 2008–2010 рр. №11 «Олійні культури», НДР 11.05 «Створити високопродуктивні сорти та гібриди олійних культур, розробити систему їх насінництва і технології вирощування», завдання 05 «Удосконалити існуючі та розробити нові технології вирощування олійних культур», завдання 05.01 «Розробити технологію вирощування, збирання та комплексної переробки льону олійного» (ДР № 0109U000591); програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук 12 «Теоретичні основи селекції сортів і гібридів олійних культур, науково-методичні засади насінництва та технологій їх виробництва» («Олійні культури») на 2011–2014 рр., підпрограма 3 «Інноваційні технології виробництва олійних культур» (ДР № 0111U005057), завдання 12.03.00.25.П «Розробити технологію вирощування льону олійного в умовах посушливого Степу України», завдання 12.03.00.41.П «Встановити агротехнічні особливості формування врожайності сої та льону олійного при вирощуванні в умовах Сухого Степу України» (ДР № 0114U002004); програми наукових досліджень НААНУ 15 «Теоретичні основи селекції сортів, ліній і гібридів олійних культур, науково-методичні засади підвищення насінневої продуктивності та технологій їх виробництва» («Олійні культури») на 2016–2018 рр., підпрограма 2 «Теоретичні основи селекції, нові сорти і гібриди олійних культур, науково-методичні засади насінництва та технологій виробництва», завдання 15.02.04.10.П «Удосконалити елементи технологій вирощування олійних культур на основі формування оптимальних умов вегетації посівів в умовах посушливого Степу України» (№ ДР 0116U001128).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є агроекологічне обґрунтування та розробка елементів адаптивної технології вирощування льону олійного на зрошуваних і незрошуваних землях для ефективного подвійного використання продукції відповідно до існуючих можливостей щодо технічної переробки стебел.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі завдання:

- здійснити аналітичний аналіз стану та тенденцій виробництва й переробки продукції льону, перспектив розвитку льонарства в Україні із урахуванням сучасних напрямів його використання;
- розробити методологію дослідження процесів формування продуктивності досліджуваної культури та виявити агроекологічні особливості основних зон вирощування із позицій її комплексного використання;
- дослідити вплив елементів технології вирощування на умови та процеси формування біологічного потенціалу льону олійного і ефективність використання природних та матеріальних ресурсів;
- виявити закономірності формування морфологічних, анатомічних та господарсько-цінних ознак льону олійного під впливом зональних особливостей та елементів технології його вирощування;
- дослідити в умовах зрошення та без зрошення сортовий склад льону олійного за рівнем продуктивності й придатності для подвійного використання та провести порівняльну оцінку із сортом прядивного призначення;
- провести економічне та енергетичне оцінювання технологій вирощування льону олійного за різних варіантів використання продукції, побудувати математичні моделі продукційного процесу, оптимізувати елементи технологій вирощування льону олійного з використанням комп'ютерних засобів;
- на основі факторів інтенсифікації удосконалити технологію вирощування льону олійного, що дозволяє подвійне використання його продукції відповідно об'єктивно існуючих вимог до його сировини.

Об'єкт дослідження – процес вирощування льону олійного подвійного використання залежно від агроекологічних особливостей та технологічних заходів в умовах Півдня України.

Предмет дослідження – агроекологічні особливості зони дослідження, елементи технології, процеси росту, розвитку та продуктивності культури, кількісні показники якості насіння та стебел.

Методи дослідження. Методологічною основою даної роботи є як загальнонаукові (емпіричні, теоретичні дослідження, загальні), так і спеціальні

для галузей аграрного виробництва методи дослідження, що передбачають використання відповідного сучасного обладнання.

Загальнонаукові: гіпотеза (розробка схеми досліду, яка передбачала створення сприятливих умов для подвійного використання льону олійного), індукція та дедукція (аналіз та узагальнення досліджень), аналогія (проведення паралелей відносно інших умов та об'єктів), узагальнення (формування висновків та пропозицій).

Спеціальні методи: польовий (визначення величини врожаю залежно від прямої та сукупної дії факторів); лабораторно-польовий (вивчення впливу досліджуваних факторів на динаміку біометричних показників рослин); біохімічного аналізу (визначення показників якості насіння та стебел, вмісту елементів живлення в рослинній масі та ґрунті); порівняльно-розрахунковий (оцінки рівнів продуктивності, економічної та енергетичної ефективності технологій); фізико-статистичного моделювання (оцінки достовірності, кореляційно-регресійних зав'язків та побудови математичних моделей біотехнологічних процесів).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в теоретичному і практичному обґрунтуванні та розв'язанні актуальної проблеми – розробці елементів технології вирощування льону олійного, придатного для подвійного використання.

Вперше створено агротехнологічний комплекс умов, які дають можливість створення морфотипу льону олійного з ознаками подвійного використання. Дано розгорнуту технологічну оцінку лляної соломи на базі гістологічного та фізико-хімічного аналізу.

В умовах Півдня України вивчено комплексний вплив вологозабезпечення, фонів мінерального живлення, ширини міжрядь, норм висіву на процеси формування біологічної маси культури, динаміку кількісних і якісних показників насіння та стебел. Досліджено вплив строків сівби та норми висіву насіння на особливості формування, розподілу біологічної маси між органами рослин, фізико-механічні показники стебел льону олійного. Здійснено

комплексну оцінку сортів льону олійного різних екологічних груп та льону-довгунця Глінум у напрямі подвійного використання їх продукції на фоні зрошення та без зрошення

Встановлено особливості формування вегетативних та генеративних органів, анатомічної будови стебла льону олійного залежно від елементів технологій вирощування в незрошуваних та зрошуваних умовах.

Визначено умови збирання врожаю серійними технічними засобами, що сприяють формуванню якісної продукції насіння та соломи.

Із застосуванням методу штучних нейронних мереж змодельовано багатofакторний процес формування продуктивності посівів льону олійного.

Побудовано математичні моделі зонального розміщення й використання льону олійного відповідно до особливостей спрямування процесу накопичення біологічної маси рослин. Здійснено ранжування чинників впливу у формуванні врожайності та господарсько-цінних властивостей культури, визначено оптимальні параметри окремих елементів технології, зональність розміщення луб'яної сировини, запропоновано, відповідні моделі її технологічного використання, у тому числі за показникам якості.

Визначено економічну, біоенергетичну та агроенергетичну оцінки елементам технології вирощування та подвійного використання культури.

Набули подальшого розвитку наукові положення з встановлення закономірностей формування фітоценозу льону олійного, споживання елементів живлення та спрямування продукційного процесу залежно від впливу природних та агротехнічних чинників. Запропоновані схеми виробництва й використання продукції із льону олійного різного призначення, що базується на впровадженні удосконалених технологій.

Виконана оцінка динаміки та обсягів вирощування льону олійного в Україні, визначено загальні тенденції розвитку вітчизняного ринку льону та запропоновано заходи щодо його трансформації.

Визначено економічну й енергетичну ефективність розроблених елементів технології вирощування культури.

Удосконалено систему агротехнічних заходів вирощування льону олійного на незрошуваних та зрошуваних землях.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні головних чинників побудови технології вирощування льону олійного, які забезпечують отримання одночасно якісного насіння та соломи, придатної для вилучення лубу на удосконалених лініях механічної переробки.

За результатами досліджень обґрунтовано елементи технології, які забезпечують високу врожайність та вихід придатної для технічної переробки соломи. Із наявних сортів запропоновано найбільш придатні для отримання насіння та одночасного вилучення лубу із соломи.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що заходи інтенсифікації, які забезпечують підвищення врожаю насіння одночасно зумовлюють збільшення врожаю і якості соломи. Обґрунтована необхідність диференційованого підходу до вибору технологічних схем переробки й використання соломи відповідно до ґрунтово-кліматичних умов та технічного забезпечення господарств засобами збирання.

Для сільськогосподарського виробництва рекомендовано технологію вирощування льону олійного подвійного використання, яка забезпечує підвищення господарської ефективності: урожайність насіння зростає до 1,57 т/га без зрошення та до 2,07 т/га при зрошенні; чистий прибуток досягає 7,58 та 7,78 тис. грн/га.

Результати досліджень пройшли апробацію впродовж 2013–2016 рр. в Асканійській ДСДС Інституту зрошуваного землеробства НААН та були впроваджені в 2014–2015 рр. у ТОВ «Торговий дом «Долинське» Чаплинського р-ну Херсонської області на площі 57 га; впродовж 2016–2017 рр. в СФГ «Роза ветров» Васильківського р-ну Запорізької області на площі 44 га; впродовж 2016–2017 рр. у ДПДГ «Асканійське» АДСДС Інституту зрошуваного землеробства НААН на площі 113 га; протягом 2017–2018 рр. у ФГ «Нива» Снігурівського р-ну Миколаївської області на площі 51 га.

Особистий внесок здобувача. Автор особисто обґрунтував сучасний стан проблем, визначив мету й задачі, методологію, розробив програму досліджень, брав безпосередню участь у виконанні експериментальної частини досліджень та проведенні аналізів. Автор узагальнив результати, сформулював наукові положення висновки та практичні рекомендації, провів математичну обробку одержаних даних, з використанням кореляційно-регресійного аналізу та методу нейронних мереж здійснив моделювання продуктивності льону олійного, підготував наукові праці.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи оприлюднені на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу наукових співробітників та аспірантів ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» (м. Херсон 2010–2017 рр.); міжнародній науковій конференції «Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах» (м. Херсон, 2010 р.); міжнародній конференції «Нішеві культури: нові можливості АПК в Україні» (м. Київ, 2012 р.); міжнародній науковій конференції «Сучасні теоретичні та практичні аспекти селекції гібридів та сортів олійних культур та розробка технологій їх вирощування» (м. Запоріжжя, 2012–2016 рр.), міжнародній науковій конференції «Екологія у служби одерживог развоја» (м. Нови Сад, Сербія 2013 р.); III міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології і напрямки наукових досліджень у льонарстві та коноплярстві» (м. Глухів, 2013 р.); міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Напрями розвитку сучасних систем землеробства» (м. Херсон, 2013 р.); міжнародній науковій конференції «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства» (г. Рязань, 2013 р.); міжнародній науковій конференції «Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах» (м. Херсон, 2014 р.); міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур» (м. Херсон, 2014 р.); всеукраїнській

науково-практичній конференції «Теорія та практика менеджменту: реалії і перспективи розвитку» (м. Херсон, 2016 р.); IV міжнародній науково-практичній конференції «Інновації у льонарстві та коноплярстві – 2015» (м. Глухів, 2016 р.); науково-практичній конференції «Технічні культури у XXI столітті» Інституту луб'яних культур НААН (м. Глухів, 2017 р.); регіональній науково-практичній інтернет-конференції «Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи» (м. Дніпро, 2017 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення» (м. Житомир, 2018 р.); міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції «Інноваційні технології та препарати в системі органічного землеробства Степу» (м. Херсон, 2018 р.); регіональних семінарах Херсонської торгово-промислової палати (м. Херсон, 2012 , 2013 рр.); науково-практичному семінарі ТОВ «Байєр» (м. Херсон, 2013 р.); міжнародному інвестиційному форумі (м. Нова Каховка 2011, 2012, 2015 рр.). Результати досліджень автора щорічно обговорювались на засіданнях методичної комісії та вченої ради Інституту зрошуваного землеробства НААН.

Публікації. Основні результати роботи викладені у 56 наукових публікаціях, із них 4 монографіях, 20 статті у провідних наукових фахових виданнях України, в тому числі 5 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, 8 статей – у закордонних періодичних виданнях, отримано 2 патенти України, опубліковано 15 тез доповідей на конференціях, 2 методичні рекомендації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із анотації, вступу, 8 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Роботу викладено на 504 сторінках машинописного тексту, в тому числі основний зміст – 247 сторінок. Вона містить 68 таблиць, 47 рисунків, 70 додатків, список використаних джерел включає 538 найменувань, із яких 103 латиницею.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ЛЬОНУ КУЛЬТУРНОГО (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

Людство, для свого існування, споживає величезну кількість біологічної маси у вигляді продуктів харчування, кормів, сировини, лікарських засобів, джерел енергії, будівельних матеріалів та іншого, значна частина якої свідомо вирощується саме для таких цілей. Процес виробництва досяг великих обсягів, потребує значних земельних, матеріальних, трудових та фінансових ресурсів, а в результаті негативно впливає на біосферу. Внаслідок змін сформувалися та були усвідомлені проблеми екологічного, соціального, виробничого та економічного характеру, що ускладнюються та потребують вирішення для встановлення балансу між можливостями екосистеми та потребами людини. Одним із напрямів вирішення питань є більш повне використання біологічного потенціалу вирощуваних культур та раціональне застосування вже утвореної біологічної маси [260, 274, 286].

У межах зазначеного перспективним напрямком є наукове обґрунтування, розробка та впровадження технологій, які дозволяють найбільшою мірою використовувати потенціал такої сільськогосподарської культури, як льон олійний. Ця культура органічно вписується у вітчизняну систему землеробства Степової та Лісостепової зони, а також здатна відігравати важливу роль у збалансуванні, провідних у нинішній час, зернового та олійного виробництва [426].

За останні п'ятнадцять років льон олійний відновлює втрачені у свій час позиції завойовуючи прихильність виробників. Із 2,27 тис. га посівів у 2000 році обсяги його вирощування зросли, у середньому за 2009-2012 роки, до 48,6 тис. га. Однак урожайність культур при цьому не зазнала суттєвих змін та становить за останній п'ятирічний термін 0,874 т/га.

Будучи однорічною рослиною раннього ярого типу розвитку льон олійний не потребує специфічного розташування залежно від зони

вирощування та оцінюється як «добрий» або «допустимий» попередник для озимих зернових культур. Сприяють поширенню культури його біологічні властивості – висока пластичність та посухостійкість.

Об'єктивною перевагою цієї культури є прибутковість вирощування. При виробничих витратах на рівні зернових колосових культур у еквіваленті 470 доларів США, при стабільній ціні на ринках Європи в 450 дол./т точкою беззбитковості культури є урожайність 1,24 т/га. При урожайності 1,8 т/га рентабельність складає 45,5%, а 2,2 т/га – відповідно 77,8% [155].

У теперішній час в Україні, як і у більшості країн пострадянського простору льон олійний вирощується лише для отримання насіння. Проте відомо, що його солома, яка залишається на полі та створює проблеми для подальшого обробітку ґрунту, містить 10–15% волокна, яке може мати практичне використання [55, 312].

Солома льону може бути сировиною для інших виробництв – хімічної, паперової, будівельної промисловості, енергетики, проте реально такі виробництва не функціонують. Достатньо відомо, що виробничі потужності переробки та використання соломи льону олійного діють в Канаді, Німеччині, Франції, Польщі [149, 450, 484, 501].

Враховуючи сучасну вартість волокна 900–1300 дол./т за відповідних технологій така переробка є прибутковою і може забезпечувати суттєве підвищення рентабельності вирощування культури, про що свідчить досвід фірми Duvafibrilne, Caniva Skand Buir Insulation [452].

Дані технології в Україні не знаходять подальшого розвитку та впровадження значною мірою через відсутність об'єктивної оцінки наявної сировинної бази із позиції величини й якості та браку визнаних технологій вирощування культури, спрямованих на отримання біологічної маси придатної для подвійного використання.

1.1 Історія льонарства, систематика та морфобіологічні відмінності таксонів виду

Льон надзвичайно пластична культура «Старого світу» переважно зони помірного клімату. Різні напрямки його тривалого використання у рільництві, відмінність агрокліматичних зон вирощування, природна таксономічна несхожість зумовлюють неоднорідність виду як за анатомічними ознаками, так й специфікою біологічних вимог до екологічних умов середовища. Перші археологічні знахідки культурного льону – *L. usitatissimum* відносяться до неоліту. У різний час льонарство процвітало та відіграло важливу роль в Давньому Єгипті, Месопотамії, Ассирії, на землях теперішньої Індії, Китаю, в Закавказзі [51, 365, 482]. Уже в ті часи проявлялася зонально-побутова специфіка використання рослини, як джерела їжі, олії, виробів із волокна. За матеріалами розкопок скіфські племена у II та I тисячоліттях до нашої ери використовували у побуті вироби з льону, що також підтверджується описами грецького історика Геродота.

Льонарство, як промисел виробництва волокна та виробів із нього, набуло розвитку за часів Київської Русі. Перші знахідки рослин льону в Прибалтиці датовані IX століттям, хоча залишки тканин у могильниках датуються значно раніше [288]. Унаслідок запитів промисловості, з часом, у зоні Полісся сформувалося товарне виробництво льону-довгунця. Вирощування льону олійного зосереджувалося в південних губерніях. У 1831 році зроблені перші спроби сіяти льон на великих площах на Херсонщині. Піонером у цій справі був член Одеського товариства сільських господарів І. Демоль. Попит на лляне насіння Франції та Англії зумовив експорт з Одеси в 1837 році близько 600 тисяч пудів [186].

У довоєнний та післявоєнний період льон-кучерявець вирощувався в зонах Степу та частково Лісостепу, та був другою олійною культурою після соняшнику. Внаслідок тривалої «конкуренції» цих видів, площі льону поступово скорочувалися, й наприкінці 50-х років його виробництво було

переміщене до Казахстану. Найвищих обсягів за площею та урожайністю в Україні виробництво льону-довгунця досягло в період із 1975 по 1991 роки [63, 149, 175]. Однак в XXI столітті спостерігається деяке зменшення площ вирощування льону-довгунця та збільшення льону олійного призначення.

В даний час провідними виробниками льону олійного є Канада 35,8%, Бразилія, 19,5, США 13,5, країни ЄС – 6,5%, тоді як головними імпортерами насіння-сировини є Франція, Німеччина, Великобританія та Італія [209, 503].

Таксономічно льон належить до сімейства льонові *Linaceae Dum.*, який об'єднує 22 родини. Практичне значення має переважно рід *Linum*, що включає більше 200 видів однорічних, багаторічних трав'янистих життєвих форм та віднесений до типу південно-європейський *L. usitatissimum L.* [112, 253, 492].

Більшість видів роду *Linum L.* характеризується широкою екологічною амплітудою відносно визначальних екологічних факторів [259]. За біологічним типом та життєвою формою рослин вид *Linum usitatissimum* представлений терофітами, малорічними трав'янистими монокарпіками.

Хоча на території України нараховують за різними джерелами 22–28 видів, культурний льон *L. usitatissimum* зустрічається тільки у господарському вирощуванні й ніде в дикому стані не зростає [93, 112, 479]. Сучасне його поширення пов'язане із вторинним місцезростанням як культурної рослини у тому числі ергазіофітом, тому що, за окремими свідченнями, він часто дичавіє [275, 283].

Зазнавши тривалих різносторонніх змін у результаті культивування людиною та переміщення в інші зони, він проявляє великий поліморфізм й характеризується великим різноманіттям форм. Усі підвиди культурного льону легко схрещуючись між собою навіть дають плодове потомство між окремими видами [256, 384].

Не існує одностайної думки щодо походження культурного льону та його таксономічної систематики [182, 271, 403, 452]. На підставі вивчення ботаніко-географічного поширення, мінливості та випробування, які проводили Н. І. Вавілов та Е.В. Елладі, була сформована думка, що культура льону є

поліфілетична за походженням, яка бере початок від двох-трьох видів, об'єднаних в один *L. usitatissimum* [405, 427].

Центрами формоутворення льону були визначені райони Азії та Середземноморського узбережжя. Крупнонасінна та великоквіткова група генетично зв'язана із узбережжям Середземного моря, тоді як дрібнонасінна та дрібноквіткова – притаманна Південно-Західній Азії [46].

Останні дослідження підтверджують три головні осередки походження культурного льону – Індо-Абисинський; Середньо-Південно Західноазіатський; Передньоазіатський [180, 410].

Змістовна загальна зональна особливість використання льону: в межах Південно-Східної Азії його вирощують виключно заради олії, Малої Азії – на волокно та олію, Єгипту – для подвійного використання, чому є об'єктивне пояснення. Форми північного походження характеризувалися ознаками важливішими для отримання волокна [308]. У зразків південних регіонів здебільшого переважає репродуктивна частина, що бажаніше для отримання олієнасіння. Південні раси льону із України, Північного Кавказу південно-східної Європейської частини виявилися проміжними формами, ближчими до довгунців. Подібний розподіл льону на довгунці та кучерявці М. І. Вавілов пояснює природнім доббором сортів за скоростиглістю у напрямку із Півдня на Північ із визнаною зоною вирощування довгунців у межах 55–60°, а межуємоків 50–42° північної широти [46].

Проведені Всесоюзним інститутом рослинництва ботаніко-систематичні географічні та філогенетичні дослідження дали підставу поділити вид *L. usitatissimum* на справжні культурні форми у особливий вид *Linum indehiscens* (Neilr.) Vav. et Ell. та представники диких форм (розкриття коробочок та самосів) *L. Dehiscens* Vav. et Ell. [427].

Відповідно до походження М. І. Вавілов [46] та Е. В. Елладі [427] виділяли три головні групи льону (підвид) – Євразійський (*ssp. eurasiaticum* Vav. et Ell.); Індоабисинський (*ssp. indoabyssinicum* Vav. et Ell.). Середземноморський (*ssp. mediterraneum* Vav. et Ell.), а також проміжні підвиди

як вторинні утворення Індостану (*ssp. hindustanicum* Ell.) та малої Азії (*ssp. transitorium* Ell.) [427]. Продовження досліджень цієї систематики отримали у наукових роботах С. В. Юзепчука [429]. Характеризуючи льон олійний професор Минкевич И. А. [236, 237] притримувався також поглядів Е. В. Елладі.

Однак, враховуючи можливість схрещувань та високої пластичності реакції на зміну умов середовища, анатомічні та морфологічні відмінності є недостатньо об'єктивними, що зазначали також Сізов І. О. та Рогаш А. Р [337, 291]. Для більш глибокої деталізації Сізов І. О. пропонував подальший поділ загально визнаних великих ботанічних груп: льон-довгунець; льон-межеумок; льон-кучерявець. Важливо, що визнавалася подібність ознак крайніх форм суміжних груп, особливо серед кучерявців. Залежно від висоти, якості волокна, маси насіння, олійності, географічного поширення виділялися довгунці й межеумки першого та другого різновиду [338].

Широкого поширення набула, практична із позиції селекції, систематика за комплексом біологічних, морфологічних та господарських ознак (висота рослин, кущистість, форма куща, облистяність, вегетаційний період, розмір насіння) розвинута І. О. Сізовим із урахуванням удосконалень Н. М. Черноморської та А. К. Станкевич. У межах виду льону культурного (*Linum usitatissimum* L.) розрізняють п'ять підвидів – морфобіологічних груп, що мають чітке географічне розташування та різне господарське використання: звичайний (довгунець) – subsp. *Usitatissimum*; межеумок – subsp. *Intermedium*; кучерявець – subsp. *Humile*; крупнонасінний – subsp. *Latifolium*; сланкий (напівозимий) – subsp. *Bienne*; Перші три підвиди мають найбільше практичне значення [340, 354, 410]. Ця систематика визнана селекціонерами, виробничниками та, внаслідок об'єктивності принципів побудови, зручності, простоти, є однією із найбільш вдалих [196]. У першу чергу, це стосується чіткого визначення підвидів, що використовуються в інтенсивному виробництві: *Linum usitatissimum* L. subsp. *Usitatissimum*; *Linum usitatissimum* L. subsp. *Intermedium*; *Linum usitatissimum* L. subsp. *Humile*.

Узагальнюючи морфологічні та технологічні характеристики Т. В. Никитинская та ін. [250] висловили твердження, яка межеумки є проміжною групою що найбільш відповідає агроботанічній характеристиці виду в цілому.

На початкових етапах селекції льону науковим завданням ВНІМК передбачалося створення на основі межеумків сортів, придатних для подвійного використання [262]. У даний час модель такого сорту передбачає висоту рослин – 80–85 см, масу 1000 насінин – 6–8 г, період вегетації – 80–90 діб [209].

Науковці Інституту луб'яних культур вважають за необхідне виділення шість типів льону культурного: довгунець – *L. usitatissimum* L.; межеумок – *L. intermedium* Czer.; кучерявець – *L. humile* Mill ; крупнонасінний – *L. latifolium* L. ; сланкий напівозимий – *L. bienne* Mill.; стрибунець – *L. crepitans* Dum [208].

За систематикою W. Kulpa и S. Danert вид льон культурний поділяється на підвиди: 1) subsp. *crepitans* (Boenningh.) Kulpa et Danert. розтріскуючий, 2) subsp. *elongatum* Vav. et Ell. куди входить льон-довгунець, 3) subsp. *mediterraneum* (Vav. et Ell.) Kulpa et Danert, крупнонасінний 4) subsp. *usitatissimum* L. – *humile* Mill. subsp. *transiens* (Ell.) Rothm. – проміжний тип подвійного призначення, у межах якого можлива подальша сегрегація на два морфотипи subsp. *usitatissimum* convar. *intermedium* Czernom. льон межеумок, та subsp. *usitatissimum* convar. *humile* Czernom. льон кучерявець [455, 505]. Дана систематика знаходить підтвердження на молекулярному рівні із застосуванням методу RAPD-PCR, що проводився на 21 сорті які належали до 5 підвидів [196, 252]. На жаль, не зважаючи на проведені фундаментальні наукові дослідження до теперішнього часу не існує єдиної думки щодо кількості підвидів, трапляються відмінні трактування таксономічної та історико-географічної структури виду *Linum*. Це ускладнює наукову роботу та гармонізацію дій країн-учасників Міжнародного Союзу з охорони нових сортів рослин UPOV у сфері охорони прав об'єктів інтелектуальної власності селекційних досягнень. З позиції агровиробничого застосування у систематиці доцільно виділити три головні групи (підвиди) сортів льону культурного: льон-

довгунець, що використовується для отримання волокна; льон низький – який знаходить застосування в зонах аридного клімату для отримання олієнасіння. Третя підгрупа проміжних сортів, призначених для споживання переважно насіння, але солома яких може використовуватися для отримання волокна.

Льон олійний – більше господарський термін, що включає в себе два підвиди: межеумки та кучерявці, серед яких більше значення мають саме межеумки (*intermedia*) [6]. Взагалі їх біологія краще відповідає умовам Лісостепової та Степової зони України, де вони є більш урожайними та можуть мати подвійне використання для отримання насіння та соломи.

Таким чином, враховуючи можливість схрещування, сильної реакції на умови та елементи агротехніки не проявляється чітко виражений поділ об'єктів на різновиди *Linum humile* Mill – льон низький (олійний, кучерявець) та *intermedium* Czernom. – ssp., льон межеумок за масою 1000 насінин, висотою, вмістом волокна тощо. Умови вирощування, особливо загушення, вологозабезпечення, температурний режим та зміна тривалості світлового дня у розрізі географічних широт, істотно впливають на морфологічні та анатомічні параметри рослин, що через значну амплітуду коливань ознак ускладнює їх ідентифікацію.

1.2 Відношення культури до ектопічних факторів та особливості росту й розвитку

Підвиди льону олійного призначення відносяться до мезоксерофітної групи однорічних рослин. У їх життєвому циклі розрізняють п'ять основних фаз росту й розвитку: 1) сходи; 2) ялинка; 3) бутонізація; 4) цвітіння; 5) дозрівання. Оскільки на якість волокна суттєво впливає стан льону на час збирання, то протягом фази дозрівання довгунців виділяють період зеленої, ранньої жовтої, жовтої та повної стиглості, що відображено в ДСТУ 4511: 2006 «Льон-довгунець терміни та визначення понять». Відтак вирощування льону межеумку подвійного призначення повинно враховувати ці особливості.

Фаза сходів визначається як період появи на поверхні ґрунту сім'ядольних листочків й невеликої бруньки між ними. Як типова дводольна рослина льон проростає появою з ґрунту гіпокотилу, який виносить на поверхню сім'ядольні листочки у насіннєвій оболонці. Після їх звільнення від неї, відбувається повне розкриття та досягнення горизонтального положення листкових пластин, що є моментом настання фази сходів.

З технологічної та біоморфологічної точки зору у льону важливою є фаза ялинка, яка відрізняється повільним наземним ростом. У льону довгунця це проміжок часу від першої пари справжніх листочків до утворення 5–6 пар справжніх листочків. У льону олійного допускається різне тлумачення цієї фази. Велика кількість науковців вважає, що у фазу ялинка рослини досягають висоти 8–10 см, та утворюють на стеблі 5–7 пар справжніх листків [6]. Деякі автори вважають початком фази ялинка наявність 8–10 пар справжніх листочків коли висота рослин складає 5–7 см [44], або, що фаза ялинки триває від повних сходів до бутонізації [111]. Із позиції технології вирощування культур фаза «ялика» дуже важлива, оскільки констатує час застосування страхових гербіцидів. Цим можна пояснити підхід Абрамова Н. Г. визначення цієї фази у льону довгунця за висоти рослин від 5 до 15 см, потягом якого можливе їх застосування [2].

Фаза «бутонізація» розглядається як період розвитку рослин від утворення перших бутонів до їх зацвітання. Початок цієї фази відмічають при появі на вершині головного пагону першого бутону, а завершується вона після його перетворення в квітку [44, 302].

Фаза «цвітіння» настає при розкритті відповідної кількості квіток. Від закінчення фази ялинка до початку «цвітіння» триває «період швидкого росту» льону. Льон є рослиною з незавершеним циклом розвитку. Наявність ґрунтової вологи в цей час провокує повторне утворення репродуктивних органів та цвітіння рослини, що не визначає рівень урожайності, проте ускладнює збирання [110].

Період «достигання» у льону-довгунця триває від цілком сформованого

зеленого насіння до їх повної стиглості, та послідовно проходять чотири ступеня стиглості. Фаза «зелена стиглість», під час якої насіннєві коробочки повністю сформовані, мають зелений колір, містять 25–35% недостатньо виповненого насіння. Фаза «рання жовта стиглість» відмічається коли 65–75% насіннєвих коробочок мають жовтий колір й містять блідо-зелене насіння з жовтим носиком. Решта насіннєвих коробочок – жовті з жовтим насінням й лише окремі насіннєві коробочки зелені з зеленим насінням або бурі з коричневим насінням. Фаза «жовта стиглість» визначається за ДСТУ 4511:2006 як період, коли 50% насіннєвих коробочок мають жовтий колір й містять жовте насіння. Решта коробочок бурі із коричневим насінням та жовто-зелені із блідо-зеленим насінням та жовтим носиком. Фаза «повна стиглість» характеризується сухими коробочками бурого кольору та коричневим насінням.

Збирання льону олійного проводять при дозріванні не менше 75% коробочок, а льону-довгунця, щоб забезпечити найвищу якість волокна, у фазу «рання жовта стиглість» [3, 291].

Відповідно до дванадцятирівневої систематики етапів органогенезу рослин, розробленої Куперман Ф. М. [192], для льону олійного Алабушев В.А. та інші [6] запропонували схеми взаємозв'язків фаз росту й розвитку із етапами органогенезу та формування продуктивності.

За методологією шкали ВВСН [292] для льону олійного була запропонована відповідна модель кодування фенологічно подібних стадій [423]. Аналогічна шкала етапів онтогенезу також була розроблена для льону довгунця [474]. Різниця між ними зумовлена об'єктивними морфологічними відмінностями. У розрізі мікрофаз повністю співпадають або присутні несуттєві відмінності макрофаги: 0 – проростання; 1 – росту й розвитку листя головного пагону; 6 – цвітіння головного пагону; 7 – розвитку плодів; 8 – дозрівання плодів та насіння; 9 – відмирання. Проте у льону довгунця повністю відсутня макрофаза 2 та передбачено більш деталізований підхід у визначенні мікрофаз в межах макрофази 3 – ріст у довжину головного пагона; та 5 – закладання квіток. Льон класично відносять до групи польових культур із найменш

розвиненою кореневою системою, що переважно проникає у ґрунт на глибину 60–80 см, хоча зазначається, що в посушливих умовах вони можуть сягати глибше 1 м [168, 295].

Для льону характерна стрижнева коренева система із добре розвиненим головним коренем та боковими розгалуженнями першого та наступних порядків. Головна маса бокових коренів формується в межах верхнього 0–30 см шару ґрунту, що зумовлює обмеженість її розвитку, а коренева система становить 15–20% біологічної маси. Для степової рослинності вона досягає 50% та більше. Висока посухостійкість культур забезпечує висока всмоктувальна здатність рослини. Проростки льону демонструють високу ступінь пластичності та змінюють тактику розвитку залежно від коливання зовнішніх умов, що проявляється в припиненні розвитку частини перемордіїв на тривалий час та відновлення його у різні строки [271].

У вегетаційних дослідях проведених у сільськогосподарському коледжі Гізи Єгипту найбільша маса коренів зосереджувалася у верхньому 5 см шарі, при зрошенні близько 65,5% – на глибині 10 см та лише 23,7% проникли до 20 см. При нестачі вологи корені були тоншими, мали більше відгалужень та проникали глибше [538].

У льону спостерігається певна ієрархія кореневої системи. Головний корінь та корені вищого порядку більш розвинені, товщі, розгалужені та мають більшу довжину, порівнюючи із такими але нижчого рангу. Найбільш активне галуження відмічається в гумусовому горизонті та суттєво зменшується до глибини 50–60 см. Нижче розташовуються короткі бокові корені довжиною до 20 см. При цьому ступінь розгалуження, особливості розташування на головному корені та за профілем ґрунту, довжина головного та бічних коренів визначається ґрунтово-кліматичними факторами, умовами вирощування, та, навіть, приналежністю сортів до одного чи іншого підвидів [183].

Коріння льону тонке та має відносно невисоку опушеність кореневими волосками, що об'єктивно ускладнює їх облік. Проте, саме за рахунок корневих волосків поглинальна площа кореня зростає в 20–30 разів. За

довжиною коренів у півметровому шарі ґрунту льон поступається лише вівсу та значно випереджає такі культури як пшениця озима та ячмінь [361]. У цих культур зона поглинання у верхньому шарі ґрунту значно більша, ніж у інших, коріння майже повністю охоплює весь пласт ґрунту.

За глибиною проникнення, ступенем розгалуження кореневої системи та товщиною коренів підвиди льону умовно можна розташувати у послідовності довгунці; межеумки; кучерявці, крупнонасінні, сланкі. Як і у більшості культур головний корінь льону швидко росте протягом перших діб проростання та на час появи сходів може заглиблюватися на 8–10 см. Високі темпи подовження зберігаються протягом фази ялинка, що проходить на фоні повільного росту наземної маси. Причому в посушливі роки коренева система розвивається більш потужно й глибоко [62, 231]. Тому в умовах великих та глибоких ґрунтових запасів вологи й посушливого літнього періоду різниця у споживанні вологи в шарах 1–100 та 0–150 см складала 52 мм, тоді як у рік із незначними запасами ґрунтової вологи та вологого літа лише 3 мм [7].

Найбільш глибоко корені проникають, коли на початку вегетації є достатньо вологи для інтенсивного росту наземної маси, а надалі рослині доводиться забезпечувати себе вологою із глибоких горизонтів [214].

Відмінною особливістю льону є безперервний ріст коріння у глибину практично до постгенеративного періоду. За даними Купцова А. И. [193] на час цвітіння льону олійного довжина його кореня складає близько 75% від остаточної, що дозволяє рослині використовувати вологу нижніх шарів ґрунту в генеративний період.

Іншим показником оцінки кореневої системи є її поглинальна здатність. Узагальнюючи проведені наукові дослідження Дьяков А. Б. [111] відмічає низьку всмоктуючу силу льону порівняно з іншими польовими культурами. Його коефіцієнт в'янення, визначений методом проростків коливався в межах від 1,69 до 1,92 від максимальної гігроскопічної вологості, тоді як для пшениці він був у межах від 1,3 до 1,6 [74, 200].

Листя льону сидяче ланцетне або широколанцетне, з восковим нальотом,

із розмірами, що можуть суттєво коливатися залежно від підвиду та умов вирощування. Нижні 2–3 пари листкових пластинок супротивні з поворотом наступної пари у 90° , однак подальші поступово починають розташовуватися вздовж стебла по спіралі по чергово, що раціонально для освітленості [111].

Для морфотипу ялинка характерне високе зосередження листкових пластинок, однак по завершенні цієї фази відстань між ними різко зростає. У межеумків більша кількість листя на одиницю довжини стебла. У сортів степової зони України на 1 см припадає 0,9 до 1,2 листкових пластинок. Довгунці мають більш вузьке листя, що більш розосереджене від 0,57 до 0,9 шт./см. Проявляються також ознаки різного географічного походження. За даними Сізова І. О. [342] облистяність зростала від 0,79 шт./см стебла у льону довгунця, до 1,12 у Грузинського кучерявця та 1,94 шт./см у Ефіопського кучерявця.

Зачатки листя (примордії) закладаються в конусі наростання, а їх кількість визначається генотипом сорту. Проте скорочення довжини світлового дня зумовлює збільшення тривалості періоду їх формування та відповідно кількості листя [341, 343]. За рахунок кількості листя та їх розмірів площа листкової поверхні рослин льону досягає найвищого значення на початок цвітіння. З початку фази зеленої стиглості відбувається зменшення асиміляційної поверхні за рахунок швидкого старіння та відмирання листя [353].

Стебло є господарсько-корисною частиною для льону довгунця та межеумків, що мають подвійне використання. Враховуючи високу подібність будови та хімічного складу стебел льону різних підвидів, вирощування його лише для отримання олії є обмеження економічної, енергетичної та ресурсної ефективності використання її потенціалу. При цьому такі характеристики стебла як загальна та технічна довжина, вміст лубу безпосередньо чи опосередковано покладені в основу біологічної систематики виду. Висота рослин обумовлює технічну довжину стебла, коефіцієнт кореляції між якими досягає 0,98. Найбільші показники загальної та технічної довжини, у

середньому, характерні для льону довгунця (78 та 71 см, відповідно), льону розтріскуючого (69 та 54 см) та сланкого (69 та 55 см), а самі низькі для льону кучерявцю (61 та 52 см) й крупнонасінного (58 та 48 см) [250].

Для льону як виключно олійної культури, висота стебла повинна бути не меншою за 40–45 см, що забезпечує стійкість до полягання та дотримання вимог комбайнового збирання. Суцвіття повинно складати одну третину. Діаметр соломи не обмежується, проте він повинен запобігти поляганню маси [321, 331]. При цьому передбачається, що висота зрізу при двофазному збиранні складатиме 10–15 см [328, 375].

Абсолютно інший підхід до висоти рослин льону довгунця, як одного із провідних показників якості, що забезпечується як селекційними, так і агротехнічними заходами. Найбільш бажаною є його висота більше 70 см, а товщина стебла 1–2 мм [291].

Стебла льону мають непучковий тип будови із кільцевим розташуванням флоєми та ксилеми як первинного, так і вторинного походження [161].

Аналізуючи процеси росту й розвитку, а також диференціації тканин стебла льону культурного Дьяков О. Б. [111] виділяє три періоди. Перший етап триває протягом формування на конусі наростання стебла зародкових листочків (примордіїв) та закінчується із утворенням квіткових бугорків. Цей процес відбувається протягом фази ялінка, а лінійний ріст забезпечує переважно верхівкова апікалярна меристема. На цьому первинному етапі відбувається основа подальшого швидкого росту стебла та формування у ньому луб'яних волокон. Утворення примордіїв супроводжується формуванням тяжу прокамбію, із якого утворюється судинно-провідний пучок у флоємі якого виникають луб'яні волокна.

Другий етап розпочинається після диференціації квіткових бугорків коли акреаційний ріст припиняється й подовження стебла відбувається за рахунок росту раніше сформованих клітин, внаслідок чого швидкість лінійного росту зростає в 3–10 разів. Зона росту розташована в межах до 5–7 см верхівки пагона. В цей час луб'яні волокна представлені нечисленними клітинами

округлої форми із дещо потовщеними оболонками розташованими на межі між корою та провідною тканиною. У фазі ялинка волокна розташовані на периферії поодинці, проте їх частка швидко зростає [392].

При цьому клітини луб'яних волокон раніше прискорюють ділення, ростуть більш тривалий час, що забезпечує суттєве збільшення їх довжини. У фазу швидкого росту луб'яні волокна розташовуються у вигляді компактних пучків. У подальшому, у фазу бутонізації, відбувається потовщення їх оболонок за рахунок формування вторинної стінки кожного волокна, що зумовлює зменшення внутрішньої порожнини. Подовження та диференціація клітин луб'яних волокон повністю припиняється із завершенням періоду швидкого росту стебла [111].

Третій етап розпочинається від фази цвітіння. Анатомічна будова стебла зберігається, відбувається подальше потовщення клітинних стінок луб'яних волокон, проходить дозрівання, формування та потовщення луб'яних пучків.

Анатомічно стебла льону, незалежно від підвиду, складаються із різних за будовою та призначенням подібних тканин. У поперечному розрізі зовні розташована покривна тканина, за якою у напрямку до центру йде послідовно шар коркової паренхіми, тонкий прошарок камбію та наступні шари деревини й серцевини [284].

У шарі коркової паренхіми по довжині стебла розташовуються, округлої форми у поперечному розрізі, волокнисті пучки лубу (склеренхіма), які місцями можуть торкатися один одного формуючи кільце. Пучки волокон розміщуються у первинній корі (флоемі) й є елементами первинного походження.

Аналізуючи генезис луб'яних волокон Е. І. Кошкін та ін. [178] виділяють три послідовні етапи: диференціації; подовження (координованого та інтрузивного росту); потовщення клітинної стінки та дозрівання.

Волокна льону утворюються із первинної тканини (перициклу) самого внутрішнього шару паренхімних клітин кори ще в конусі наростання. Молоді волокна можна вже ідентифікувати на рівні 4–5 примордію приблизно за 0,5 мм від точки росту.

Спочатку ці клітини ростуть скоординовано із іншими, однак згодом раніше припиняють ділення внаслідок чого їх довжина зростає до 100–200 мкм при діаметрі 4–7 мкм. На відміну від інших тканин, що припиняють ріст, луб'яні волокна продовжують видовжуватися, протискуючись кінцями між іншими клітинами (інтрузивний ріст). Якщо координований ріст триває декілька годин, а інтрузивний – близько двох діб, то третій етап потовщення стінки та дозрівання волокна триває до завершення вегетації [178, 256].

Гістологічний аналіз стебел льону свідчить, що щільні групи луб'яних волокон із товстими стінками та маленькою порожниною в середині являють собою якісне технічне волокно, тоді як розпорошено розташовані розрізнені луб'яні волокна із відносно тонкими стінками та великою порожниною всередині формують технічне волокно невисокої якості [6].

Кільце коркової паренхіми обмежується тонким шаром клітин камбію, які при дозріванні відмирають. Меристема у вигляді камбіального кільця (вторинна) формується внаслідок змикання міжпучкових та пучкових прокамбіальних клітин (первинних). Камбій забезпечує вторинний ріст у товщину стебла формуючи на зовні вторинну кору, а всередину вторинну деревину.

Деревина представлена клітинами й потовщеними стінками. У центрі деревини розташована серцевина, клітин якої руйнуються при дозріванні рослини, де формується порожнина [291]. Між діяльністю первинних та вторинних меристем існує певний антагонізм. Посилена активність камбіальної меристеми пригнічує перициклу.

Господарсько-цінна частина стебла – луб'яні волокна являють собою товстостінні сильно видовжені, із загостреними кінцями, клітини (елементарні волокна), які об'єднані у щільному волокнистому пучку. У поперечині елементарні волокна мають округлу чи овальну форму, яка змінюється по його довжині. Більш цінною вважається багатокутна форма елементарного волокна, при невеликій порожнині всередині, оскільки при цьому відбувається найбільш щільне прилягання клітин між собою [330].

Довжина елементарного волокна може змінюватися від 20–30 до 120 мм, а в поперечині – 20–30 мікрон. По довжині елементарні волокна дещо зміщуються один відносно одного, формуючи безперервний пучок протягом усього стебла. Спостерігається також деяке скручування волокон по спіралі, що впливає на його механічні властивості. Волокна льону більше, ніж на 80% представлені целюлозою, але присутні також пектинові речовини та лігнін [73, 174, 368]. Міцність елементарного волокна забезпечує його будова та хімічний склад. Дослідженнями встановлено, що стінка клітини складається із трьох шарів (оболонок) різних за хімічним складом [409].

Ключовим для формування луб'яних волокон у льону довгунцю Є. І. Кошкін та ін. [178] вважає період швидкого росту стебла, протягом якого в рослині представлені клітини склеренхіми на головних етапах формування, після чого процес їх подовження закінчується. Тому всі характеристики якості волокна, їх довжини визначаються на стадії швидкого росту й в подальшому не змінюються. У наступні етапи розвитку апікалярна меристема формує суцвіття, точка злому зникає, а у елементарних волокнах відбуваються процеси потовщення клітинної стінки та дозрівання волокна.

Усі підвиди льону культурного подібні за анатомічною та гістологічною будовою стебла, однак різняться за кількісними та якісними характеристиками їх окремих елементів. У льону-довгунця більш виражена здатність формування лубу, ніж деревини, у інших культурних підвидів, навпаки, діяльність камбію пригнічує активність перициклу [291]. Порівняно із довгунцями, олійні сорти у період швидкого росту меншою мірою подовжують стебло, більше закладається суцвітть. Формуються закономірні відмінності між підвидами різних напрямків використання.

Вміст волокна у стеблах рослин поступово зменшується у ряду льон сланкий, межеумок, розтріскуючий, кучерявець, крупнонасінний, відповідно із 25,1%, до 25,2, 24,67, 23,8, 23,1%, що відображає напрями секційного та природного відбору відповідно до географічного районування [224]. Однак суттєво впливають на формування стебла та луб'яних волокон зональні та

зовнішні умови росту, а також особливостей вирощування [292].

Проведені Т. М. Фадєєвою [392] анатомо-морфологічні та якісно-технологічні дослідження морфотипів льону межеумку та льону довгунця свідчать про їхню подібність при вирощуванні з густотою стояння рослин 405 шт./м. погонний (міжряддя 45 см) порівняно із загущенням 112 шт./м.п. (міжряддя 15 см).

Важливою ідентифікаційною ознакою, що також впливає на продуктивність та якість волокна та насіння є галуження. Для льону олійного та льону довгунця воно є супротивним [212, 342].

У льону виділяють три, а у деяких джерелах – два види галуження. Так, О. М. Синська [340] розрізняла у льону пагони трьох типів: пагони кушніння (прикореневі, базальні); короткі гілочки по довжині головного пагону; пагони китиці суцвіття. Пагони по довжині стебла із пазух листя зустрічаються рідко, за специфічних умов.

Характеризуючи льон культурний О. В. Елладі [445] виділяла галуження у основі стебла та галуження суцвіття, що було ідентифікуючим для поділу підвидів на крупні географічні групи *proles* та *subproles*.

Вивчаючи вплив умов середовища на мінливість й успадкування деяких морфологічних ознак, Калініна О. Ю., Лях В. О. [142] під бічними стеблами розуміли прикореневе галуження рослин, кількість стебел, окрім головного, що утворюються на рівні ґрунту та йдуть від кореня, під бічними пагонами – галуження головного й бокових стебел. Ними відмічена велика експресія цих ознак від умов зовнішнього середовища, пригнічуючий вплив посухи й високих температур на галуження й висоту рослин.

В усіх форм культурного льону є потенційна на можливість галуження не тільки у верхній частині стебла при утворенні суцвіття, а й у нижній – від підсім'ядольного коліна. Вищою схильністю до кушніння відрізнялися межеумки та кучерявці, порівняно із довгунцями із якими проводився відбір на одностебловість [343]. Встановлено, що хоча умови південних зон сприяють саме галуженню, а не росту стебла у висоту, визначальне значення має площа

живлення. При густоті 10 тис. шт./м² навіть у схильних до галуження форм азербайджанського та малоазійського походження формувалося не більше, ніж 3 стебла. У той же час довгунці при загущенні 100–200 шт./м² часто формують 1–2 додаткових стебла. Причому короткий добу протягом світлової фази (20–33 діб від сходів), сприяв посиленому формуванню потовщеного кореня, під сім'ядольного коліна та додаткових пагонів.

Можливість рослин льону адаптуватися до різної доступності ресурсів зовнішнього середовища, у тому числі площі живлення, забезпечується наявністю механізмів регуляції кількості пагонів у відповідності до конкретних умов місця зростання [300, 309]. Діє суворе підпорядкування черговості пробудження (або відчуження) базальних, та пазушних бруньок, відповідно до наявності ресурсів для забезпечення головного пагону та пагонів вищого порядку [111]. У дослідженнях О. М. Сінської [344] та І. О. Сізова [340] є свідчення про нерівномірність розвитку бокових прикореневих пагонів у льону довгунця. Можливим поясненням такого явища є апікальне домінування яким підтримується ієрархічність розвитку та зумовлюється різноякісність таких пагонів [345].

Іншою ідентифікаційною ознакою є висота галуження, яка оцінюється за відношенням загальна/технічна довжина. Довгунці переважно формують компактне суцвіття, що складає від 10 до 20% висоти рослини, а для сортів олійного призначення цей відсоток суттєво більший. Системою агротехнічних заходів технічну довжину підвищують до 90–95% [111, 456].

Враховуючи, що у межеумків суцвіття формується на верхній 1/3 стебла, а кучерявців – на 2/3 його висоти, Т. М. Фадеева [392] запропонувала морфологічний критерій селекційного відбору форм та оцінки реалізації потенціалу сорту в конкретних умовах. Співвідношення маси насіння та соломи у волокнистих форм складає 0,1–0,2, тоді як олійних – більше 0,2.

Льон самозапильна рослина, хоча доведена можливість перехресного запилення комахами чи вітром від 0,15 до 1,25% особин. Початок розкриття квіток льону та опадання пелюсток визначається погодними умовами й може

тривати від 5 годин за посушливих умов, до 10 годин – за похмурної погоди. Однак за дощової погоди квіти не розкриваються [320]. Тривалість цвітіння, дозрівання пилку та запліднення однієї рослини залежить від метеорологічних умов та сортових особливостей [43, 411].

Через галуження період цвітіння сортів олійного призначення триваліший. Воно розпочинається із квітки верхівки головного пагону, поширюється на квіти гілочок другого та наступних порядків. На час цвітіння квітка досягає верхівки суцвіття, що за рахунок росту китиці зумовлює збільшення висоти рослини.

Сорти льону довгунця мають переважно менші коробочки, ніж межеумки та кучерявці. Максимально в одній коробочці може сформуватися 10 насінин. Насіння льону пласке, яйцеподібної форми з вузьким дещо загнутим носиком, забарвлення змінюється у різних відтинках від світло-жовтого темно-коричневого кольору, маса 1000 шт. змінюється від 3 до 13 г. Як правило, у льону довгунця насіння менше за розмірами та масою. Маса та колір насіння є спадковими сортовими ознаками. Маса 1000 насінин сучасних сортів льону олійного призначення може змінюватися від 6,5 до 9,0 г [54, 338].

Насіння льону культурного містить від 35 до 50% висихаючої олії з йодним числом 175–195 [6]. Засобами селекції за сприятливих умов олійність може бути підвищена до 55% у перерахунку на суху речовину [115].

Вміст олії різниться в екологічних та господарських груп льону та проявляє чітко виражену спадкову мінливість. У колекції Всесоюзного інституту рослинництва вміст олії у зразках льону довгунця складав 36–39%, льону межеумку 38–42%, а кучерявців 36–44% [338]. Дещо другі величини, але із збереженням зазначеної закономірності, приводять інші дослідники, що може бути результатом також селекції та агротехніки [60, 250].

Льон культурний, як культура космополіт, має широкий ареал розповсюдження своїх підвидів. Проте ареали підвидів, маючи чітку географічну та кліматичну зональність, поступово переходять від північних областей виключно поширення мезофіту льону довгунця до південних,

характерних для мезоксерофітів кучерявцю та сланкого. Вирощування льону кучерявцю притаманне для Нечорноземної зони, льон межуємок – характерний для Лісостепової та Степової зони, тоді як кучерявці розміщуються в зоні Сухого Степу та південніше [319, 427].

Сприятливою для льону довгунця є зона в інтервалі ізотерм за вегетаційний період від 1400 до 2200°C та кількістю опадів за цей період – від 150 до 250 мм. Для формування урожаю та якості волокна оптимальними є умови, коли за травень та червень випадає 110–120 мм опадів [291]. Південна зона поширення довгунців вважається початком зони вирощування льону олійного, який здатний зростати на територіях із ширшим діапазоном мінливості показників теплового та вологозабезпечення. Вони розміщуються переважно на чорноземних та каштанових ґрунтах.

Для повного циклу онтогенезу льону олійному потрібна кількість безморозних днів не менше 80–90, із сумою середньодобових температур 1600–1800°C [332], а за окремими даними – не менше 1700–2000°C [403].

Базуючись на комплексному підході в оптимізації розміщення соняшника та льону В. А. смірнова [351] визначала зону вирощування останнього від південної межі розповсюдження льону довгунця до північного рубежу зони поширення соняшника та південніше, де вирощування останнього є економічно недоцільним. Однак, враховуючи час повернення соняшника на попереднє поле, присутність двох олійних культур є необхідним, оскільки вирішує проблему розміщення групи озимих культур [303].

За біологією льон помірно вибагливий до тепла. Мінімальна температура його проростання складає 3–5°C, сходи, без наслідків, переносять пониження температур до -4°, а за окремими джерелами – до -6° С [55]. Доведено вищу стійкість до низьких температур посівів на стадії проростків, порівняно із ювенільними рослинами [3, 189, 263]. Пошкодження рослин весняними заморозками може викликати зрідження посівів та посилити базальне галушення [373].

На початкових етапах онтогенезу вимоги до тепла у підвидів є практично

незмінними, хоча більш холодостійкими є довгунці. Однак у подальшому, спостерігаються відмінності. Високе стебло із більшим вмістом волокна формується за помірних температур (15–18°C) та незначним коливанням протягом дня та ночі [300]. На генеративній стадії льон олійний потребує більш високих температур. Оптимальною для фази цвітіння є температура 20–22°C, а її зниження в період наливу насіння понад 12°C зменшує олійність на 2–3% [44].

Вимоги довгунцевих та олійних форм до вологи суттєво різняться, що є наслідком екологічної адаптивності. Льон-довгунець дуже вибагливий до вологи, особливо від сівби до цвітіння. Достатня кількість опадів та рівномірний їх розподіл за період травень – червень зумовлюють високий урожай волокна [225, 245], проте високий рівень ґрунтових вод недопустимий [131, 537]. Достатнє вологозабезпечення від початку цвітіння до жовтої стиглості сприяє формуванню великої урожайності насіння. У подальшому потреби у волозі є несуттєвими.

На утворення одиниці сухої речовини протягом вегетації льон-довгунець споживає 400–430 одиниць води. За оптимальні умови вологозабезпечення М. Г. Обьедков [257] вважає надходження не менше 100 мм опадів за період «сходи - цвітіння», а також вологість ґрунту в фазу ялінка – 60%, цвітіння – 80 та дозрівання – 40–60% від найменшої вологості.

Відомі значно вищі значення транспіраційного коефіцієнта культури – 900 та більше [117]. Він суттєво зростає за обмеженого водоспоживання на фоні високих температур та сонячної інсоляції [178]. Олійні, особливо кучерявці, завдяки більш розвиненій кореневій системі, стійкіші до негативного впливу посухи. Однак і їх транспіраційний коефіцієнт (650 одиниць) значно вище, ніж у зернових культур [395]. За даними інших джерел на формування одиниці сухої речовини льон витрачає 320–400 одиниць води [45]. У зоні проведення досліджень відмічено також великий діапазон коливання коефіцієнта водоспоживання льону олійного – від 1216 до 2460 м³/т, при вирощуванні без зрошення та від 1380 до 1470 м³/т – при зрошенні [63, 238, 274].

За рівнем розвитку кореневої системи й споживання вологи із ґрунту, на думку Брайан Мак Конки [214], льон олійний прирівнюється до чечевиці та значно поступається польському ріпаку, нуту, ячменю, пшениці та гірчиці.

На початку вегетації рослини переважно забезпечені ґрунтовими запасами вологи, тому відсутність опадів до закінчення фази ялинка несуттєво впливає на урожайність насіння. Максимальне споживання вологи співпадає із періодом інтенсивного росту [57, 418]. Дощі у період завершення цвітіння – дозрівання несуттєво впливають на кількість коробочок та насіння, проте викликають подальше галуження, утворення нових бутонів, їх цвітіння, що сповільнює підсихання маси та ускладнює збирання врожаю. Посуха ж послаблює галуження, скорочує фазу цвітіння та зменшує масу 1000 насінин.

Дослідження П. П. Гладкого [62] свідчать про негативний вплив дефіциту вологи на будь-якому етапі та високу адаптивність льону. Посуха у фазу ялинка зменшує висоту рослин та обмежує нижнє галуження, однак подальші сприятливі умови, за рахунок підвищення продуктивності головного пагону та маси 1000 насінин, дозволяють компенсувати врожай. За посухи у травні - червні висота рослин зменшується суттєвіше, ніж урожайність насіння.

Дискусійним є питання визначення критичного періоду льону, особливо у довгунців. За даними Е. И. Кошкіна [178] та інших дослідників [421], найбільш згубною, з подальшими негативними наслідками для клітини луб'яних волокон, є дія посухи в період швидкого росту У той же час, А. Р. Рогаш [291] визначає критичним період швидкого росту рослини у висоту включно до цвітіння. Інші джерела вказують ще більш широкий період – від фази ялинка до цвітіння [86].

У льону олійного найвища чутливість до нестачі вологи проявляється під час закладання та утворення генеративних органів [199]. Аналізуючи водоспоживання льону олійного А. Б. Дьяков [111] указує, що критичний період розпочинається за 2 тижні до бутонізації та завершується через 2 тижні після цвітіння. Така думка підтверджується тим, що при ізоляції посівів від травневих опадів урожайність знижувалася на 37%, а червневих – на 58%.

Опосередковано про критичний період водоспоживання льону олійного

протягом міжфазного періоду ялинка – цвітіння свідчать дослідження А. С. Кочкина [176]. Кореляційно-регресійний аналіз запасів вологи та урожайності насіння, демонструє високі парні коефіцієнти кореляції ($r = 0,79$ та $0,75$) для відповідних фаз. Вологозабезпечення у критичний період найбільшою мірою визначається запасами вологи у фазу ялинка .

Важливим питанням є допустимий рівень зволоження ґрунту. Як нижню межу оптимальної вологості для більшості польових культур А. М. Алпатьєв [7] наводить 70–75% НВ. Оптимальною для льону-межуемку в умовах Західного Сибіру є вологість ґрунту близько 70% НВ. У вегетаційних дослідах на різних типах ґрунту від підвищення вологості із 50 до 70% НВ суттєво зростає урожай сухої речовини, також підвищувалося споживання елементів живлення [465]. Для умов штучного регулювання вологості ґрунту у вегетаційних дослідах із льоном олійним рекомендовано підтримувати вологість на рівні 60% НВ. У виробничих умовах оптимальною вологістю ґрунту для льону межуемку є 70% НВ, причому нестача вологи суттєво не впливала на етапах зрілого та пізнього генеративного розвитку [58]. В своїх дослідженнях, як ресурсощадний перед поливний рівень, при вирощування льону олійного Г. О. Минкіна [238] визначає 65–70% НВ у 0,7 м шарі ґрунту.

Попри високу посухостійкість льон олійний досить добре реагує при зрошення [304]. За даними вчених Безенчукської дослідної станції [44] два поливи нормою 600–800 м³/га забезпечують у середньому за шість років урожай 1,47 т/га, тоді як без зрошення він складає 0,4 т/га. Максимальна врожайність у досліді склала 2,1 т/га. На каштанових середньосуглинкових ґрунтах Півдня України проведення поливів зрошувальними нормами 780 та 1200 м³/га забезпечувало підвищення урожайності в 2,2 та 2,6 рази, а соломи – в 2,3 та 2,9 рази, відповідно [238].

Вимоги до світла у льону різних господарських груп переважно співпадають. Це рослини довгого дня, які при посиленому освітленні реагують інтенсивним галуженням. Збільшення тривалості світлового дня від зміни географічної широти, особливо до закладання генеративних органів, прискорює

розвиток та сприяє підвищенню висоти рослин [337]. У льону існують окремі нейтральні до фотоперіоду форми. Однак, за умови короткого дня достовірно збільшується кількість листя, подовжується період сходи - цвітіння, відбувається збільшення загальної та технічної довжини, довжини суцвіття, зменшення кількості пагонів другого порядку, зменшується діаметр стебла та вміст луб'яних волокон [94].

Оцінюючи ефективність використання ФАР Л. П. Серякова [336] відмічає достатньо високий коефіцієнт використання для льону, на рівні 4%, проти 2% - у буряків та 3% – для картоплі. Враховуючи відносно дрібне насіння, як алеврітофіт, льон характеризується підвищеними вимогами до агрофізичних властивостей ґрунту, особливо верхнього шару. Найбільш придатними для нього є структурні середньо – та легкосуглинкові за механічним складом ґрунти, а за стабільного вологозабезпечення – й супіщані різновиди. Запливаючі важкі суглинки через схильність до утворення кірки та супіщані ґрунти, через вузький діапазон продуктивної вологи є непридатними для культури [12, 289].

Взагалі льон відносять до кислотостійких культур (ацидофілів) із оптимальним інтервалом рН 5,5–6,5 та деяким відхиленням в ту чи іншу сторону [156]. За високої кислотності ґрунтового розчину спостерігається пригнічення рослин [12, 264], хоча можуть проявлятися певні сортові особливості [355, 406]. Підвиди походження південних ареалів різняться нижчою стійкістю до підвищеної кислотності ґрунту [338].

Льон середньо чутливий до засолення ґрунту. Зниження продуктивності на одиницю приросту засолення, виражену у електропровідності витяжки із насиченого ґрунту складає 12,0 на EC_e (мСм/см). Межа засолення складає 1,7. Подібний рівень стійкості мають зернова кукурудза та картопля [453].

У дослідах, що проводилися у Єгипті в умовах зрошення із підвищенням засоленості ґрунту із 0,2 до 0,8% зменшувався урожай соломки та насіння. Рослини могли переносити засолення не вище 0,6%, знижуючи урожай до 50% [502]. Вищу стійкість до засолення проявляють групи олійного призначення,

порівняно із льоном-довгунцем.

Посилаючись на період вегетації та особливості кореневої системи, слабку поглинальну здатність більшість дослідників указують високі вимоги льону-довгунця та льону олійного до родючості ґрунту. Так, льон-довгунець відносять до групи олігомезотрофи, що для нормального росту потребує вмісту азоту в ґрунті – 1–1,5%, кальцію – 0,5–1,0, фосфору – 0,3–0,5, калію – 0,4–0,6% [283].

Кількість поживних речовин, що витрачається на формування одиниці біологічної маси залежить від багатьох факторів тому змінюється у широких межах. За даними А. Р. Рогаш [291] на утворення 1 центнера повітряно-сухої наземної маси (солома та насіння) льон, в середньому споживає із ґрунту 1,3–1,51 кг азоту, 0,37–0,52 кг фосфору та 0,62–1,37 кг калію.

Рослини льону-довгунця споживають елементи живлення протягом усього періоду росту й розвитку, однак у різній кількості. Проростання відбувається за рахунок наявних у насінні запасів, однак до фази ялинка рослини споживають близько 16–36% азоту, 6–15 фосфору та 11–12% калію від загальної кількості. На час формування найвищої біологічної маси, у фазу цвітіння, рослини споживають 60–84% азоту, 63–80 фосфору та 71–90% калію. Критичними в споживанні азоту є період від фази ялинка до повного цвітіння, фосфору – від сходів до утворення 10–12 листків, калію – при бутонізації [257, 343].

Дещо різняться погляди Я. В. Пейве [269], який вважав, що критичний період споживання азоту завершується у фазі бутонізації, а калію – проходить у два етапи, перший із яких триває протягом трьох тижнів росту.

Система живлення льону олійного досліджена менш ґрунтовно, та вибудована за аналогією із льоном-довгунцем [301, 302, 306]. Безумовно, що загальна динаміка формування біологічної маси та споживання елементів живлення у обох технологічних груп льону є подібною, однак особливості існують, а критичні періоди різняться [386]. За підсумками досліджень Ставропольської дослідної станції на вилужених чорноземах, залежно від фону

мінерального живлення, вміст азоту в насінні льону олійного коливався від 3,40 до 3,96%, тоді як у соломі – від 0,61 до 0,81%, вміст фосфору змінювався відповідно у межах 1,17–1,33 та 0,18–0,27%, а калію містилося 0,92–0,97 та 1,29–1,4%. Частка насіння у загальному виносі рослиною цих елементів складає 84,5, 86,2% та 44,1% відповідно [176].

При однаковому накопиченню наземної маси олійні сорти перевищують довгунцеві за споживанням азоту та фосфору, проте поступаються за використанням калію [522].

Щодо визначення критичних періодів Ю. А. Шанський [418] указує, що найбільшою мірою нестача азоту появляється у період від сходів до бутонізації, фосфору – від сходів до фази ялинка, а калію – в період бутонізації. Такої ж думки дотримуються й інші дослідники [57], а Ю. П. Буряков та ін. [44] обмежують критичний період споживання азоту від бутонізації до цвітіння, М. М. Гаврилюк та ін. [55] вважають критичною фазою споживання калію перші двадцять діб.

На формування одиниці врожаю насіння льон олійний виносить з ґрунту в 2–3 рази більше азоту, фосфору та калію, ніж зернові культури [256]. За узагальненими даними із різних джерел на один центнер насіння посіви споживають 6,0–7,6 кг азоту, 1,5–2,5 кг фосфору та 4,0–5,5 кг калію [44, 411].

На лучно-каштанових ґрунтах Казахстану при вивченні систем мінерального, органічного та органо-мінерального живлення, вміст азоту в насінні складав 32,3–35,8 кг/т, фосфору – 9,6–11,2, калію – 7,8–9,0 кг/т, тоді як у соломі містилося азоту 8,2–9,4 фосфору 1,4–2,0, калію 16,2–19,4 кг/т [22].

У зоні проведення дослідження, залежно від фону мінерального живлення, загальний винос складав: азоту 41,5–52,9 кг/т, фосфору 17,0–22,3, калію 22,5–28,3 кг/т. Співвідношення між елементами, у середньому, складало 2,3 : 1 : 1,3. Підвищення фону мінерального живлення супроводжується зростанням виносу та збільшенням вмісту кожного елемента в одиниці маси продукції [32].

Забезпечення потреб рослин переважно задовольняється за рахунок

внесення мінеральних добрив, використання яких складає: азоту 90%, фосфору 20–25, калію 60–70% [349]. В умовах нестійкого зволоження на вилугуваних чорноземах коефіцієнти використання рослинами льону олійного азоту, фосфору та калію склали із ґрунту: 30,4; 48,3 й 6,6%, а із добрив: 40,4; 14,5 й 52,2%, відповідно [176].

1.3 Сучасний стан та перспективи господарського використання продукції *Linum usitatissimum* L.

Склад льняного насіння свідчить про його беззаперечну цінність та необхідність широкого використання в харчуванні населення [128, 317, 368].

Незважаючи, що довгунцева та олійна групи льону дещо різняться за вмістом олії, їх насіння належної якості використовується однаково. Складніша ситуація із використанням соломи сортів олійного призначення. Біологічно кучерявці мають коротшу соломину та містять менше лубу, а тому практично не можуть бути джерелом текстильного волокна. Проте висота стеблової частини межеумків та вміст волокна дозволяють їх використання для вилучення волокна, виготовлення вати, паперу, будівельних та пакувальних матеріалів. До останнього часу в Україні волокно льону олійного не використовувалось у промисловості. Залишки соломи спалювали або заробляли у ґрунт, використовуючи як добриво [67, 202, 205, 369]. Із розвитком технологій переробки льону та розширенням сфери застосування лляного волокна дещо змінилося саме поняття «якість волокна». Так найбільш цінне для текстильних цілей довге волокно повинно мати хорошу міцність та високу тонину. У виробництві нетканих та композитних матеріалів частіше використовують коротке волокно, у якого значення має лише міцність. При виробництві із волокна целюлози, навпаки, більшого значення набуває розщеплення на більш дрібні волокнисті комплекси й низька засміченість кострицею. Для кожної сфери застосування бажано мати свій стандарт якості,

що регламентує властивості та методи визначення показників якості.

Комплексне використання льону олійного нагальне питання для країн головних виробників культури, а також тих, де скорочується сировинна база льону-довгунця [310–3012]. Йому приділяється достатньо велика увага на світовому рівні. Серед найбільш відомих закордонних фірм, що займаються пошуковими роботами, розробкою технологій обладнанням та практичною переробкою соломи льону олійного Бельгійська компанія «Charle&Co», Французька «Laroche», Німецька «DiloTemaфа» та в Італії Римський дослідний центр IPZS [372].

В Україні льон олійний, як об'єкт вивчення, також має широке розповсюдження, що особливо поширилося в останні п'ять років. Однак такі дослідження переважно спрямовані на використання насіння або носять загально-декларативний характер не маючи вагомих інноваційних впроваджень. Практично відсутня інформація щодо фізико-механічних та технологічних властивостей соломи й впливу технології вирощування, недостатня кількість робіт присвячена переробці стебел соломи льону олійного та можливостям його більш широкого вживання [158, 244]. Хоча відомі наукові роботи, що заявляють про економічну доцільність переробки стебел та трести льону олійного із вирощуванням переобладнаних серійних логічних ліній. Подібні виробництва в Україні відсутні [159, 298, 334, 379]. Зацікавленість целюлозно-паперової промисловості у відновлювальній сировині повністю відповідає можливостям використання соломи льону та має історичні приклади [441].

Обмеження поставок в США сировини льону-довгунця із Європи в період першої та другої світової війни спонукало до розробки технологій та використання соломи льону олійного для виготовлення високоякісного банкотного паперу. Складним елементом технології була тільки декострикація соломи [461, 468, 533].

У Іспанії льон та коноплі тривалий час використовують як сировину для целюлозопаперового та хімічного виробництва [469, 472].

У Європі спеціальну целюлозу із льону виробляють в Чехії, Франції та до останнього часу у Великобританії, причому здебільш у повному циклі від вирощування до кінцевого продукту. Вона використовується для виготовлення цигаркового паперу [481].

Вченими Херсонського національного університету розроблена вітчизняна технологія отримання целюлози із волокна льону олійного з вмістом костриці не більше 1,5%, що передбачає термічну обробку із застосуванням дешевих та доступних хімічних сполук [357].

У теперішній час льон розглядається, як перспективне джерело целюлозомісткої сировини для хімічної, харчової, медичної промисловості та виготовлення матеріалів із високою енерговіддачею у процесі згорання [312]. Льняну целюлозу доцільно отримувати із короткого низькосортного волокна, так званої «двійки», що є результатом переробки льону олійного [377].

Целюлоза льону високоякісна й може бути використання для виготовлення цигаркового та спеціального банкнотного паперу, гігієнічних виробів, екологічної тари. Коефіцієнт виходу продукту із біомаси льону дуже високий, він перевищує на 2–2,5 одиниці деревину [360]. Значний досвід переробки соломи льону олійного має Канада, де зосереджено що не найбільше посівних площ культури, а прядивний льон – непоширений. У промислових масштабах її використовують для виробництва целюлози, паперу, композитних матеріалів, геотекстилю, фільтрів, будівельних матеріалів, для обладнання захисних смуг від водної та повітряної ерозії, мульчування багаторічних насаджень, як паливо та підстилку на фермах [461, 510, 516]. На основі сучасних генетичних досліджень розробляються нові сорти подвійного використання із визначеними показниками як насіння, так і соломи [517].

У Канаді навіть зароджується ринок такої продукції, де провідним покупцем є Schweitzer – Mauduit Canada, що переробляє від 80 до 120 тис. т. Вони організують заготівлю якісної соломи, виплачуючи фермерам за право збирання від 12,5 до 25 \$/га. Однак, таким чином, використовується лише 15–20% соломи, тоді як інші джерела оцінюють обсяги в 7–10% [520]. У Канаді

переробляють солому льону олійного два заводи у Вінклері, а також у штаті Манітоба «Schweitzer-Mauduit Canada Inc. and Ecusta Fibres Ltd», та «Bio-Fibre Industries Ltd. and it is located», що розташовані в Каноча, Саскачеван [523]. Фабрика Durafibre Inc., компанії Cargill Ltd. для виготовлення із волокна й костриці льону олійного пресованих матеріалів “Durafibre” та “Durafill” споживає близько 55 тис. т соломи [440]. Проте інтерес для переробки не викликають забур’янені низкорослі посіви, засмічені пластиком, із низьким вмістом лубу та віддалені масиви. За таких умов середня вартість волокна оцінюється у 800, а костриці 50 \$/т [480].

Вузловим питанням є ціна та якість сировини. Тому центр впровадження композитів Канади (Composites Innovation Centre Manitoba Inc) розглядає три маркетингові варіанти переробки продукції із льону: заготівля та переробка соломи льону олійного призначення із відповідною компенсацією аграріям (побічне використання); спрямоване вирощування льону олійного для подвійного використання (керована система); вирощування льону-довгунця без урахування насінневої продуктивності (луб’яна система) [496]. У варіанті побічного використання соломи при середньозваженій урожайності 1,75 т/га, та вартості 24 дол. США, компенсаційні виплати виробникам складають 8 доларів за тону. При спрямованому вирощуванні урожайність оцінюється в 3,1 т/га, а відшкодування фермерам – 25 \$/т.

Вагомими перевагами волокон льону є добрі теплоізоляційні властивості та звукопоглинальна здатність, нижча щільність, більш висока міцність, менші енерговитрати на виробництво композитного матеріалу, простіша технологія утилізації, екологічність, відновлюваність [29, 438, 482, 508, 519]. Унікальні властивості лляного волокна дозволяють використовувати його для виготовлення нетканих ізоляційних матеріалів, фільтрів, для поглинання нафтопродуктів, геотекстилю та композитів, біологічно активних речовин, а модифіковане лляне волокно є чудовим адсорбентом [29]. Світовий ринок ізоляційних матеріалів оцінюється в розмірі 1 млн. тонн, де льон має переваги за екологічними параметрами та у питаннях утилізації. Активного розвитку

виробництво набуває у Великобританії, Німеччині, країнах Скандинавії [534].

Із початку 2003 року в Європі заборонено використання у будівництві утеплювачів із азбесту та мінеральної вати, тому в Німеччині, Австрії, Франції та Данії успішно працюють лінії, що використовують у якості сировини коротке волокно льону. Запровадження сучасних технологій зробило революцію у індустрії будівельних матеріалів. Нідерландський інститут будівельної біології та екології NIBE, Фінський центр досліджень будівельних технологій VTT визначили теплоізоляційні матеріали із льону як найбільш доцільні для житлових приміщень, оскільки вони забезпечують оптимальний температурний режим, бактеріальну безпеку та вологість повітря [41].

Великі перспективи використання волокна льону олійного для виготовлення композитних матеріалів, оскільки це значно полегшує виробу, здешевлює виробництво та робить його більш екологічним порівняно із технологіями на основі скловолкна. Хоча біоволокна не можуть забезпечувати вищий рівень міцності рівнозначний карбоновим матеріалам, вони повністю відповідають вимогам великого ринку масових виробів, а тому широко використовуються в країнах Європи (переважно Німеччина, Італія, Франція), США, поширяться в країнах Азії (Японія, Китай, Корея, Індія) та Північної Америки [496]. Так, енергетичні витрати на виробництво композитних матеріалів із біотекстилю складають 60% відносно таких же – на основі синтетичних волокон [449].

Композитні матеріали на основі біологічних волокон менш ламкі, більш легкі, міцні та пружні, не утворюють ріжучі краї, стійкіші за різного діапазону температур, легко з'єднуються, поглинають звук та вібрацію широко використовуються у промисловості, особливо машинобудуванні. У 2007 р. із 19 тис. т використаного автомобільною промисловістю композиту 64,2% виготовлялося із волокон льону [500]. При цьому виробництво тканинної основи із льону, враховуючи вирощування та переробку, потребує вп'ятеро менше енергії, ніж синтетичної [478].

Крім целюлози солома льону містить лігнін та інші речовини, що

застосовуються у хімічній промисловості, для заміни токсичних фенол формальдегідних смол у композитних матеріалах, натурального полімеру для отримання апретруючих матеріалів, для ламінування, у якості гідробар'єрів, затверджувачів (картон), фрикційних виробів (тормозні прокладки, амортизатори), клеючої речовини (фанера, вафельні панелі), формованих пластикових матеріалів в автомобілях, антиокислювачів [15].

Найбільш простим, проте найменш раціональним способом утилізації лляної соломи є пряме спалювання у вигляді рулонів або тюків у серійних котлах Q Plus Agro (виробництва Heiztechnik), TTS «VESKO-S» (виробництва Defro), ЕКОРАL RM КСс-100, ТС-350 М (виробництва НТЦ «Біомаса») та інших. Це може бути доцільним лише при утилізації непридатної для переробки маси чи відходів виробництва. За результатами досліджень теплотворна енергія костриці льону олійного складає 17,67 МДж/кг при вологості 8,1%, а пелет із неї 19,17 МДж/кг [444].

Більш раціональним та перспективними є застосування технологій, що передбачають вилучення волокна. Дослідження, які здійснювалися до цього часу, були для зони Полісся, Північного Степу та спрямовані на отримання продукту з льону олійного за технологією переробки короткого волокна льону-довгунця. Такі схеми передбачають вилежування соломи в полі для отримання трести, що в більшості зон його вирощування є малопродатним через несприятливі метеорологічні умови. Проте існують інші технології, що для руйнування пектинів та лігнінів, передбачають механічну дію, замочування, використання ферментів, хімічних речовин, пари, ультразвуку, електроімпульсу тощо [508, 511].

В Україні досі не існує ефективної технології приготування трести із соломи льону олійного через посушливість зони його основного вирощування. Через технологічні складності виконання малоефективним, на нашу думку, є спосіб штучного зволоження соломи дощувальними агрегатам в полі [68]. При цьому втрачається вагома перевага льону олійного як попередника озимих культур, що спричиняє побічні економічні збитки. Такий варіант прийнятний

лише при обладнанні спеціальних стаціонарних ділянок, куди надходитиме солома із поля для виробництва трести.

Волокно льону олійного, одержане із соломи є лубоподібним і малопродатним для подальшого використання в текстильній промисловості без додаткового спеціального доробку. Узагальнюючи наукові дослідження 30-х років проведені ЦНИИЛВ В. В. Живетін [122] вказує на отримання на серійному обладнанні кудельного лубу, призначеного для виготовлення шпагату, та кудельного волокна із трести, придатної для виготовлення мішковини, а за додаткової обробки – для отримання вати.

Раціонально переробляти на целюлозу коротке волокно, що отримане із льону олійного, у якому вміст костриці складає близько 1% та не перевищує 2–3% [19]. Такі технології розроблені, проте їх впровадження потребує врахування якості сировини, оцінки виробництва із позиції екологічної безпечності та економічної ефективності [285, 360, 493]. Так, у 2005 р. із загальної кількості короткого волокна, виробленого в країнах ЄС, було використано 34% на виготовлення спеціальної целюлози, 22,9 – у композитних матеріалах, 34 – експортовано в інші країни, 5,6 – для виготовлення змішаної пряжі, 1,5 – ізоляційних матеріалів, 1 – у гео- та агротекстилю, 0,7 – канатів та традиційного застосування, 0,2 – в інших виробках [464].

Всеросійським ВНП з переробки луб'яних культур створені технології отримання модифікованого льняного волокна, в стрічці на основі високошвидкісного тріпання із системою регулювання процесу, що дозволяє виробляти із нього бавовняну пряжу № 20.25 із вмістом льоноволокна до 65%; шерстельняну пряжу № 10. 15 із вмістом льону до 50%; неткані матеріали, отримані струминним та голкопробивним способом скріплення; а також вату для одягу відповідно ГОСТ 5679-91. Продуктивність лінії з переробки волокна складає до 90 кг/год., при цьому витрати електроенергії – 0,37 кВт-год./кг [287].

Порівняння бавовняної та лляної целюлози свідчить про їх близькі технологічні властивості. При цьому лляна целюлоза переважає у випадку подальшої її нітрації, виробництва карбоксиметилцелюлози, мікрокристалічної

целюлози, сорбентів, кормів, композитних та будівельних матеріалів, утеплювачів, паперу [109].

Вченими Leibniz Institute for Agricultural Engineering (ATB) Канади розроблені технологічні лінії, які забезпечують переробку льону та коноплі відповідно до вимог міжнародних ринків сировини за конкурентоздатними цінами. За цією технологією переробляється треста та солома цих культур до якісного волокна технічного застосування. Вміст костриці складає близько 2% проти 7 – на традиційних лініях [513]. Вузловим елементом цієї технології є декортикаційна машина [506].

У зв'язку із занепадом льонарства та скороченням сировинної бази, науковці Росії звернули увагу на соломку льону олійного, обсяги якої мають тенденції до зростання. Дослідженнями властивостей межуєткових сортів льону олійного є розробкою технологій його переробки та модифікації короткого волокна займається Костромський науково-дослідний інститут переробки луб'яних культур [396].

Вченими цього інституту встановлена можливість механічного отримання із волокна льону межуєтку короткоштапельного, подібного до вовни за геометричними параметрами, придатного для отримання комбінованої вовняно-льняної пражі з метою виготовлення панчохових та інших виробів [432].

У науково-дослідних інститутах комплексної автоматизації легкої промисловості, бавовняної промисловості (м. Москва), нетканих матеріалів (м. Серпухов) активно розробляються технології не текстильного використання соломи. Ними передбачено отримання паперу, целюлози нетканих та композитних матеріалів, біологічно активних сполук, вуглецю та сорбентів. Вони виконуються в межах державної програми «Технологии глубокой переработки отечественного сырья и материалов в легкой промышленности» [18].

Розробки російських вчених дозволяють отримувати із кудельного волокна льону межуєтку гігроскопічну медичну вату. Технологія обробки сировини включає стадію лужної варки, біління, кислування, промивки

віджиму, розпушення, сушіння, чесання та формування суміші волокон, наприклад, льон 60%, бавовна 30, поліакрилонітрил 10% [60].

Враховуючі відсутність вітчизняної бавовняної сировини та її удорожчання таке виробництво є доцільним. Висока конкурентоздатність вати зумовлена унікальними властивостями: гігієнічністю, високою гігроскопічністю, повітропроникністю, здатністю швидко поглинати та віддавати краплинну вологу. За призначенням це може бути гігієнічна (копресорна), медична, хірургічна та очна [30, 324].

Із можливістю використання соломи льону олійного започаткований інноваційний проєкт «Технологія та обладнання для отримання нового екологічно чистого утеплювача». Також розроблена технологія виробництва сенгвіч-плит «Волна», які складаються на 80% із короткого волокна № 2,3, 4, 6 та очосів № 3, 4, 6, 8 і призначені для утеплення внутрішніх та зовнішніх поверхонь. Завдяки рослинним волокнам виріб має кращі характеристики та співвідношення «ціна – якість» [370].

У Росії розробкою обладнання та новітніх технологій для виробництва утеплювачів із короткого лляного волокна займається ООО «Эванс Экстра». Їх обладнання дозволяє отримати утеплювач для одягу, будівництва, настільний матеріал [41].

Для виготовлення із трести льону олійного товарного однотипного волокна, полотна голкопробивного відповідно до вимог ГОСТ 19813–74 та міжстикових утеплювачів у вигляді лляного волоку застосовується серійне обладнання [26]. Луб'яні волокна достатньо міцні, однак містять підвищену кількість костриці, тому їх доцільніше застосовувати там, де цей недолік суттєво не впливає на технологічний процес та якість товару, таких як неткані матеріали, геотекстиль, утеплювачі.

Бурхливий розвиток має використання таких волокон при виготовленні композиційних матеріалів. Армування виробів відбувається орієнтованим чи неорієнтованим способом, що визначає їх міцність у різних площинах. Для виготовлення вирівняних за властивостями матеріалів може бути використана

як тканина, так і неткана основа. При цьому волокно покривається полімерними матеріалами, що захищає виріб від руйнування зовнішніми факторами та гниттям. Заміна традиційного скловолокна при виготовленні композитних матеріалів на рослинне волокно робить вироби більш дешевими, легкими та екологічними. Так, якщо питома маса льняного волокна складає $1,45 \text{ г/см}^3$, то замінників мінерального – $2,54 \text{ г/см}^3$ [263, 514].

Волокна льону використовують при виготовленні геотекстилю як у вигляді нетканого полотна, так й геотканини. Висока армуюча здатність та технологічні властивості матеріалів дозволяють забезпечувати укріплення схилів, берегів, захист рослин та укриття теплиць, фільтрацію в дренажних системах. При виготовленні геотекстилю для укріплення схилів із натуральних компонентів рослинна маса пресується в тонкий волок. На тканинну основу наноситься торф, добрива, насіння трав, та покривається повстяним шаром та зшиваються. Покриття фіксується на поверхні та періодично поливається. Покриття не шкодить довкіллю, оскільки природнім шляхом геотекстиль із часом руйнується [3, 243].

При переробці соломи льону можуть бути отримані ефіри целюлози, що використовуються при виробництві пороху, клеїв, лаків, фарб, хімічних волокон, сумішей, що використовуються при видобутку нафти. Гідроксиетилцелюлозу широко використовують для запобігання набухання глинистих порід при бурінні свердловин, карбоксиметилцелюлозу – у якості в'язкопружних систем при вторинній обробці нафтових пластів методами гідравлічного розриву [16].

Широке використання знаходить також костриця, переважно як паливо та сировина для виробництва листових будівельних матеріалів, що застосовуються для виготовлення меблів, утеплення та оздоблення. Перевагами випуску таких панелей є відсутність технологічної операції тривалої сушки та витримки. Із аналогічної кількості сировини виготовляють більше виробів. Перспективною є технологія отримання технічного карбону та активованого вугілля [15]. Із костриці за наявних технологій на серійному обладнанні можна

отримувати карбоксиметилцелюлозу, похідну льняної целюлози, що завдяки здатності утворювати дуже в'язкі колоїдні розчини використовується в якості стабілізатора консистенції. Вона застосовується у лакофарбовій, нафтохімічній та харчовій промисловості – для виробництва клею, електродів, сірників, харчових наповнювачів, для скріплення ґрунту під час буріння свердловин [109].

Враховуючі загальні тенденції зміни обсягів вирощування льону-довгунця та олійного актуальними є селекційно – генетичні дослідження, спрямовані на пошук вихідних форм та створення сортів подвійного призначення. В науковій літературі є інформація про наявність об'єктів із підвищеним вмістом як волокна (32–35%), так і жиру (41–43%) [364].

Створення сортів спеціального призначення істотно підвищує привабливість та результативність переробки стеблової маси. Розробка технології вирощування льону олійного подвійного призначення та визначення фізико-механічних властивостей соломи в існуючих технологічних процесах збирання дозволить розширити сферу застосування, забезпечити економічно доцільну переробку та виробництво високоякісних матеріалів.

Продуктивність льону, якість його сировини та економічна ефективність вирощування культури суттєво залежить від ґрунтово-кліматичних умов, які мають зональний характер поширення, та об'єктивно визначають направленість адаптивних технологій вирощування культури [24, 37, 279, 412].

При цьому найбільш висока насіннева або луб'яна продуктивність можлива, якщо агрокліматичні умови вирощування будуть в найбільшій мірі відповідати біологічним вимогам культур у розрізі процесів формування насіння або волокна [169, 203].

Вирішення даної проблеми лежить в площині адаптивного рослинництва та передбачає правильну оцінку стану аграрного виробництва і раціональне використання всіх природних ресурсів території, серед яких провідна роль належить клімату. Такий підхід потребує використання відомих методів оцінки ресурсів обмежених територій, в кордонах адміністративних одиниць з

використанням агрокліматичних показників. Окремі кліматичні ґрунтові та економічні аспекти цієї проблеми були розглянуті однак її складність зумовлює значні відмінності трактувань та необхідність дослідження із пластичною культурою льону [24, 387].

Оцінка стану виробництва льону олійного в Україні виконана за результатами періодичних звітів Державної служби статистики України за 2000–2017 роки «Посівні площі сільськогосподарських культур».

Льон низький із об'єктивних причин являється олійною культурою другого плану, через що його відносять до «нішевих» культур. У сучасній системі землеробства його часто застосовують як «страхову культуру», що зумовлює значні коливання площ посіву та відповідно обсягів сировини.

Коефіцієнт кореляції між площами посіву льону олійного та окремих культур демонструє, тісний зворотній зв'язок в зоні Полісся із ріпаком озимим $R = -0,82$, а зоні Лісостепу ріпаком ярим $R = -0,73$ та ячменем ярим $R = -0,7$ (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Кореляція площі вирощування льону низького та альтернативних культур в межах окремих зон України (середнє за 2000–2015 рр.)

Культури	Кліматичні зони		
	Полісся	Лісостеп	Степ
Ріпак озимий	-0,82	-0,21	-0,18
Ріпак ярий	0,26	-0,73	0,33
Озимі зернові	0,51	0,55	-0,08
Ячмінь ярий	0,00	-0,70	0,50

На нашу думку це є свідченням, що у даних зонах ці культури є «альтернативними» при формуванні структури посівів. У них спостерігається значний коефіцієнт кореляції відносно площі озимих зернових культур, що може бути проявом прагнення забезпечитися попередниками та використати

сприятливі умови поточного року для збільшення обсягів виробництва прибуткової та ліквідної продукції. В зоні Степу спостерігається середній кореляційний зв'язок із площами посіву ячменю ярого. Враховуючи особливості зони це може бути пошуком культур для оптимального використання площ виділених для ярих культур.

Нерідко технологію вирощування льону олійного реалізують за «залишковим» принципом із значними порушеннями технології, чим зумовлені значні коливання площі вирощування, урожайності, валового збору.

В цілому, за період від початку статистичного обліку – із 2000 року, площі вирощування та рівень поширення льону олійного значно зріс (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Показники стану виробництва льону олійного в Україні та окремих агрокліматичних зонах (середнє за 2000–2017 рр.)

Показники	Україна	Кліматичні зони		
		Полісся	Лісостеп	Степ
Валовий збір, тис. т	33,5			
у тому числі, %		11,8	28,7	59,5
Зібрана площа, тис. га	34,2			
у тому числі, %		11,0	19,1	69,9
максимальна	68,0	13,7	15,3	47,9
Коефіцієнт варіації	64,7	81,5	58,8	54,0
Частка в структурі посівів, %	0,12	0,082	0,082	0,23
Частка загиблих посівів, %	9,38	4,92	5,01	10,6
Коефіцієнт наявності посівів	0,19	0,17	0,21	0,43
Коефіцієнт систематичності вирощування	1,00	0,49	0,37	0,80
Урожайність середня, т/га	0,98	1,06	1,39	0,86
Коефіцієнт варіації	24,74	30,0	21,1	26,7
Урожайність за останні 5 років	1,10	1,11	1,41	0,96
Урожайність максимальна	1,35	2,50	2,38	2,57
Урожайність максимальна розрахункова	1,81	2,15	2,4	1,66

Проте навіть в зонах сприятливих для культури окремі адміністративні райони не займаються його вирощування, або здійснюють його періодично. Це ускладнює застосування стандартних статистичних методів аналізу та зумовлює певні відхилення, які не впливають на відображення загальної

динаміки змін В середньому за досліджуваний період валовий збір насіння льону склав 33,5 тис. т. Головними регіонами його виробництва є зона Степу – 59,5 % та Лісостепу – 28,7%. Відповідно, проходив і розподіл площ збирання культури. В зоні Степу зосереджені основні площі вирощування культури – 69,9%, а в зоні Лісостепу – 20%.

Для стабільності виробництва сільськогосподарських культур важливе значення мають обсяги їх вирощування. Для площ посіву льону олійного характерні значні коливання протягом років, що зумовлено, як посиленням загальної зацікавленості культурою, так і ситуаційним бумом. Від початку статистичного обліку (2000 рік) площі льону олійного зросли з 2,2 тис. га до 48,2 тис. га у середньому за останні десять років.

У 2016 році в Україні спостерігалися найбільші площі вирощування льону олійного, які склали 68 тис. га. В зонах Полісся, Лісостепу та Степу вони досягали найвищих значень в 2016, 2015 та 2011 роках і склали – 13,7 тис. га, 15,3, та 47,9 тис. га, відповідно. Про значні коливання площ посіву культури свідчать високі значення коефіцієнту варіації. Відносно наявних площ найбільш нестабільним є вирощування льону олійного в Поліссі, де коефіцієнт складає 81,5 та в зоні Лісостепу – 58,8%. Найбільш стійким є представлення льону олійного в сівозмінах Степової зони, звідки розпочалося його відновлення в межах України.

Протягом досліджуваного періоду, від 2000 року, спостерігається загальна тенденція до збільшення площ посіву культури як в Україні, так і в окремих кліматичних зонах (Додаток Б.1).

Математична модель динаміки площ посіву льону олійного за зазначений період має наступний вигляд:

$$\text{Україна } Y = 1,4564x^{1,3547} \quad R^2 = 0,839;$$

$$\text{Полісся } Y = 0,03x^{2,8169} \quad R^2 = 0,844;$$

$$\text{Лісостеп } Y = 0,0214e^{0,1092x} \quad R^2 = 0,394;$$

$$\text{Степ } Y = 1,5534x^{1,2082} \quad R^2 = 0,814$$

За виключенням зони Лісостепу, математичні моделі мають високий рівень достовірності, та свідчать про загальну стійку тенденцію збільшення площ посіву льону олійного.

Більш об'єктивно про наявність культури свідчить його частка, відносно загальної посівної площі у регіоні. Найбільш розповсюдженим є льон олійний в зоні Степу, де на кожну тисячу гектарів посівної площі припадає 2,3 га культури. Проте якщо по Україні цей показник становить 1,24 га, то в Лісостеповій зоні та Поліссі він є значно меншим – 0,082 % та перебуває на однаковому рівні. Зміна частки льону олійного в розрізі окремих зон представлена графічно (додаток Б.2). Незважаючи на значні коливання впродовж аналізованого періоду, відмічається загальна тенденція до збільшення присутності льону олійного в структурі посівних площ України та окремих кліматичних зон.

Динаміка зміни частки льону в структурі посівних площ за зазначений період описується математичною моделлю:

$$\text{Україна } Y = 0,0053x^{1,3547} \quad R^2 = 0,839;$$

$$\text{Полісся } Y = 0,0015x^{1,6912} \quad R^2 = 0,783;$$

$$\text{Лісостеп } Y = 0,0157x^{0,6366} \quad R^2 = 0,41;$$

$$\text{Степ } Y = 0,01222x^{1,2082} \quad R^2 = 0,814$$

Математичні моделі мають високий рівень достовірності, та відображають загальну динаміку збільшення площ посіву льону олійного. Як і в попередньому випадку виключення складає зона Лісостепу, де достовірність є низькою – коефіцієнт детермінації складає 0,41.

Опосередковано, про відповідність умов зони вирощування біології культури, може свідчити частка загибелі посівів. Окрім технологічних факторів, за сприятливих умов відсоток загиблих посівів є меншим. При зміщенні від зони Полісся до зони Степу спостерігається збільшення загибелі посівів більше, ніж удвічі – із 4,92 до 10,6%. Отже із таких позицій для

вирощування льону олійного більш сприятливими є умови зони Полісся та Лісостепу, а зона Степу є екстремальною.

Для характеристики рівня поширення посівів культури по території був розрахований коефіцієнт наявності посівів (співвідношення кількості адміністративних районів, де вирощували льону олійний до їх загальної кількості). Найбільшого поширення льон олійний набув в зоні Степу, де його вирощували в 43% адміністративних районів.

Удвічі рідше він був представлений у зоні Лісостепу, тоді як у зоні Полісся його вирощували господарства лише в 17% районів. Часто це були поодинокі господарства, що, в такому випадку, обмежено підлягають статистичному обліку.

За аналізований період спостерігається стабільне збільшення кількості адміністративних одиниць, господарства яких вирощують льон олійний (додаток Б.3), що характерно для усіх кліматичних зон України. Для оцінки стану вирощування льону олійного в розрізі років був розрахований коефіцієнт систематичності вирощення. Розпочинаючи із 2000 року, вирощування льон олійний в Україні набувало систематичного характеру. В зоні Степу воно започатковано дещо раніше і відбувалося більш динамічно.

Поширення льону олійного в зоні Полісся та Лісостепу є повільним, відповідно 0,49 та 0,37, проте має тенденцію стійкого прискорення. За останні п'ять років періодично займалися вирощуванням льону олійного в Івано-Франківській, Рівненській, Полтавській, Тернопільській, Черкаській та Чернівецькій областях.

В Україні урожайність льону олійного є низькою та характеризується значними коливаннями в окремі роки. Виключаючи вплив технологічних факторів, більш сприятливими для вирощування культури є зона Лісостепу. Тут урожайність в середньому в 1,6 рази перевищувала урожайність культури в зоні Степу. Для цієї зони характерна також найвища стабільність урожайності впродовж років – коефіцієнт варіації складає 21,1%, що є найнижчим значенням в Україні.

Достатньо високе коливання урожайності в зоні Полісся, яке складає 30,0%, та навіть перевищує цей показник для зони Степу, може бути свідченням як невідповідності запроваджених технології зональним особливостям, так і порушення технологічних заходів вирощування культури. Такі коливання також свідчать про низький ступінь впливу технологічних факторів у процесі вирощування культури та високий рівень впливу погодних умов.

Незважаючи на значні коливання, в цілому динаміка урожайності льону олійного має тенденцію до підвищення (додаток Б.4). Цим пояснюється більш високі значення урожайності культур за останні п'ять років, порівняно із середніми значеннями за аналізований період. Особливостей даного процесу у розріз окремих кліматичних зон не виявлено.

Для оцінки агрокліматичного потенціалу зони аналізувалася максимальна, за період спостережень, урожайність культури. По Україні найвищих значень – 1,35 т/га, вона досягла у 2016 році. Достатньо високою, із близькими за абсолютними значеннями, була урожайність льону олійного в окремих кліматичних зонах 2,38–2,57 т/га, що свідчить про високу пластичність та межу продуктивності культури.

Для відображення потенціалу зон, з метою виключення впливу випадкових чинників, був встановлений господарський максимум урожайності культури на засадах екстремальної статистики [90, 348]. Такий еколого-кліматичний підхід демонструє закономірності реалізації потенціалу рослин за впливу на них плідності клімату та антропогенного ефекту.

За результатами розрахунків, найбільш сприятливою для вирощування льону олійного є зона Лісостепу, де господарський максимум культури складає 2,4 т/га. Достатньо високим є потенціал зони Полісся – 2,15 т/га. В умовах зони Степу, де зосереджена переважна більшість посівних площ культури, господарський максимум складає – 1,66 т/га.

Співвідношення між середньою та максимальною урожайністю культури відображає технологічний рівень її вирощування. Найбільш високим він був в зоні Лісостепу – 0,58, тоді як самим низьким в зоні Степу – 0,33.

Співвідношення середньої урожайності та величини господарського максимуму дає уяву про ефективність використання агрокліматичного потенціалу зони. При вирощуванні льону олійного більш повно еколого-кліматичний потенціал реалізується в зоні Лісостепу 0,58 та Степу 0,52. Це свідчить про значні можливості зростання обсягів насіння та соломи льону олійного в усіх зонах вирощування та перспективи подвійного використання його продукції.

Відповідно до біології культури, спеціалізації господарств у головних кліматичних зонах України формується різний сировинний потенціал соломи. Він переважно визначається площею вирощування льону в певній області. Обсяг соломи визначався для фактично досягнутого за період спостереження рівня та, відповідно до регресійної моделі динаміки зміни валового збору насіння, як розрахунковий на наступний п'ятирічний термін.

В даний період найбільший сировинний потенціал соломи льону олійного сформований в Харківській, Херсонській та Миколаївській областях. Однак враховуючи якісні показники, вищій умовний вихід лубу може забезпечити розміщення виробництва в Харківській, Чернігівській Черкаській областях, де погодні умови повніше відповідають біологічним потребам культури. Достатньо високе виробництво лубу, на рівні 666–765 т може забезпечити розміщення переробки у зоні Степу – в Херсонській, Запорізькій та Миколаївській областях.

Враховуючи динаміку збільшення обсягів виробництва льону олійного на найближчі п'ять років, найбільш перспективним є організація підприємств переробки соломи льону олійного в Харківській, Чернігівській, Запорізькій областях (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Фактичні та прогнозовані обсяги соломи льону олійного

Регіони (область)	Середній рівень			Розрахунковий рівень	
	урожайність, т/га	валовий збір, тис. т	умовний вихід лубу, т	валовий збір, тис. т	умовний вихід лубу, т
АР Крим	0,7	4,2	550	10,2	1326
Вінницька	2,1	1,3	258	2,3	456
Волинська	1,4	0,3	65	0,4	94
Дніпропетровська	1,2	2,4	423	4,3	746
Донецька	1,2	0,8	137	2,2	377
Житомирська	2,0	1,8	406	4,6	1025
Запорізька	1,1	4,1	708	9,5	1647
Івано-Франківська	3,2	0,9	203	2,8	606
Київська	2,3	0,9	183	2,7	570
Кіровоградська	1,6	2,4	444	2,7	501
Луганська	1,5	3,6	666	8,7	1614
Львівська	3,0	1,2	265	3,8	872
Миколаївська	1,2	5,1	701	9,5	1311
Одеська	1,2	3,0	409	7,3	1011
Полтавська	2,2	0,6	120	0,6	119
Рівненська	2,0	0,5	118	0,7	148
Сумська	1,8	0,7	155	1,1	234
Тернопільська	2,9	0,1	27	0,1	25
Харківська	2,5	6,4	1283	14,5	2876
Херсонська	1,0	5,5	765	8,5	1174
Хмельницька	3,4	3,0	636	9,0	1932
Черкаська	2,5	4,5	899	4,8	962
Чернівецька	3,2	4,5	886	4,4	884
Чернігівська	2,2	4,7	998	9,7	2054

Проте враховуючи рівномірність поширення культури в межах області, що визначає величину транспортних витрат, найбільш привабливою є зона Степу: Запорізька, Херсонська, Одеська області. За результатами аналітичних досліджень та узагальнення доступної наукової інформації, система глибокої переробки соломи льону олійного за принципами «Зеленої індустрії», може бути побудоване за схемою, представленою на рис 1.1.

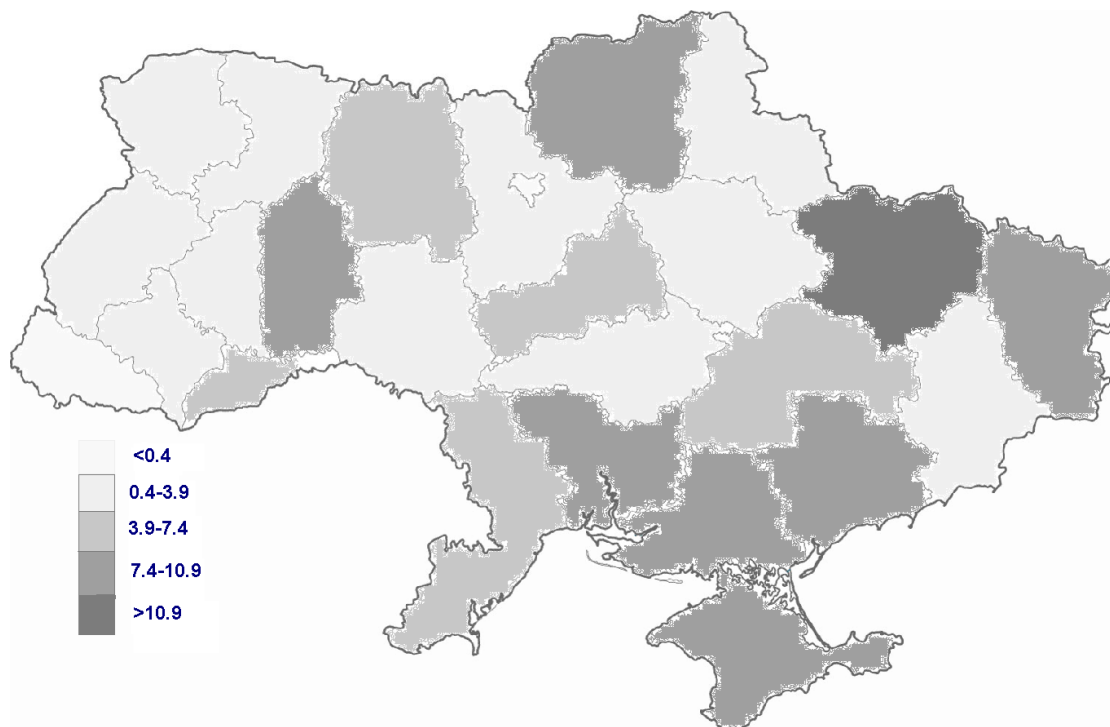


Рис. 1.1 Передбачувані (розрахункові) обсяги соломи льону олійного придатної для переробки в регіонах України на 2018–2023 рр., тис. т.

Відповідно, до обсягів, технологічних характеристик сировини та можливих технологій її збирання, можливі три головні зони з відповідними напрямками інноваційної переробки. В зонах, де загальна довжина стебел льону не перевищує 45 см, а вміст лубу 13% доцільно застосовувати технології збирання зернових культур та використовувати солону для хімічної переробки, виробництва будівельних матеріалів або отримання сировини для целюлозно-паперової промисловості. У регіонах, де загальна довжина стебел складає 45–50 см, при цьому вміст лубу перевищує 16 % доцільно застосовувати технології збирання зернових культур та використовувати солону для вилучення короткого волокна, виробництва будівельних матеріалів, нетканих виробів або виробів целюлозно-паперової промисловості. В зонах де загальна довжина стебла перевищує 50 см, а вміст лубу – 18%, доцільно застосовувати технології збирання льону-довгунця із вилученням короткого волокна для виготовлення

тканих виробів.

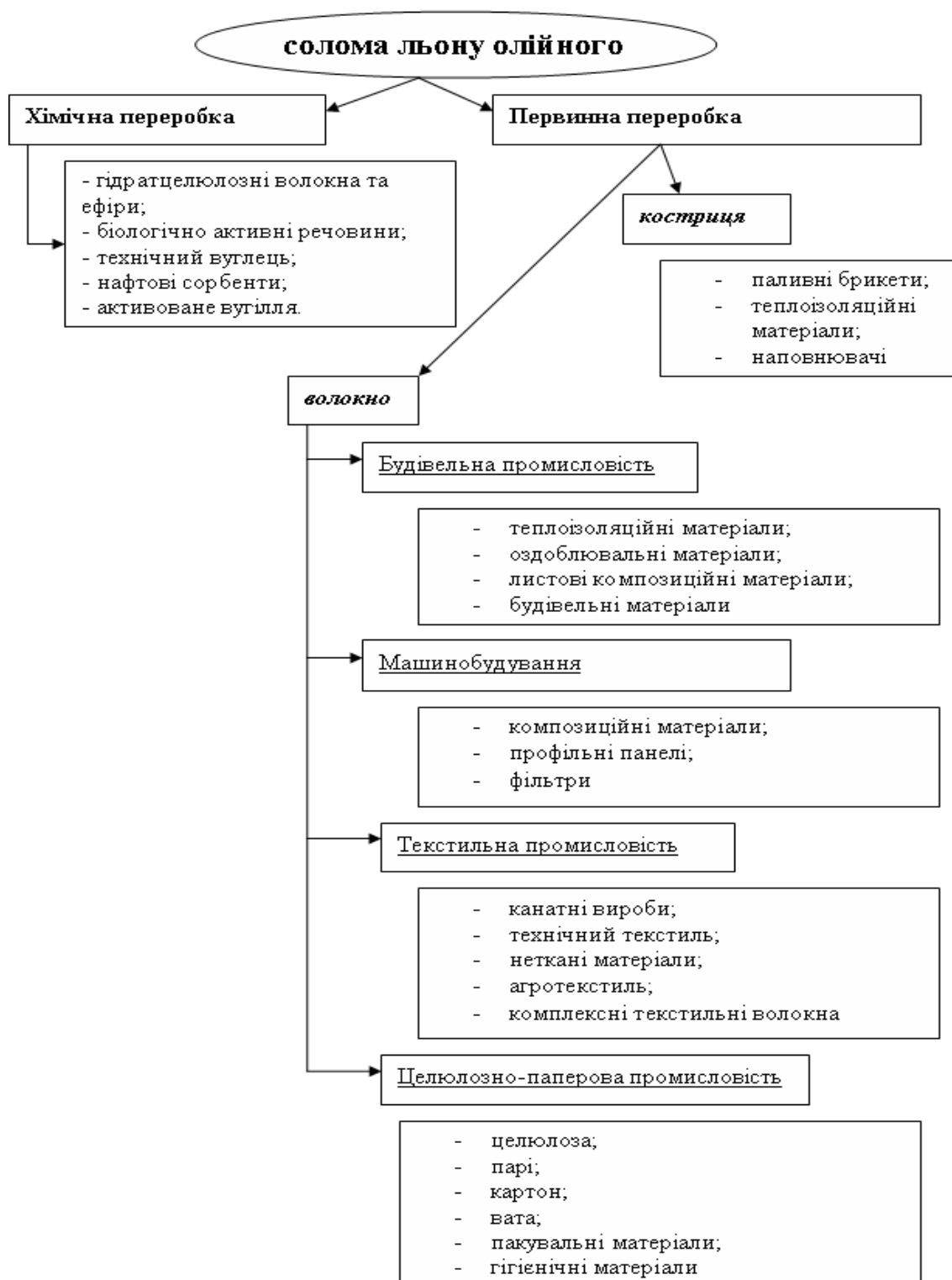


Рис. 1.2 Загальна схема «Зеленої індустрії» глибокої переробки льону олійного

Посіви льону олійного, де загальна довжина стебла нижче 40 см не представляють цінності як сировина для отримання волокна текстильного

призначення, проте можуть бути використані при виробництві будівельних матеріалів та як паливо. За результатами інженерно-економічних розрахунків технологічних ліній вони є прибутковими та залежно від комплектації обладнанням розраховані на переробку 0,8–1 тис. т сировини [159, 379]. Це дозволяє розміщувати такі виробництва безпосередньо в осередках вирощування льону олійного, що зменшуватиме транспортні витрати та вирішуватиме соціальні проблеми, створюючи робочі місця в сільській місцевості.

1.4 Вплив елементів технології вирощування на урожайність льону та якість продукції

Linum usitatissimum L досить вибагливий до попередника, для нього характерна «грунтовтома», а тому передбачається час повернення раз у 5–7 років [123]. Повторне вирощування льону-довгунця зумовлює підвищення забур'яненості на 10,6–44,6%, погіршення структури ґрунту та дещо підвищує кислотність. Проте типовий прояв ґрунтовтоми із зниженням урожайності насіння на 53,5–58,3% та соломи льону довгунця на 39,6–44,4% спостерігається на четвертий рік беззмінного вирощування [77]. Насичення польових сівозмін льоном олійним більше 12–17% спричиняє зменшення врожайності та прибутковості вирощування [80].

Головними вимогами льону до попередників є сприятливий фітосанітарний стан ґрунту, достатні запаси вологи та поживних речовин, наявність часу для формування заходами обробітку ґрунту потрібної будови [139, 145, 225, 226]. Питання щодо його розташування доцільно розглядати із урахуванням зонального поширення культури, оскільки оцінки ґрунтових умов та попередників різняться [184]. Льон олійний та льон-довгунець розміщують переважно після озимих й ярих зернових культур у кращих сівозмінних ланках, зернобобових культур, удобреної картоплі тощо. Однак найвищі врожаї,

особливо на бідних на поживні речовини ґрунтах, отримують при розміщенні льону безпосередньо після багаторічних трав [71, 297, 406].

Льон у зонах достатнього та нестійкого зволоження є цінним попередником для більшості озимих та ярих колосових, інших зернових та технічних культур [64]. Аналізуючи принципи розміщення льону олійного Н. М. Тишков та А. С. Бушнев [373] відмічають, що в зоні нестійкого та недостатнього зволоження льон знижує високе насичення ними сівозмін. У регіонах нестійкого та достатнього зволоження льон олійний вирощують після культур, що пізно збираються (кукурудза на зерно, цукровий буряк, соя, соняшник).

Цінність попередників залежить також від метеорологічних умов. В умовах Омської області в сприятливі роки, більш урожайним був льон, що розміщувався після багаторічних трав та кукурудзи, в посушливі – після пару. При цьому парова озима пшениця, як попередник, поступалася кукурудзі [111].

У зоні недостатнього зволоження вищу врожайність отримують при розташуванні льону олійного після парової пшениці озимої або інших зернових культур у ланці кращих попередників, однак, у вологі роки високу урожайність отримують по пласту одного укосу багаторічних трав [162, 322, 329]. У посушливих умовах Казахстану рекомендують звертати увагу на можливість раннього збирання попередника та забезпечення низького рівня забур'яненості. Крім пшениці «хорошими» попередниками є однорічні бобові, цілина, скиба багаторічного перелогу та багаторічних сіяних трав або другий рік їх використання, пар [388].

На Півдні правобережного Лісостепу України встановлено, що витрати весняних запасів вологи за вегетацію обмежуються метровим шаром й практично не залежать від попередників. У роки із недобором осінньо-зимових опадів найменшими були запаси ґрунтової вологи після кукурудзи й, особливо, буряків цукрових [162].

У лабораторних умовах було встановлено алелопатичний вплив водних витяжок з надземних решток польових культур на схожість насіння й

початковий ріст рослин льону олійного [335]. Схожість льону підвищували водні витяжки решток сої, кукурудзи та гороху. Помітно сповільнювали рештки льону й, особливо, буряків цукрових, а в польових умовах спостерігалось зниження висоти рослин [119].

Найвищу продуктивність посівів льон олійний забезпечує при його вирощуванні після ярих колосових й гороху, без помітного зниження – після гречки, сої й кукурудзи. Небажаним попередником є буряки цукрові, а недопустимі – повторні посіви [120]. Поганими попередниками льону олійного більшість вчених вважають соняшник, рицину, ріпак, сафлор красильний, суданську траву, сорго, зернову кукурудзу [26, 55, 218].

У свою чергу льон олійний – цінний попередник як для ярих, так й для озимих культур [194, 299]. У польових сівозмінах Степової зони України після нього розміщують пшеницю озиму. В умовах Одеської області при урожайності сорту Ніконія по пару 5,25 т/га та гороху 4,71 т/га, урожайність після льону олійного склала 4,15 т/га, тоді як по стерні – 2,88 т/га [165].

У системі обробітку ґрунту виявляються риси зональності, однак різниця стосується переважно заходів основного його обробітку. Узагальнено рекомендують наступні системи основного обробітку: звичайний та покращений зяб; напівпар; пошаровий обробіток; дворазова пошарова оранка; протиерозійний обробіток [33, 57].

У зоні достатнього зволоження під льон-довгунець та олійний, після ранніх попередників переважно застосовують систему напівпарового обробітку, яка забезпечує кращий контроль забур'яненості ґрунту [206]. Класично вона передбачає лущення, полицеву оранку після відростання бур'янів та у подальшому – культивації й боронування. Після культур, що пізно звільняють поле, ґрунт обробляють за схемою звичайного зябу. Основний обробіток ґрунту, полицевий або безполицевий, залежно від умов, проводять переважно на 18–24 см, але не більше, ніж глибина окультуреного горизонту [406].

За результатами дослідження циклічності ростових процесів льону-

довгунця та процесів їх продуктивності В. Г. Дідора [84] рекомендує на дерново-середньопідзолистих оглеєно-супіщаних й сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах здійснювати поверхневе розпушування ґрунту за допомогою дискових знарядь на глибину 10–12 см, тоді як на дерново-глейових, осушених гончарним дренажем, ґрунтах – орати на глибину 20–22 см з наступним рихленням підорного шару на глибину 30–40 см. А. М. Малієнко [215] на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся найбільш доцільним обробітком під льон-довгунець рекомендує дискування на 10–12 см або безполицеве розпушування на глибину орного шару після попереднього дискування.

Наукові дослідження підкріплені виробничим досвідом підтверджують переваги зяблевої оранки порівняно з іншими способами, та веснооранкою, в умовах достатнього зволоження [8, 291].

У зоні нестійкого зволоження рекомендують комбіновану систему обробітку ґрунту. За результатами досліджень М. В. Калієвського [137] зменшення глибини обробітку з 25–27 до 15–17 см спричиняло деяке погіршення умов. Однак дослідник рекомендує проводити полицеву оранку з котком на глибину 15–17 см, або ж замінити традиційний полицевий обробіток глибоким безполицевим розпушуванням [136, 139].

Застосування напівпарового зяблевого обробітку за умов достатнього зволоження забезпечує ефективне знищення малорічних бур'янів. Зяблевий комбінований обробіток ґрунту застосовують за бездощових умов, він є більш дієвим проти багаторічних бур'янів. Глибина основного розпушування ґрунту під льон може коливатися від 14 до 24 см та більше [138, 187].

У зоні недостатнього зволоження переваги при вирощуванні льону олійного має зяблевий комбінований обробіток. В умовах Степу України Т. Г. Товстановська та І. О. Полякова [386] вважають кращим зяблевим обробітком оранку. Переваги зяблевого полицевого обробітку ґрунту над безполицевим в зоні Степу, підтверджені науковими дослідженнями А. М. Крохмалю [185].

На чорноземах звичайних у дослідженнях, проведених Інститутом

олійних культур НААН, відмічено достовірне зменшення урожайності насіння льону олійного на фоні поверхневого обробітку, тоді як різниця між варіантами полицевої оранки та безполицевого розпушування на аналогічну глибину була майже однакова [255].

Незалежно від ґрунтово-кліматичної зони обов'язковим елементом у системі зяблевого обробітку ґрунту є своєчасне та якісне проведення першого, після збирання попередника, обробітку [57, 64, 329]. За наявності багаторічних бур'янів перевагу надають застосуванню системних гербіцидів суцільної дії в комплексі заходів основного обробітку ґрунту [386, 406]. За зведеними даними науково-дослідних установ України, оптимальна щільність будови орного шару, в умовах середнього за зволоженням року, становить для льону на дерново-підзолистих ґрунтах легкосуглинкового й супіщаного гранулометричного складу – $1,20 \text{ г/см}^3$ [187, 227].

На родючих окультурених ґрунтах, рівноважна щільність близька до оптимальної для льону ($1,1\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$) [151]. В таких умовах можливе застосування системи мінімального обробітку ґрунту. Така система знайшла підтвердження в умовах Лісостепової зони України [76, 134, 138].

Вивчення різних систем обробітку ґрунту в провінції Саскачеван (Канада) продемонструвало незначне коливання виробничих витрат при вирощуванні льону олійного. Найбільший чистий дохід був при застосуванні мінімального та нульового обробітку, які сприяли збереженню вологи, проте вимагали збільшення витрат на гербіциди [453].

У дослідях на сільськогосподарській дослідній станції в Сакха АРЕ більш доцільним та економічно обґрунтованим було розпушення ґрунту чизельним культиватором на 13 см [486].

Як крайній прояв мінімалізації обробітку ґрунту під льон олійний можливе застосування технології NO-TILL, однак це потребує узгодження із нормою висіву [125].

У системі «ґрунт – рослина» відбувається як прямий, так і зворотній вплив. Слід зауважити, що в умовах Краснодарського краю Ю. П. Мамирко

[216] спостерігав пряму позитивну дію кореневої системи льону олійного на структуру ґрунту та формування агрономічно-цінних агрегатів, що зумовлювало розуцільнення орного та підорного шарів.

Комплекс передпосівного обробітку включає ранньовесняне боронування та культивуацію, яку краще виконувати комбінованими передпосівними агрегатами типу ККП-6 Кардінал; АПБ-6; Європак 600, Компактор, Комбінатор ЛК-4, Унімат, Україна-АПБ-6, АРВ-8,1-0,2 або застосовувати пряму сівбу з використанням комбінованих посівних комплексів.

При сівбі льону-довгунця гребенистість поля не повинна перевищувати 3–4 см (при роботі зубовими боронами) та більше 2–3 см (при роботі сучасними комбінованими агрегатами). Щільність ґрунту на глибині сівби не повинна бути більшою за 1,0–1,2 г/см³ [406]. Система передпосівного обробітку ґрунту має чітко виражені зональні особливості, щодо часу, тривалості проведення, кількості, глибини обробітків та вибору заходів. В умовах надлишкового зволоження, для прискорення підсихання ґрунту, обробіток може розпочинатися із розпушення на глибину 8–10 см знаряддями дискового або пружинного типу [291].

У посушливих умовах, через швидке наростання дефіциту вологи, комплекс передпосівних заходів обмежений фактором часу. На полях, які відведені під сівбу льону олійного та вирівняні із осені, весною проводять лише культивуацію на глибину 5–6 см, а на решті площ її виконують після ранньовесняного боронування важкими або середніми зубовими боронами. Обов'язковим заходом в посушливих умовах є прикочування ґрунту відразу після сівби [289].

Численними дослідженнями встановлено суттєвий вплив удобрення на урожайність господарсько-цінної продукції як льону-довгунця, так і олійного [19, 25, 164, 219, 509]. Системи мінерального живлення льону-довгунця та льону олійного мають суттєві відмінності, що зумовлені як специфікою ґрунтово-кліматичних зон їх вирощування, так і особливістю спрямування продукційного процесу на отримання основної продукції.

Для льонарських господарств Республіки Білорусь рекомендують застосовувати розрахунковий метод. Так, для отримання запланованого врожаю волокна 0,7–2,0 т/га доза азоту змінюється в межах від 25 до 35 кг/га, фосфору – від 15 до 110, калію – від 40 до 180 кг/га. Рекомендується також коригувати дозу відповідно до попередника [258].

Рівень мінерального живлення має економічну складову, тому в Російській Федерації через інші особливості, рекомендовані дози добрив під льон-довгунець змінюються по азоту 20–60 кг/га, фосфору – 10–90, калію – 0–120 кг/га. Фосфорно-калійні добрива вносять у системі зяблевого обробітку ґрунту, а азотні – у передпосівну культивуацію та підживлення [28].

Кращим співвідношенням N : P₂O₅ : K₂O мінеральних добрив для льону-довгунця в мовах України є 1 : 2 : 3. Орієнтовані дози мінеральних добрив на світло-сірих й дерново-підзолистих ґрунтах легкого механічного складу становлять N_{30–40}P₆₀K_{60–90}, а на сірих середньосуглинкових – N₂₀P₄₀K₆₀. Фосфорні й калійні добрива доцільно вносити під основний обробіток ґрунту або під останню осінню культивуацію, азотні – навесні під передпосівну культивуацію. При локальному та припосівному внесенні значно підвищується окупність добрив, однак вони повинні знаходитися у стабільно вологому шарі [64].

Узагальнюючи агробіологічні основи вирощування льону-довгунця рекомендовані норми добрив складають N_{15–30}P_{30–90}K_{60–105} [84, 224, 415]. Однак рівень мінерального живлення залежить і від попередника та обробітку ґрунту. Так, у зернотрав'яній ланці, де вносили 30 т/га гною під пшеницю озиму по скибі багаторічних трав, найвищими економічними показниками були за внесення під льон-довгунець добрив нормою N₁₅P₄₅K₆₀ [33].

Порівнюючи продуктивність нових сортів льону-довгунця та льону олійного на дерново-середньопідзолистих пилувато-супіщаних ґрунтах зони Полісся України О. М. Дрозд [99] рекомендує під ці культури вносити мінеральні добрива із розрахунку N₁₅P₆₀K₉₀. За таких умов були отримані найвищий урожай насіння, волокна та досягнуті кращі економічні результати

вирощування.

Проте динаміка асиміляційних процесів, споживання елементів живлення посівами льону олійного мають деякі відмінності. Досліди вчених Німеччини доводять подібність динаміки накопичення сухої речовини в льону-довгунця та льону олійного. Однак за рахунок більшої частки насіння у масі льону олійного зростає вміст азоту та фосфору у надземній масі, порівняно з льоном-довгунцем. Споживання калію, кальцію та азоту із ґрунту переважало у льону-довгунцю, тоді як фосфору та магнію – було однаковим [442].

Система мінерального живлення льону олійного об'єктивно має особливості. На відміну від льону-довгунця, який є провідною культурою сівозмін, льон олійний належить до так званих «нішевих культур», а тому розташовується так, щоб використовувати післядію добрив внесених під основну, переважно, зернову культуру. Тому більшість науковців, опираючись на зональні рекомендовані дози, визначаючи норми добрив, враховували також особливості попередника та його удобрення. В умовах Полісся України, за даними польових досліджень, ефективнішою нормою добрив є внесення $N_{34}P_{80}K_{90}$, за рахунок якої урожайність насіння льону олійного підвищувалася на 0,09–0,13 т/га [420]. На чорноземах південного Лісостепу Західного Сибіру Г. Н. Кузнецова [190], при вирощуванні льону олійного у паровій ланці після зернових культур, рекомендує дозу добрив $N_{60}P_{90}K_{90}$. При цьому оптимальним, на думку автора, є рівень вмісту елементів живлення у ґрунті: N – NO_3 – 11,0–15,0 мг/кг (шар 0,4 м) P_2O_5 – 175–190 та K_2O – 250–300 мг/кг (шар 0,2 м).

На вилугуваних чорноземах передгірної зони Кабардино-Балкарії підвищення норми азоту вище N_{60} на фоні внесення $P_{60}K_{30}$ було недоцільним [416]. У зоні нестійкого зволоження на чорноземних ґрунтах Алтайського Краю максимальний урожай насіння (1,25 т/га) отримали при сумісному внесенні 0,025 т/га аміачної селітри та 0,2 т/га азофоски. Ефективність окремих видів добрив, у тому числі органо-мінерального, була на однаковому рівні [13]. На темно-каштанових легкосуглинкових малогумусних ґрунтах Алтайського краю при вирощуванні льону за безвідходної технології рекомендовано вносити

перед сівбою N_{25} , що забезпечувало врожайність насіння 1,15–1,38 т/га, соломки – 1,45–2,05 т/га, волокна – 0,26–0,27 т/га [416].

В умовах Краснодару на вилугуваному чорноземі з підвищеним вмістом азоту, фосфору та калію максимальна врожайність насіння льону олійного (1,25–2,3 т/га) отримана за сівби у третій декаді березня та внесення під культивування зябу N_{30} або $N_{30}P_{30}$. Повне мінеральне добриво було менш ефективним, однак проявлялася висока ефективність азотного позакореневого підживлення сечовиною. Найвищі показники чистого прибутку та рівня рентабельності були за внесення N_{30} під культивування зябу із підживленням N_{30} у фазу ялинка. Подібні результати отримані також на світло-каштанових ґрунтах Ставропольського краю, де доцільним було внесення лише азотних та фосфорних добрив $N_{30}P_{30}$ [374].

При вирощуванні льону олійного на вилугуваному чорноземі в умовах нестійкого зволоження з економічної точки зору найбільш ефективними виявилися варіанти внесення доз мінеральних добрив: $N_{42}P_{56}K_{34}$, визначеної розрахунковим способом за методикою В. В. Агеева [176], та $N_{90}P_{60}K_{20}$, яка була розрахована на отримання максимального врожаю. Вони збільшували врожайність порівняно із контролем на 34 та 38%, а рентабельність – відповідно на 15 та 9%.

На чорноземах Північного Казахстану внесення амофосу при сівбі дозволило збільшити польову схожість, тоді як збереженість рослин зростала за внесення аміачної селітри, особливо у посушливий рік. Зростання врожайності відбувалося незалежно від умов зволоження року [393].

На лучно-каштанових зрошуваних ґрунтах Передгірної пустельно-степової зони Казахстану у ланці плодозмінної сівозміни при середній забезпеченості азотом, низькій – фосфором та середньовисоким – калієм вищий урожай 2,19 т/га продемонструвала мінеральна система (розрахункова норма $N_{75}P_{70}K_{45}$), а із органічних – післядія внесення 30 т/га гною – 2,12 т/га. Застосування біогумусу та соломи забезпечувало урожайність насіння на рівні 1,94 та 1,76 т/га, відповідно [22].

У незрошуваних умовах півдня України на темно-каштановому середньо-суглинковому ґрунті кращим був режим живлення на фоні застосування розрахункової дози мінеральних добрив ($N_{105}P_{10}K_{20}$) та внесення $N_{60}P_{60}K_{30}$. Одержання максимального врожаю насіння 1,67 т/га та соломи 3,64 т/га забезпечило застосування розрахункової дози мінерального добрива. Близькі врожаї, відповідно 1,49 та 3,39 т/га формуються при внесенні $N_{60}P_{60}K_{30}$ [31].

Узагальнюючи, можна зазначити, що межа економічно обґрунтованого фону мінерального живлення при вирощуванні льону олійного в польових сівозмінах на Півдні України становить $N_{45-60}P_{40-60}K_{30-40}$ [218, 289].

Льон – дрібнонасінна сільськогосподарська культура ярого типу, що зумовлює направленість технології посівного комплексу. Обґрунтування строку сівби повинно враховувати особливості динаміки температури повітря, ґрунту, наростання дефіциту вологи, вірогідності повернення холодів тощо. Об’єктивними підставами для раннього строку сівби є початок проростання льону за температури 3–5°C та висока холодостійкість культури [18, 354].

Однак механізми впливу строку сівби є більш багатосторонні й стосується стадійного розвитку, формування різних ґрунтових режимів тощо. Оптимальними умовами для сівби льону-довгунця вважається прогрівання ґрунту на глибині 5–10 см до температури 7–8°C [66, 264]. Хоча при запізненні із сівбою якість соломи погіршується. Для оптимізації процесу збирання та використання збиральної техніки тривалість сівби свідомо подовжують до 20 діб, формуючи конвеєр [406].

Зміщення періоду вегетації культури на більш пізній, із жорсткішим температурним режимом, призводить до пригнічення рослин, скорочення міжфазних періодів із відповідними негативними наслідками, особливо у посушливі роки [252]. Дослідження, проведені в Інституті олійних культур на чорноземах звичайних свідчать про зростання водоспоживання за пізніх строків сівби на 358 м³/га, зменшення урожайності – із 2,09 до 1,15 т/га та відповідно підвищення коефіцієнту водоспоживання – в 1,69 рази [261].

Досліджуючи, в умовах передгірної зони Кабардино-Балкарії сівбу з

межею температур від 4 до 12°C Р. И. Шамурзаев [416] виявив переваги сівби при прогріванні ґрунту на глибині заробки насіння до 6–8°C. Численними дослідженнями в різних зонах встановлено, що ранні строки сівби льону олійного забезпечують максимальний врожай й орієнтовно співпадають із сівбою ранніх ярих культур [270]. Час оптимальні сівби визначається умовами отримання сходів. У зонах кращого вологозабезпечення переваги має сівба слідом за ярими зерновими культурами [218, 283, 289, 411], тоді як у зоні Степу – дещо раніше, при переході ґрунту до стану фізичної стиглості, тобто одночасно із сівбою цих культур [14, 63, 256].

Біологічно льон здатний до галуження, однак його вплив на продуктивність посіву незрівнянний із потенціалом зернових колосових культур, через що для нього є дуже важливим формування оптимально загущеного та рівномірного стеблостою [307].

Структура посіву льону-довгунця та олійного суттєво різниться. Для підвищення якості соломи льону прядивного формують щільний стеблостій, тому його висівають вузькорядно нормою, що забезпечує на час збирання оптимальну густоту, яка досягає 26–30 млн рослин/га [406].

Тому в умовах Білорусії рекомендується норма висіву виходячи із розрахунку 20–26 млн шт./га [264]. Для зони Полісся України рекомендованою є норма висіву 22–25 млн схожих насінин на гектар [23]. За таких умов формується оптимальний фенотип рослини, урожайність соломи та якість волокна підвищується, а одна рослина формує від однієї до трьох коробочок [240].

Для льону олійного призначення це є неприйнятним. Формування високого врожаю можливе за густоти стояння 100–200 рослин/м². Однак для зниження засміченості бур'янами рекомендоване загущення вище 400–500 рослин/м² [42]. Згідно з дослідженнями, які були проведені В. В. Лихочвор [206] найвищий врожай насіння формується при густоті стояння на час збирання 300–500 шт./м². При використанні культури для отримання як олії, так і волокна, норму висіву рекомендовано збільшувати на 10–15 кг, що

еквівалентно загущенню 500–700 шт./м².

У рекомендаціях ВНПМК оптимальною густотою посіву вважається 500–700 шт./м² (мінімальна 400 шт./м²), що відповідає нормі висіву 7–8 млн шт./га (50–60 кг/га) [373].

Для отримання переважно одностеблових рослин, що важливо для льону-довгунця та льону-межеумку при подвійному використанні, конкуренція у фітоценозі повинна розпочинатися рано, щоб подавити ріст пазушних бруньок сім'ядолей та нижніх листків [110].

За результатами досліджень ВНПМК підвищення норми висіву з 40 до 60 кг/га в період базального галуження формувалось настільки інтенсивне конкурентне середовище, що практично усі рослини були одностебловими. При цьому густина стояння на час повних сходів складала відповідно 470 та 586, а на час збирання – 370 та 450 шт./м² [244].

В умовах Кустанайської області Республіки Казахстан льон олійний рекомендовано висівати суцільним способом нормою висіву 6–7 млн схожих насінин на гектар, однак у роки з високим рівнем природного вологозабезпечення доцільне підвищення норми висіву до 7,5 млн шт./га [81]. В умовах Передгірної зони Кабардино-Балкарії вищою урожайністю та збір олії були за норми висіву 7 млн шт./га [416].

Норма висіву насіння у більшості випадків, залежно від ґрунтово-кліматичних умов, часу та способу сівби, змінюється у межах від 4 до 6 млн шт./га [133, 147, 177, 293, 420], хоча, у окремих випадках, – навіть менше 3 млн шт./га [249].

Характеризуючи технологію вирощування культури в умовах України Т. Г. Товстановська, І. О. Полякова [386] рекомендують рядову сівбу із міжряддям 15 см, нормою висіву 4–5 млн штук схожого насіння на 1 га, (30–40 кг/га) на глибину 3–5 см.

На думку О. Масляного [218] льон олійний потребує раннього строку сівби, після завершення сівби ранніх ярих культур, початку сівби цукрових буряків, з аналогічним міжряддям, нормою 7 млн шт./га При цьому в ранні

строки норма може бути зменшена до 5 млн шт./га, тоді як у пізні – збільшена до 9 млн шт./га.

В умовах степового Криму на чорноземах південних малогумусних Л. Е. Арсланова [14] рекомендує звичайну рядову сівбу льону олійного нормою висіву 5 млн шт./га, а в умовах Одеської області Ю. М. Гобеляк – норму висіву 6–6,5 млн шт./га [63].

В Інституті олійних культур НААН, досліджуючи вплив зміни норми висіву льону олійного сорту Водограй із 3 до 9 млн шт./га Оккерт А. В. [243] відзначала найвищу врожайність та збір жиру за норми висіву 6 млн шт./га.

Вивчаючи агротехнічні заходи вирощування льону олійного при зрошенні в умовах півдня України Г. О. Минкіна рекомендує звичайну рядову сівбу нормою висіву 9 млн шт./га [258].

Існує думка, що льон олійний здатний коригувати свою продуктивність, це допускає використання суцільної рядової, вузькорядної, перехресної, стрічкової та широкорядної сівби [244, 475, 509].

Однак, проводячи дослідження на чорноземах південних Одеської області Ю. М. Гобеляк прийшов до висновку, що звичайний рядовий спосіб дає прибавку порівняно із двострічковим на 0,4 т/га, та широкорядним (на 45 см) – на 0,71 т/га [63]. Про переваги зменшення ширини міжряддя свідчить більшість наукових робіт, у тому числі, проведених в подібних ґрунтово-кліматичних умовах [189, 220, 403]. Недоліком перехресного способу сівби є додаткові витрати та ускладнення скошування такого стеблостою при збиранні. Широкорядні посіви мають перевагу лише на забур'яненних полях та при вирощуванні органічної продукції.

Догляд за посівами льону може передбачати досходове та післясходове боронування легкими зубовими боровами, захист від шкідливих організмів та підживлення [256]. Дослідження Інституту олійних культур НААН свідчать, що боронування посівів у фазу ялинки, зменшуючи густоту стояння рослин при рядовій сівбі на 0,24–0,26 млн шт./га, а при перехресній на 0,26–0,69 млн шт./га, призводить до підвищення урожайності насіння на 0,043 та 0,040 т/га [222].

Економічний поріг шкодочинності бур'янів у посівах льону-довгунця складає 10–20 шт./м² малорічних та 1–3 багаторічні рослини. За наявності 5 бур'янів/м² втрати врожаю складають 0,9%; 10 шт./м² – 1,8; 15 шт./м² – 2,7; 25 шт./м² – 4,7 а 50 шт./м² – 8,5% [21].

Конкурентоспроможність льону олійного є достатньо високою за слабого ступеня забур'яненості злаковими бур'янами (9–10 шт./м²), амброзією, щирицею, канатником (3–5 шт./м²). При більшій забур'яненості, особливо амброзією понад 40 шт./м², стійкість різко зменшується, що спричиняє зрідження посівів, погіршення структури та недобору до 40% врожаю [375].

Дослідженнями А. А. Дряхлова [102] встановлено, що критичний період відносно забур'яненості у льону олійного виражено проявляється на 30 добу після появи сходів, через збільшення їх біомаси та посилення конкуренції за фактори життя.

Про переваги вибіркового застосування гербіцидів на посівах льону в системі інших, заходів відповідно до погодних умов року, попередника та типу забур'яненості свідчать також інші дослідження [65, 119, 407].

Повільний ріст стебла протягом фази ялінка пов'язаний зі слабкою реакцією льону на ростові речовини, наслідком чого є висока, для двосім'ядольних видів, стійкість льону до дії гербіцидів [111]. Якщо висота рослин перевищує 10 см, стійкість до гербіцидів різко знижується [1, 124]. Грамініциди не проявляють такої токсичної дії, однак бакові суміші препаратів мають вищу токсичність, а тому перевагу необхідно надавати їх роздільному застосуванню [64]. Фізіологічно льон олійний значно стійкіший прядивного до обробки синтетичними аналогами ауксину, що дозволяє застосовувати вищі дози у більш широкому діапазоні часу [111].

Заходи боротьби з бур'янами льону олійного можуть включати боронування сітчастими або легкими боронами при висоті рослин 5–8 см, що є побічним захистом [411]. Вирощування льону за технологією широкорядної сівби передбачає проведення протягом вегетації культури 2–3 міжрядних культивацій на глибину 6–8 та 8–10 см, що актуально з позиції органічного

виробництва [14]. У дослідженнях І. І. Синягіна [346] спостерігалось скорочення кількості бур'янів у посівах із міжряддям 45 см відносно звичайних рядових (на 15 см) із 144 до 86 шт./м².

За низького забезпечення ґрунту макро- та мікроелементами та високого рівня продуктивності льон олійний позитивно реагує на підживлення у фазі ялинки та бутонізації .

На сірих лісових ґрунтах підживлення дозою N₁₅ на фоні N₃₀P₆₀K₉₀ супроводжувалося збільшенням кількості коробочок на рослині, внаслідок чого зростала індивідуальна продуктивність та була досягнута найвища урожайність (1,78 т/га) у сорту Ківіка та 1,91 т/га – у сорту Блакитно помаранчевий [52].

На фоні низького забезпечення ґрунту фосфором у фазу ялінка можливе проведення підживлення суперфосфатом(0,15 т/га), що, на нашу думку, доцільне лише за наявності вологи у верхньому шарі ґрунту [347]. Технологія збирання льону-довгунця та льону олійного суттєво відрізняються. Для збереження повної довжини стебла льон-довгунець збирають бранням (висмикуванням рослин), тоді як олійний звичайним скошуванням. Тому технічне забезпечення збирання культур різне.

Головною проблемою збирання льону-довгунця є досягнення балансу між двома протилежним процесами – отримання якісного льоноволокна та якісного насіння, оскільки фізіологічна стиглість насіння та волокна досягається неодноразомно [241]. Наразі відомі три принципові технології збирання льону олійного: снопова (у селекційній роботі); комбайнова; роздільна, у межах яких можуть бути певні відмінності пов'язані із часом проведення, послідовністю та розбіжністю технологічних процесів збирання та первинної обробки сировини. Найбільш перспективними є технології комбайнового та роздільного збирання льону-довгунця [104, 160].

Комбайнова технологія передбачає брання льону із одночасним очісуванням насінневих коробочок та розстиланням стебел у стрічку або в'язанням у снопи для поточної реалізації, яка базується на використанні льонокомбайнів ЛК-4А, ЛКВ-4А (ЛКУ-1,5) та інших модифікацій [72].

Технологія роздільного збирання передбачає брання льону, розстилання його в стрічки по полю, а за мірою його підсихання піднімання маси та очісування насінневих коробочок з одночасним розстиланням стрічки соломи на льонищі. Вона передбачає використання льонобралки ТЛН-1,5А (ЛНБ-1,5) й підбирача-молотарки стрічок ПМЛ-1.

Організаційно у процесі збирання, залежно від погодних умов, обсягів збирання та інтенсивності дозрівання, послідовно застосовують роздільну та комбайнову технології в так званій комбінованій. Наприкінці фази зеленої стиглості та в ранній жовтій стиглості льон-довгунець рекомендовано збирати за роздільною технологією, тоді як у подальшому – за комбайною [87]. Вибір технології зумовлений погодними умовами та прагненням провести збирання льону у фазі найвищої якості волокна та досягнення найкращих економічних результатів.

Відома також, спрямована на отримання довгого волокна, роздільна технологія європейського типу, що передбачає вилежування необмолоченого льону та збирання його у рулони [107]. Обмолот чи обчісування льону проводиться на льонопереробних підприємствах безпосередньо перед первинною обробкою соломи.

Розстелена льоносоломка вилежується протягом 15–25 діб коли під дією тепла, вологи та світла за допомогою мікроорганізмів відбувається відділення волокна від деревини, що перетворює соломку на тресту. Аеробні гриби *Cladosporium herbarum* розкладають пектинові речовини, що склеюють волокнисті пучки з тканинами стебла, а сонячне проміння сприяє відбілюванню волокнистого шару. Найкращі умови для діяльності грибів складаються за температури 16–18°C й вологості повітря 60%, при періодичному обертанні стрічки. Треста для транспортування збирається в снопи або рулони [86]. Технології, що передбачають лише отримання короткого волокна включають скошування та обмолот насіння із застосуванням аналогів зернозбирального комбайну. Підсушені стебла льону у вигляді валка соломи збираються та транспортується в рулонах на переробні підприємства. За подібною схемою із

відповідними модифікаціями може проводитися збирання посівів низькоякісного та зрідженого льону-довгунця.

Взагалі відмінностями технології збирання льону-довгунця є складність та багатоступінчастість операцій, необхідність спеціального технічного забезпечення та різниці у часі проведення. Однак окремі технологічні ланки можуть бути взяті для побудови технології збирання льону олійного подвійного використання [35, 84, 192, 209, 319]. Льон олійний у зоні основного вирощування, подібно до зернових колосових культур, збирають за прямою та роздільною технологіями. Цьому сприяє стійкість культури до осипання при так званому «перестої». Пряме комбайнування застосовують у фазі повної стиглості на чистих, одночасно дозріваючих полях, та у випадку опадів протягом збирання. При повному дозріванні насіння його вологість складає близько 12%, а стебел – може досягати 40% та більше, внаслідок чого стебла погано зрізуються й намотуються на обертові частини комбайна.

Якщо льон відновлює вегетацію, то при високій забур'яненості рекомендують проведення десикації або роздільне збирання. Роздільне збирання виконують у фазі біологічної стиглості рослин, коли відбувається побуріння 75% коробочок. У цей час вологість насіння складає 20–25%, коробочок – 40–45, стебел до 60% та більше, при цьому маса насіння й олійність сягає максимуму. Втрати вологи масою, скошеною у валок, більші, ніж при дозріванні на пні. З позиції використання насіння краще збирати льон олійний роздільним способом, оскільки при прямому комбайнуванні можливі втрати врожаю внаслідок поганого вимолочування недостиглих коробочок та небезпеки зігрівання вороху [326, 397].

За даними В. Б. Ковальова та інших [163] для збирання льону в зоні Полісся допустимо використання льонокомбайну ЛК-4А для прямого комбайнування, роздільного збирання, однак урожайність насіння за комбайнової технології є вищою на 1,13–0,23 т/га.

Аналізуючи відомі технології збирання та післязбиральної обробки льону І. М. Дударев [463] в умовах Західного Полісся України для збирання льону

олійного подвійного споживання пропонує застосовувати комбайнову та комбіновану технології для льону-довгунця із відповідним технічним забезпеченням. Ним виділено також нові комбайнова та комбінована технології.

Нова комбайнова технологія включає комбайнове зрізування або брання стебел, формування стрічки паралельних стебел та обмолочування. Стрічка після плющення розстиляється для вилежування, а насіння проходить первинне очищення. Плющення сприяє рівномірному вилежуванню та прискорює процес перетворення соломи в тресту, чому також сприяє її ворущіння. Готову сировину підбирають та формують у рулони чи тюки, готові для зберігання та переробки.

Нова роздільна технологія передбачає брання льону та формування стрічки стебел, де відбувається підсушування маси та дозрівання насіння. Льонопідбирач-молотарка піднімає масу рослин, відрізає суцвіття із коробочками від стебла та обмолочує їх, розстиляючи стебла на полі. У подальшому технологічні операції нової комбайнкової та комбінованої технологій тотожні [107].

Відсутність спеціалізованої техніки в зоні Степу робить такі рекомендації неприйнятними, тому технологія подвійного використання льону олійного повинна базуватися на наявній серійній зернозбиральній базі.

Висновки до розділу 1

1. Льон культурний (*L. Usitatissimum*) рослина-космополіт із широким ареалом розповсюдження, тривалою історією вирощування та різностороннього використання. Під впливом спрямованого добору, відбулася диференціація двох виробничо-технологічних груп культури – довгунцевої та олійної, відмінності між якими посилюються технологічними заходами та зонально-територіальним розміщенням. Льон олійний – господарський термін, що включає два підвиди – межеумки (*Linum usitatissimum* L. subsp. *Intermedium*), що має більше значення, та кучерявці (*Linum usitatissimum* L. subsp. *Humile*).

Внаслідок схрещування, сильної реакції на зовнішнє середовище відсутній чітко виражений поділ цих підвидів. Загущення, вологозабезпечення, температурний режим та зміна тривалості світлового дня у розрізі географічних широт істотно впливають на анатомічні та морфологічні параметри рослин.

2. Льон культурний, відповідно до агрокліматичних зон та умов вирощування, проявляє великий поліморфізм щодо анатомічних, морфологічних та фізико-технологічних параметрів, що сприяє використанню одночасно його основної та побічної продукції. Луб'яниста та олієнасінна продуктивність рослин льону формується в різні періоди органогенезу і має різні межі значень оптимальних параметрів. Анатомічно стебла льону культурного мають подібну будову та відрізняються виключно кількісними ознаками.

3. Технології вирощування виробничих груп льону культурного спрямовані на формування рослин із протилежними морфологічними параметрами та технологічними властивостями вибором сортового складу, способами формування стеблостою та технологією збирання. Технічні можливості вирощування та збирання льону олійного за класичною технологією наявні в усіх агроекономічних зонах України, тоді як льону довгунця – в зоні його поширення. Довгунцева та олійна групи льону дещо різняться за морфологічними ознаками насіння та вмістом олії, проте насіння має подібні споживчі властивості. Їх солома має суттєві лінійні та технологічні відмінності й потребує спеціальних технологій збирання й переробки.

4. В Україні відбувається стагнація виробництва льону – довгунця та поживлення виробництва льону олійного. Льон низький є другорядною «нішевою» олійною культурою, що використовують як «страхову». За площею та валовим збором насіння головними регіонами його вирощування є Степова та Лісостепова зони, де зосереджено 69,9 та 20% площі посіву. За комплексом ознак: середня урожайність культури; коефіцієнт варіації урожайності; фактична та розрахункова максимальна урожайність; відсоток загибелі посівів; відповідність ґрунтово-кліматичних умов; найбільш сприятливими для

вирощування є умови зони Лісостепу, тоді як зона Степу є для культури екстремальною. Льонарство для економіки України має стратегічне значення, оскільки забезпечує сировинну незалежність, сприяє зайнятості і зростанню доходів населення сільських регіонів, задовольняє міжнародний попит на природні, екологічно чисті продукти. Наявні обсяги вирощування льону олійного в Україні дозволяють організовувати переробку його соломи. Із агроекологічних позицій льон олійний у системах землеробства є фактором екологічної стабільності та важливим джерелом білково-олійної сировини, що обумовлює його наявність у сівозмінах. Зміщення вирощування льону олійного із Півдня на Північ зумовлює зменшення співвідношення стебло/насіння, збільшення в стеблах вмісту лубу та його міцності, що підвищує цінність соломи як сировини.

5. Великобританія, США, Канада, Іспанія, Чехія, Франція оцінюють льон, як перспективне джерело целюлозомісткої сировини для хімічної, харчової, медичної промисловостей та виготовлення матеріалів із високою енерговіддачею у процесі згорання. Інноваційні розробки вітчизняних вчених в сфері «Зеленої хімії» та технологічний потенціал галузі дозволяють технічно переробляти солону льону олійного з метою вилучення та подальшої переробки лубу. Встановлено, що в зонах, де загальна довжина стебел льону не перевищує 45 см, а вміст лубу 13% доцільно застосовувати технологію скошування, з мінімальною висотою зрізу, та використовувати солону для хімічної переробки, виробництва будівельних матеріалів або отримання сировини для целюлозно-паперової промисловості. В умовах, коли загальна довжина стебел складає 45–50 см, а вміст лубу перевищує 16% технологія скошування дозволяє використовувати солону для вилучення короткого волокна, виробництва будівельних матеріалів, нетканих виробів або виробів целюлозно-паперової промисловості. У регіонах, де загальна довжина стебла перевищує 50 см, вміст лубу перевищує 18% доцільно застосовувати технології збирання льону-довгунця для вилучення короткого волокна та виготовлення тканих виробів. Посіви льону олійного, де загальна довжина стебла нижче 40 см не

представляють цінності як сировина для отримання волокна текстильного призначення, але можуть бути використані при виробництві будівельних матеріалів та як паливо.

Технологія вирощування льону олійного подвійного використання в Україні відсутня, а технологічні аспекти проблеми досліджені недостатньо.

Таким чином, аналіз літературних джерел дозволяє зробити висновок про те, що продуктивність льону олійного залежить від впливу багатьох природних та агротехнологічних чинників. Недостатньо вивченими питаннями є: підбір сортового складу для незрошуваних і зрошуваних умов, ефективність застосування штучного зволоження на різних фонах живлення, структури фітоценозу льону олійного подвійного призначення; вплив строків сівби та норми висіву на урожайність льону олійного; вивчення впливу технологій збирання на урожайність та якість продукції льону. Необхідність науково-теоретичного обґрунтування та розробка технології вирощування льону олійного подвійного призначення на незрошуваних і зрошуваних землях півдня України обумовило проведення досліджень, результати яких відображено в дисертаційній роботі.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Агроекологічні аспекти вирощування льону в різних ґрунтово-кліматичних зонах України

Реалізація екологічних підходів у практиці аграрного виробництва є одним з основних принципів сучасних систем землеробства. Технології подвійного використання льону олійного за змістом є орієнтацією на екологічні та соціальні цінності, що відповідає загальносвітовим принципам побудови «зеленої» економіки, передбачає перехід на низьке споживання вуглеводних матеріалів, збільшення використання джерел відновлювальної сировини та енергії, зниження залежності економіки від не відновлюваних ресурсів.

Впровадження льону олійного в польові сівозміни має важливе екологічне спрямування, оскільки дозволяє зменшити частку соняшника, забезпечує попередниками озимі культури, розширює видовий склад вирощуваних культур із відповідним наслідками.

Розміщення сільськогосподарських культур відповідно їх біологічних вимог до ґрунтово-екологічних умов, забезпечує вищу ефективність використання природних ресурсів. Родючість є однією із найбільш узагальнюючих ґрунтово-екологічних функцій, що у взаємодії із сукупністю кліматичних та технологічних факторів впливає на формування біомаси рослин, проявляючи значну просторову мінливість.

Рослини у відповідь на несприятливі зміни екологічних факторів (посуха, екстремальні температури, засолення та осолонцювання ґрунту) реагують структурними та метаболічними змінами, що відображається на їх продуктивності. Головною причиною загибелі рослин при дії абіотичних є порушення водного балансу. Льон олійний відносять до культур раннього висіву, тому рослини можуть піддаватися негативному впливу холоду. Однак льон, що культивується у степовій зоні, впродовж вегетації зазнає

систематичного впливу посухи та підвищеної температури, а у деяких випадках і засолення. Проте стійкість до несприятливих екологічних факторів, хоча є генетично зумовленою ознакою, суттєво змінюється протягом онтогенезу.

Льон олійний надзвичайно пластична культура, що дозволяє вирощувати його практично в усьому різноманітті ґрунтово-кліматичних умов України. У межах Східноєвропейської частини зоною його можливого вирощування є території південніше 55° Північної широти із помірно-континентальним та континентальним кліматом. Це території включно від південної частини зони Полісся до аридних зон Сухого Степу на навіть напівпустель. При цьому урожайність культури та економічна ефективність вирощування зменшуються. Ареали його вирощування зустрічаються в Республіках Казахстан, Киргизстан, Таджикистан та Узбекистан. Цьому сприяє короткий період вегетації культури, який не перевищує 120 днів, низькі потреби культури в у сумі активних температур. Потреба льону олійного в теплі у період сівба-достигання на широті 50° складає $1400\text{--}1500^{\circ}\text{C}$ суми біологічних температур; $1600\text{--}1700^{\circ}$ суми біокліматичних температур. У середньому реакція рослин на тривалість дня становить міну с 6°C суми температур на 1° широти (за Д. І. Шашком). Мінімальна температура проростання насіння льону складає $3\text{--}5^{\circ}\text{C}$, тоді як оптимальною для посіву вважають температуру $5\text{--}6^{\circ}\text{C}$ (за М.Ф. Цупенко). Нижньою межею стійкості для сходів є температура -2° , фази ялінка до $-3\text{--}5^{\circ}$; цвітіння – $1\text{--}2^{\circ}$; достигання – $2\text{--}4^{\circ}\text{C}$ (за В.Н. Степановим).

Біологічний мінімум температури періоду появи сходів і формування вегетативних органів складає $5\text{--}6^{\circ}\text{C}$; формування генеративних органів $10\text{--}12^{\circ}\text{C}$. Оптимальні середньодобові температури у фазі сходів $9\text{--}12^{\circ}\text{C}$, ялінки – $12\text{--}16^{\circ}\text{C}$, цвітіння – $16\text{--}18^{\circ}\text{C}$. Сума ефективних температур для періоду сівба-сходи складає 60°C , сходи – початок цвітіння – $420\text{--}440^{\circ}\text{C}$, цвітіння – повна стиглість – $410\text{--}430^{\circ}\text{C}$. Таким чином теплові ресурси та динаміка температур всієї території держави, за виключенням гірських систем України, придатні для вирощування льону олійного.

Льон рослина довгого світлового дня, її розвиток прискорюється за 16--

18-ти годинного освітлення. За даними УкрНДГМІ тривалість сонячного сяйва теплого періоду змінюється у напрямку із Північного заходу на Південний Схід від 1300 до 1900 годин, із річним коливанням від – 30 до +70 годин [383], що є достатнім для росту та розвитку льону олійного. Тривалість сонячного сяйва пов'язана із радіаційним режимом території. Надходження ФАР за період із температурами вищими за 5⁰С залежно від зони складає 1600–2150 МДж/м² [336]. Такі ресурси ФАР, при коефіцієнті використання 3%, забезпечують максимальну біологічну врожайність на рівні 36–60т/га в зоні Полісся, 45–67 т/га в зоні Лісостепу та 50–75 т/га в зоні Степу [76]. На збільшення приходу сонячної радіації рослини льону культурного реагують посиленням галушення, а кількість жиру в насінні зростає.

За відношенням до вологості ґрунту льон олійний належать до мезофільно-ксерофільної екологічної групи, що пристосований до нерівномірного зволоження кореневмісного шару ґрунту за помірного або незначного промочування його опадами й талими водами. За амплітудою змінності зволоження ґрунту це геміевритопна екологічна група [259].

У різних ґрунтово-кліматичних зонах України формується різний агропотенціал щодо вирощування льону олійного, який залежить від родючості ґрунтів, метеорологічних чинників, зокрема гідротермічного коефіцієнту та кількості атмосферних опадів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Прогнозований агропотенціал льону олійного за природної та ефективної родючості ґрунтів у степовій зоні України

Зона	Переважаючий тип ґрунт	ГТК v-ix	Опади xI-III	Придатність орних земель, %			Агропотенціал, ц/га		Прогнозовані обсяги виробництва, тис. т	
				придатні	обмежено придатні	непридатні	за природної родючості	за ефективної родючості	насіння	солома
Степ Північний	Чорнозем звичайний	0,67–0,74	140–160	94,8	1,9	3,3	10,0–18,1	15,0–23,7	666	773
Степ Південний	Чорнозем південний	0,58–0,67	120–140	79,8	12,9	7,3	7,1–13,5	11,2–20,6	160	181
Степ Сухий	Темно–каштановий	0,52–0,60	120–140	62,9	19,6	17,6	5,4–10,8	8,7–17,3	34	38
	Каштановий	0,45–0,51	120–140				5,7–8,8	8,5–12,7		

Розрахунками доведено, що прогнозовані обсяги виробництва насіння та соломи льону олійного є найбільшими – відповідно 666 та 773 тис. т для зони Північного Степу, для Південного Степу – 160 і 181, а для Сухого Степу – 34 та 38 тис. т. Такі низькі показники для зони Сухого Степу обумовлюють необхідність розробки й удосконалення технології вирощування досліджуваної культури на зрошуваних землях, що дозволить попередити значні втрати продуктивності рослин внаслідок дефіциту опадів у посушливі роки.

Транспіраційний коефіцієнт льону олійного складає 400-690, проте він вимагає достатньо зволоженого ґрунту – близько 60% в період сходів, з наступним підвищенням до 70–80%НВ. Сумарне водоспоживання, залежно від зони та умов вирощування, коливається від 110 до 560 мм. Враховуючи надходження опадів та запаси ґрунтової вологи в умовах Півдня України вологозабезпечення є обмежуючим фактором для культури льону олійного. Зони із теплим або помірно-жарким літом та хорошим вологозабезпеченням вегетаційного періоду є найбільш сприятливими для формування урожаю насіння культури (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Загальні вимоги льону олійного протягом вегетації до умов середовища

Періоди росту та розвитку	Оптимальна середньодобова температура повітря, °С	Запас продуктивної вологи, мм		Ефективні опади, мм
		0,1 м	1 м	
Сівба – сходи	9–12	10–15	110–180	10–15
Ялинка	12–16		100–150	30–40
Бутонізація	16–18		80–120	25–35
Цвітіння	20–22		50–100	20–35
Дозрівання	22–25		60–80	15–25

Різного ступеня придатні для вирощування льону олійного підзолисті, опідзолені, каштанові ґрунти а також чорноземи. За механічним складом кращими для вирощування льону є супіщані та суглинкові ґрунти структурні із вмістом гумусу вище низького. Вони мають високу вологоємність, сприятливу

будову та забезпечують оптимальний водно-повітряний режим. Піщані ґрунти є несприятливими внаслідок незначного діапазону продуктивної вологи та низької родючості, а важкі, через загрозу запливання та утворення кірки, що небезпечно для льону як дрібнонасінної культури. Недоцільним вважається вирощування льону на заболочених ґрунтах. За відношенням до кислотного режиму ґрунту рослини льону культурного нейтрофіли та субацидофіли, для них більш придатні нейтральні та слабкокислі ґрунти. Межею кислотності для культури є інтервал рН 5,9–6,5 [156].

За вимогами до загального сольового режиму ґрунту підвиди Льону культурного є еутрофами, вони краще ростуть на родючих ґрунтах із відсутніми ознаками засолення або на збагачених солями ґрунтах. За даним фактором вони мають вузьку екологічну амплітуду [259]. Тому даний фактор є обмежуючим для поширення льону олійного на Півдні України, де природній процес ґрунтоутворення сприяє формуванню засолених та осолонцьованих ґрунтів.

Більш складною та динамічною є екологічна ситуація щодо зрошуваних агроландшафтів які зосереджені у районах, прилеглих до Чорного та Азовського морів. Негативний антропогенний вплив у зоні Причорномор'я зумовлений вторинним осолонцюванням, засоленням і підтопленням ґрунтів.

Складність екологічної ситуації в зоні Інгулецької зрошувальної системи зумовлена незадовільною якістю зрошувальної води. Зональні темно-каштанові та каштанові ґрунти у комплексі із солонцями характеризуються несприятливими фізико-механічними властивостями та низькою водопроникністю. Це створює технологічні труднощі при обробі ґрунту, поливі, отриманні сходів.

ґрунтово-екологічні ресурси Херсонської області за продуктивною здатністю зумовлюють їх раціональне використання при спрямуванні на виробництво зернових та олійних культур, де відповідне місце повинні займати посіви льону олійного.

При агрокліматичному та екологічному обґрунтуванні розміщення

сільськогосподарських культур треба враховувати вимоги рослин до ґрунтово-кліматичних умов: вплив метеорологічних факторів, швидкість розвитку й проходження основних фенофаз, урожайність, якість продукції, економічні та енергетичні показники. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 164 від 11.02.2010 року «Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах», спільного Наказу Міністерства аграрної політики України та Української Академії Аграрних Наук від 18 липня 2008 р. № 440/71 «Про затвердження методичних рекомендацій щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських культур у сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних зон України» періодичністю чергування для льону визначено термін у 5–7 років. Аналіз, проведений на підстав останніх досліджень свідчить, що розширення переліку олійних культур в сівозмінах сприяє поліпшенню фітосанітарного стану сівозмін, основних показників родючості ґрунту, та створює передумови оптимальному чергуванню культур і забезпечення озимих культур кращими попередниками.

Серед інших альтернативних культур перевагами льону олійного є :

- висока прибутковість вирощування;
- цінність як попередника для озимих культур;
- ярий тип розвитку, та можливість застосування його як страхової культури для пересівання загиблих озимих культур;
- пластичність до умов вирощування і висока посухостійкість;
- дозрівання після зернових колосових культур і стійкість до осипання;
- відсутність спеціалізованих шкідників та хвороб;
- низькі норми внесення добрив, незначний рівень хімічного захисту, дешеві та доступні гербіциди;
- серійний комплекс техніки, необхідної для вирощування;
- висока живильна цінність, цілющість властивостей насіння;
- технічне і харчове використання олії та кормове використання шроту;

- покращення сировинної бази олійних культур та оптимізація структури посівних площ;
- можливість технічної переробки соломи;
- високий експортний потенціал насіння, масла і шроту.

2.2 Характеристика ґрунтово-кліматичних та погодних умов

Основна частина польових досліджень була проведена впродовж 2009–2018 рр. на науковій базі Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції (ДСДС) Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України (ІЗЗ НААН), яка розташована в Каховському районі Херсонської області в агрокліматичній зоні Степу України.

Територія земельного масиву характеризується рівнинним рельєфом, незначним стоком у природні замкнені пониження у вигляді подів різних розмірів. Це посушлива в першій половині вегетаційного періоду провінція (ГТК₅₋₇ 0,64–0,73), суха – другій половині періоду (ГТК₈₋₉ 0,5–0,57) та гумідна (120–140 мм) протягом зимового періоду [82].

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений темно-каштановими залишково слабко-солонцюватими важкосуглинковими ґрунтами, які поступово переходять у південні чорноземи. Ґрунтовий процес відбувається в умовах непромивного режиму при глибокому (понад 8 м), рівні залягання ґрунтових вод. Гумусовий горизонт має потужність 42–51 см, вміст гумусу в орному шарі складає в середньому 2,15 % легкогідролізованого азоту – 50 мг/кг, рухомого фосфору – 24 та рухомого калію – 400 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину слабко-лужна, ближче до нейтральної, рН–6,8–7,0.

Рівноважна щільність орного шару знаходиться в межах 1,16–1,24 г/см³, щільність твердої фази складає 2,65–2,67 г/см³, загальна шпаруватість 54,6–55,8%, польова вологоємність – 26,5–30,4%. Потенційний запас доступної вологи метрового шару становить 129 мм, а ресурси загальної вологи

складають 320 мм.

Ґрунтовий профіль укорочений, на глибині 63–90 см залягає ущільнений карбонатно-ілювіальний горизонт, материнською породою є лесовий суглинок. Вміст фізичної глини складає 61–65%, структура ґрунту розпилена, тому ґрунти схильні до запливання.

Погодні умови характеризуються великими ресурсами тепла та дефіцитом вологи, особливо у весняно-літній період. У зоні спостерігаються значні відхилення у надходженні опадів від середніх багаторічних значень, тривалі періоди без дощів і часті ґрунтова та повітряна посухи. Середньорічна сума опадів становить 421 мм із екстремальними коливаннями від 263 у посушливі до 693 мм – у вологі роки. Хоча за холодний період випадає 151 мм опадів, тоді як за теплий – 270 мм, для вирощування більшості с.-г. культур вагомішими є весняні запаси ґрунтової вологи, порівняно із опадами, що надходять за весняно-літній період. Середні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початку весни складають 106 мм із коливаннями від 57 до 131 мм в окремі роки метеорологічних спостережень.

Вірогідність бездощових періодів протягом 41–50 діб складає 50%, та у середньому спостерігається 26,8 діб із суховіями, у тому числі 15,3 діб протягом періоду вегетації льону олійного.

Середні багаторічні дати переходу температури повітря навесні через $+5^{\circ}\text{C}$ відзначені 24 березня, через $+10^{\circ}\text{C}$ – 16 квітня, восени нижче за $+10^{\circ}\text{C}$ – 15 жовтня, $+5^{\circ}\text{C}$ – 10 листопада. Агрономічна «стиглість» ґрунтів настає переважно в середині третьої декади березня, однак спостерігаються значні відхилення як у бік раннього, так і більш пізнього дозрівання ґрунту. Тривалість періоду з температурою вище $+5^{\circ}\text{C}$ складає 229 діб, вище $+10^{\circ}\text{C}$ становить 184 діб. Дата останнього весняного приморозку у повітрі протягом двадцятирічного періоду спостережень була відмічена 22 травня, а на поверхні ґрунту – 29 травня; датою перших осінніх приморозків у повітрі та на поверхні ґрунту є 22 вересня. У середньому період без морозів складає 161 діб, а сума ефективних температур за період із середньою добовою температурою понад

+10°C становить 1541°C, що значно перевищує біологічні потреби льону олійного.

Весна в зоні, як правило, коротка, з швидким наростанням температури повітря та сильними вітрами. Літо – жарке та посушливе із частими суховіями. Максимальна температура повітря протягом найбільш жаркого місяця (серпня) досягає 40°C, а протягом червня та липня відповідно 35 та 39°C. Осінь довга та тепла, часто після перших ранніх заморозків спостерігається тривале повернення тепла з сонячною погодою.

Зими малосніжні, з частими відлигами та дощами, тривалість яких у середньому складає 64 діб. Мінімальна температура повітря протягом найбільш холодного місяця (січня) складає мінус 26°C. Сніжний покрив неглибокий і нестійкий, спостерігається протягом зимових місяців лише у 50% років, та лише в січні, відносно стабільно товщиною 3 см.

Погодні умови років досліджень характеризувалися значними відхиленнями температури повітря (додаток Б. 5–7) та кількості атмосферних опадів (рис. 2.1) від багаторічних значень.

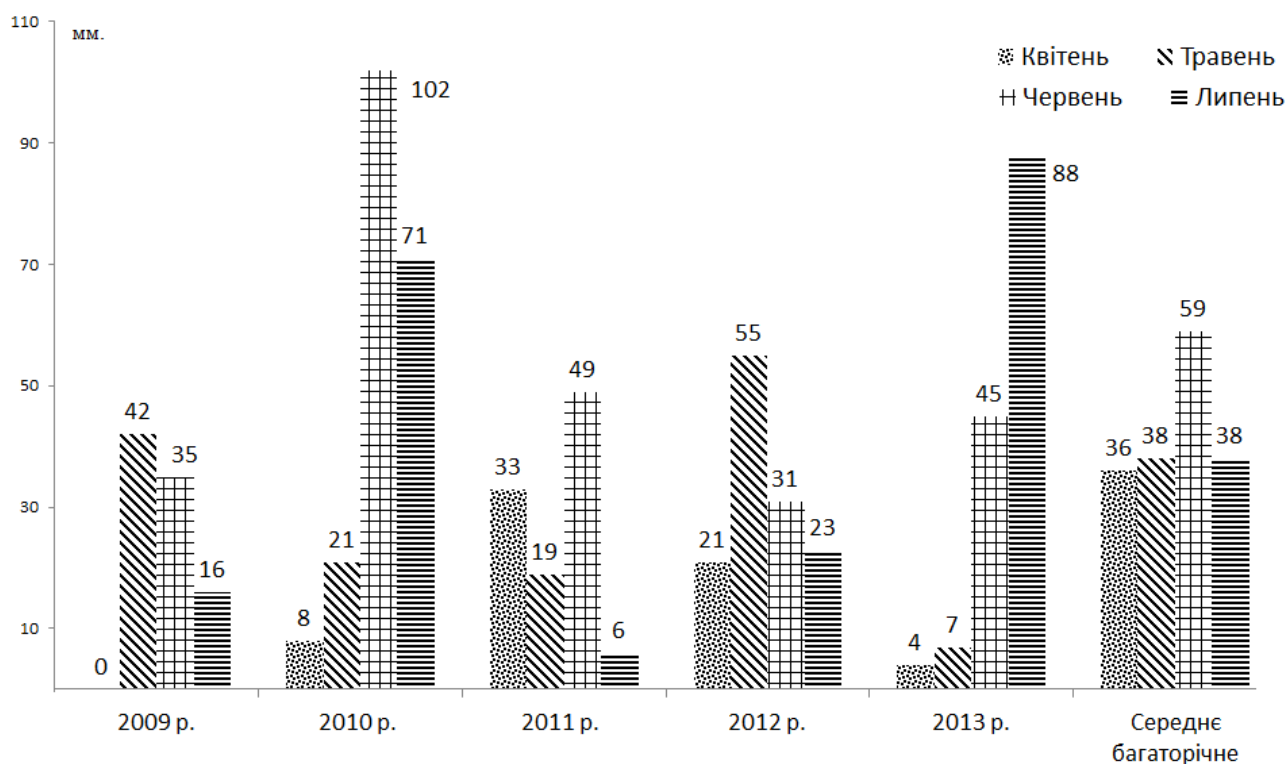


Рис. 2.1 Надходження опадів протягом вегетації культури
(за даними метеорологічної станції Асканія Нова)

У 2009 році вегетаційний період льону олійного характеризувався значним коливанням середньомісячних показників температури повітря та опадів і відхиленням їх від багаторічних значень. Зима була теплою та сухою, однак запаси вологи на початку відновлення вегетації були на середньому рівні багаторічних значень. Весна була теплою, сухою. Протягом квітня опадів практично не надходило, однак температура повітря була на $0,5^{\circ}\text{C}$ менше норми. Різке похолодання, що відбулося на початку травня, ввело рослини в стан стресу. Літо було жарким та посушливим, середня температура повітря протягом червня та липня на $2,5$ та $1,7^{\circ}\text{C}$ перевищувала норму. У липні опадів випало вдвічі менше норми, що зумовило прискорене дозрівання культур та оптимальні умови для збирання.

Веgetаційний період 2010 року розпочався раніше багаторічної дати різким зростанням температури повітря. Незважаючи на значні запаси вологи у ґрунті весняний період був малосприятливим для сівби та отримання сходів льону. Сильні вітри спричинили швидку втрату вологи із посівного шару ґрунту, що зумовило нерівномірні та зріджені сходи льону олійного навіть за оптимальних умов сівби.

На фоні сухого та жаркого квітня і травня аномально вологим та посушливим виявився червень та липень. Надходження опадів перевищувало середні значення в $1,7$ та $1,9$ рази, проте середньодобова температура повітря також була вищою на $2,4$ – $1,4^{\circ}\text{C}$. Такі екстремальні умови не сприяли ефективному використанню вологи однак, спричинили підвищену засміченість посівів пізніми ярими бур'янами, а вегетація льону відновилася, і виникла потреба в десикації.

Веgetаційний період 2011 року розпочався близько до багаторічних значень. Незважаючи на значні запаси вологи у ґрунті весняний період був малосприятливим для отримання сходів ранніх ярих культур через сильні вітри під час сівби. Були відмічені нерівномірні та зріджені сходи льону олійного особливо ті, що висівалися у другий та, особливо, третій строк. Вологозабезпеченість квітня була в межах норми. Більш посушливим виявився

травень та особливо спекотним та сухим – липень, коли на фоні нестачі 32 мм опадів спостерігалось перевищення температурного режиму на 1,8°C. Метеорологічні обставини збирання культури були задовільними.

Умови осені 2012 року були несприятливими для формування запасу вологи. На фоні відсутності залишкових запасів ґрунтової вологи надходження опадів від вересня попереднього року було значно менше середніх багаторічних значень. Значне пониження температур відбулося до формування стійкого снігового покриву внаслідок чого через різке наростання температур навесні не сформувалися достатні запаси ґрунтової вологи. Завдяки опадам, що випали відразу після сівби культур у третій декаді березня та першій декаді квітня, були отримані повноцінні сходи, однак вологозабезпечення культур було недостатнім. Травневі опади, що майже вдвічі перевищили багаторічну норму, дещо покращили стан культур, однак у подальшому знову проявилися ознаки посухи. Цьому сприяла висока температура, яка за даний місяць на 4,7°C перевищувала норму. В подальшому період вегетації культури відбувався на фоні аномально високих температур, нестачі опадів та низьких запасів вологи у ґрунті, а тому умови не відповідали біологічним потребам льону.

Умови вологонакопичення осінньо-зимового періоду 2013 р. були несприятливими, тому на початок сівби культури запаси вологи були нижчі середніх багаторічних значень. Початок весни, який розпочався у звичайний строк був перерваний тривалим періодом пониження температур до мінусових значень, унаслідок чого масовий початок весняно-польових робіт проходив у першій декаді квітня. Однак умови для отримання сходів культури раннього та середнього строків сівби були сприятливими. Надходження опадів протягом вегетації було дуже нерівномірне. Із квітня по травень випало лише 14,9 мм опадів, тоді як середня температура повітря була вищою на 1,7 та 4,7°C, відповідно. Надходження опадів за червень місяць було близьким до норми тоді як за липень – втричі більше, однак вони не мали вагомого значення для посівів, що завершували свою вегетацію, проте суттєво вплинули на забур'яненість та умови збирання.

Температурний режим протягом вегетаційного періоду 2013 року був більш напружений, ніж зазвичай. Унаслідок різкого наростання температур весна завершилася протягом одного місяця. За період активної вегетації культури, із квітня по червень, середньодобова температура повітря перевищувала багаторічні значення на $3,1^{\circ}\text{C}$, атмосферних опадів надійшло на 62,2 мм менше. Найбільше перевищення середньомісячної температури повітря спостерігалось у травні – $4,7^{\circ}\text{C}$. Надходження опадів протягом квітня та травня склало відповідно 4,9 та 10,0 мм, унаслідок чого запаси ґрунтової вологи практично вичерпалися. Кількість опадів за червень склала 55,9 мм, що є близьким до норми, проте вони не мали вагомого впливу на врожайність культури. При цьому опади, що випали у першій половині липня, ускладнили збирання льону олійного. Тому, через аномально високі температури та високу нерівномірність надходження опадів, посіви льону олійного були низькорослими та сильно пригніченими.

В цілому погодні умови 2014 року характеризувались як несприятливі для росту й розвитку рослин льону олійного та інших ранніх ярих культур. За осінньо-зимовий період опадів надійшло менше норми і запаси ґрунтової вологи на початок весняно-польових робіт були незначними. Лише у другій половині березня випали продуктивні опади, зволоживши посівний шар ґрунту та дозволивши отримати дружні сходи. Посушливим виявилися квітень і травень, за які надійшло близько половини норми опадів. У той же час 144 мм опадів червня, у вигляді ливнів, не мали продуктивного ефекту.

За осінньо-зимовий період 2014–2015 рр. випало більше 230 мм опадів, що в 1,69 рази більше норми, а тому умови для накопичення вологи в ґрунті були хороші. Для льону олійного погодні умови на початку 2015 р. були сприятливими на початку вегетації, внаслідок чого сформувалась добре розвинена надземна маса культури. Однак високі температури повітря та сильні вітри квітня-травня значно погіршили стан посівів. Літо цього року було жарким, на початку з опадами, які мали зливовий характер. Середня за сезон температура повітря була вище норми на $1,5^{\circ}\text{C}$, а максимальна температура

повітря досягала 38,6°C. Опадів протягом осінньо-зимового періоду надійшло близько норми, що сприяло отриманню нормальних сходів не зважаючи на посушливість березня, протягом якого випало 20,7 мм опадів.

Метеорологічні дані свідчать про те, що у 2016 р. формувалися сприятливі для рослин льону олійного погодні умови. Протягом квітня-червня надійшло більше 233 мм опадів що на 75,7% більше норми. Не зважаючи на більш високий температурний режим протягом цього періоду, посіви льону олійного були у доброму стані. Посуха, що спостерігалася у липні, не вплинула на їх стан.

У посушливому 2017 році за період вегетації льону олійного випало 116 мм опадів, за норми – 133 мм. Проте, погодні умови початкових етапів росту й розвитку льону олійного були сприятливими завдяки вологому квітню, коли випало 81,8 мм опадів. У період формування й наливу насіння встановилася жарка та бездощова погода з високими температурами повітря і суховіями. У першу декаду червня середньодобова температура повітря становила 29,8°C, що вище за норму. Несприятливими були умови цього року і для формування запасів вологи, що відобразилося в подальшому на стані посівів культури.

Для льону олійного 2018 рік був найбільш посушливим. Із квітня по червень надійшло лише 32,6 мм опадів. Що на фоні низьких запасів ґрунтової вологи спричинило критичний стан посівів. У денні години температура повітря досягала 30–34°C та спостерігалися суховії. Пригнічення посівів спостерігалось також на зрошуваних варіантах культури, що негативно позначилося на продуктивності рослин та зменшило рівень врожайності.

Взагалі у період вегетації культури впродовж 2009–2013 років температурний режим значно перевищував багаторічні значення. За кількістю опадів 2009, 2012, 2017 та 2018 роки були сухими, 2013 – в межах норми, 2010, 2011 та 2016 роки були вологими, а проте надходження опадів була вкрай нерівномірним що незадовільняло біологічні потреби льону олійного у волозі.

2.3 Методика досліджень, спостережень і обліку

Полеві дослідження проводили у польовій та зрошуваній сівозмінах Асканійської ДСДС Інституту зрошуваного землеробства НААН. Закладання дослідів, проведення спостережень, досліджень та аналізів здійснювали відповідно до класичних та спеціальних методик польових досліджень [9, 96, 230, 231, 234].

Дослід 1. «Вплив зрошення, фону мінерального живлення та способу сівби на урожай та якість насіння і соломи льону олійного» (2009–2013 рр.). Була передбачена наступна градація факторів та їх варіантів:

Фактор А – режим вологозабезпечення:

без зрошення; при зрошенні.

Фактор В – фон мінерального живлення:

без добрив; $N_{45}P_{30}K_{30}$; $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Фактор С – ширина міжряддя:

15 та 45 см.

Фактор Д – норма висіву:

5; 6; 7 млн схожих насінин/га.

Дослід 2. «Вплив строків сівби та норми висіву на врожай льону олійного» (2009–2013 рр.). Схемою передбачали такі фактори та їх градації:

Фактор А – строк сівби:

ранній (настання фізичної стиглості ґрунту);

середній (через 10 днів);

пізній (через 20 днів).

Фактор В – норма висіву:

4; 6; 8; 10; 12 млн схожих насінин/га.

Дослід 3. «Агроекологічне випробування сортів льону олійного» (2009–2013 рр.). Була передбачена наступна градація факторів та їх варіантів:

Фактор А – режим вологозабезпечення:

без зрошення; при зрошенні.

Фактор В – Сорти льону олійного:

Південна ніч (st); Віра; Айсберг; Дебют; Орфей; ВНПМК 620; Золотистий; Ківіка; Ручеек.

Із 2011 року до схеми досліду було додатково включено сорти:

Блакитно помаранчевий, Еврика, Лірина, Надійний та для вторинного контролю сорт льону довгунцю Глінум.

Дослід 4. «Вплив технології збирання на урожайність та якість продукції льону» (2009–2013 рр.). Було включено наступні варіанти:

- пряме комбайнування без десикації;
- десикація препаратом Реглон Супер (3 л/га) + пряме комбайнування;
- десикація препаратом Раундап (3 л/га) + пряме комбайнування;
- десикація препаратом Баста (2 л/га) + пряме комбайнування;
- двофазне збирання.

Площа облікових ділянок у сортовипробуванні складала 54 м², в агротехнічних дослідах 90 м² з чотириразовим повторенням, ділянки розміщували методом розщеплених ділянок, у сортовипробуванні – стандартним методом.

Дослід 5. «Моделювання продукційного процесу льону олійного в умовах зрошення та без зрошення» (2014–2018 рр.).

Вирощування культури проводили у незрошуваних та зрошуваних умовах за найкращого поєднання факторів та варіантів. Мінеральні добрива вносили у дозі N₆₀P₄₅K₄₅, сівбу проводили сортом Айсберг із міжряддями 15 см нормами 6 та 8 млн схожих насінин/га, відповідно до умов зволоження. Моделювання режиму вологозабезпечення та продуктивності рослин льону олійного проводили з використанням фактичних метеорологічних показників та родючості ґрунту із використанням програмного забезпечення ФАО ООН CROPWAT 8.0 [453].

Для досягнення поставленої мети – агроекологічного обґрунтування та розробки елементів адаптивної технології вирощування льону олійного

подвійного використання на зрошуваних і незрошуваних землях була використана відповідна методологія наукових досліджень.

Характеристику погодних умов періоду проходження окремих фаз росту й розвитку, а також періоду вегетації взагалі здійснювали на підставі визначень фактичної температури повітря, сум активних та ефективних температур, вологості повітря, опадів за даними метеостанції Асканія Нова. Оцінку вологозабезпеченості проводили за гідротермічним коефіцієнтом Г. Т. Селянинова, коефіцієнтом зволоження Н. М. Іванова та водно-термічним коефіцієнтом В. П. Дмитренка [129].

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) визначали за формулою (2.1):

$$ГТК = \frac{10 \times \sum O}{\sum t} \quad (2.1)$$

де: $\sum O$ – сума опадів за період із середньодобовими температурами повітря вище 10°C , мм;

$\sum t$ – сума температур, $^{\circ}\text{C}$, за період із середньодобовими температурами повітря вище 10°C .

Коефіцієнт зволоження (K_y) визначали за формулою (2.2):

$$K_y = \frac{\sum O}{E} \quad (2.2)$$

де $\sum O$ – сума опадів за період, мм;

E – випаровуваність за період, мм.

Добову випаровуваність (мм), для відповідних проміжків часу, розраховували за модифікованою емпіричною формулою (2.3) [171]:

$$E_{\text{доб}} = 0,00006 \times (25 + t)^2 \times (100 - \alpha) \quad (2.3)$$

де: t – середня за період температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

α – середня за період вологість повітря, %.

Водно-термічний коефіцієнт розраховували за формулою (2.4):

$$ВТК = k_{\text{TR}} \frac{\sum R}{\sum T} = \frac{10 Q_T \sum R}{\varphi_T \sum T} \quad (2.4)$$

де: k_{TR} – термічна функція швидкості вологообміну між атмосферою і підстильною поверхнею;

$\sum R$ – кількість опадів за період досліджень, мм

$\sum T$ – сума температур за досліджуваний період (окремо плюсових та мінусових), °С;

Q_T – функція швидкості випаровування при заданій температурі T , за правилом Вант-Гоффа, порівняно з початковою швидкістю до деякої фіксованої температури;

φ_T – температурна функція в'язкості води.

Визначення вологості ґрунту здійснювали термостатно-ваговим методом [48, 152] по горизонтам через 10 см на глибину 1 м згідно ДСТУ CEN ISO/TS 17892–1:2007. Щільність складення ґрунту встановлювали методом ріжучого циліндра ГОСТ 5180–84. Зразки ґрунту з непорушеною будовою відбирали із п'ятиразовою повторністю пошарово на глибину 0,4 м із використанням приладу БП-50 із об'єм ріжучого циліндра 100 см³. Шпаруватість ґрунту розраховували за формулою (2.5):

$$\sum P = \left(1 - \frac{d}{d_m}\right) \times 100 \quad (2.5)$$

де: P – шпаруватість, %;

d – щільність складення ґрунту, г/см³;

d_m – щільність твердої фази ґрунту, г/см³.

Будову ґрунту у непорушеному стані визначали методом капілярного насичення зразків у циліндрах [58].

У ґрунті визначали вміст нітратного азоту (за Грандваль-Ляжем), рухомого фосфору – в 1%-ій вуглецево-амонійній витяжці (за Мачигінім), рухомого калію – в цій витяжці на полум'яному фотометрі [231].

У дослідях органолептично проводилися фенологічні спостереження із визначенням фаз культури, початком фази вважалося настання її у 10–15%, а

повної фази – у 70–75% рослин. Розрізняли, відповідно до ДСТУ 4511: 2006 «Льон-довгунець терміни та визначення понять», п'ять основних фаз росту й розвитку: 1) «сходи»; 2) «ялинка»; 3) «бутонізація»; 4) «цвітіння»; 5) період досягання (фази «зелена», «рання жовта», «жовта» та «повна стиглість»).

Фаза «сходи» – визначалася як період появи на поверхні ґрунту сім'ядольних листочків, що набули горизонтального положення, і невеликої бруньки між ними. Фаза ялинка визначалася як проміжок часу від утворення першої пари справжніх листочків до утворення 5–6 пар справжніх листочків.

Фаза «бутонізація» – розглядалася як період розвитку рослин від утворення перших бутонів до їх зацвітання. Початок цієї фази відмічають при появі на вершині головного пагону першого бутону, а завершення – після його перетворення в квітку.

Фаза «цвітіння» – відмічалася при розкритті відповідної кількості квіток.

Фаза «зелена стиглість» – період під час якого насіннєві коробочки повністю сформовані, мають зелений колір, і в них міститься 25–35% недостатньо виповненого насіння.

Фаза «рання жовта стиглість» – відмічалася коли 65–75% насіннєвих коробочок мала жовтий колір і містили блідо-зелене насіння з жовтим носиком. Решта насіннєвих коробочок були жовті з жовтим насінням і лише окремі коробочки – зелені з зеленим насінням або бурі з коричневим насінням.

Фаза «жовта стиглість» – визнавалася як період коли 50% насіннєвих коробочок мали жовтий колір і містили жовте насіння. Решта коробочок – бурі із коричневим насінням та жовто-зелені із блідо-зеленим насінням і жовтим носиком.

Фаза «повна стиглість» – коробочки сухі бурого кольору та відповідно до сорту – забарвленням насіння.

У головні фази культури на основних варіантах дослідів визначали біометричні показники – густоту стояння, висоту рослин, площу листків, сиру та суху біомасу, видовий склад бур'янів та динаміку забур'яненості посівів.

Облік густоти рослин та фенологічні спостереження проводили у двох

несуміжних повтореннях на двох зафіксованих ділянках площею 1м².

У біологічній масі рослин, для розрахунку загального виносу елементів живлення, визначали вміст азоту – за Кьельдалем, фосфору – модифікація Мерфі-Рейлі із застосуванням аскорбінової кислоти, калію – на полум'яному фотометрі [103]. Мокре спалювання рослинного матеріалу виконували сумішню сірчаної та хлорної кислоти – за Гінзбургом [235].

Фотосинтетичний потенціал посіву розраховували за формулою (2.6):

$$\Phi\Pi = \frac{(L_1 + L_2) \times n_1 + \dots + (L_{n-1} + L_n) \times n_n}{2} \quad (2.6)$$

де $\Phi\Pi$ – фотосинтетичний потенціал, м²/га за добу;

L_1, L_2, \dots, L_n – площа листя у відповідні строки визначення, м²/га;

n_1, n_2, \dots, n_n – кількість діб між відповідними визначеннями.

Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за формулою (2.7):

$$\text{ЧПФ} = \frac{M_2 - M_1}{(S_1 - S_2) \times n} \quad (2.7)$$

де: ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу;

M_1, M_2 – маса сухої речовини в періоди визначення, г;

S_1, S_2 – площа листя в періоди визначення, м²;

n – період між визначеннями, днів.

Сумарне водоспоживання посівів розраховували методом водного балансу за спрощеною формулою (2.8) [7]:

$$\sum E = M + O + (W_n - W_y) \quad (2.8)$$

де $\sum E$ – сумарне водоспоживання, мм;

M – зрошувальна норма, мм;

O – корисні опади, мм;

W_n – запас вологи у метровому шарі ґрунту на час сівби, мм;

W_y – запас вологи у метровому шарі ґрунту на час збирання, мм

Ефективність використання вологи оцінювали за розрахунком коефіцієнта водоспоживання, ефективності та продуктивності зрошення.

Коефіцієнт водоспоживання рослин встановлювали за формулою (2.9):

$$KB = \frac{\sum E}{Y} \quad (2.9)$$

де KB – коефіцієнт водоспоживання, м³/т;

$\sum E$ – сумарне водоспоживання, м³/га;

Y – урожайність насіння, т/га.

Коефіцієнт ефективності зрошення визначали за формулою (2.10):

$$K_{ef} = \frac{M}{Y_3 - Y_{\bar{0}3}} \quad (2.10)$$

де K_{ef} – коефіцієнт ефективності зрошення, м³/т;

M – зрошувальна норма, м³/га;

$Y_3, Y_{\bar{0}3}$ – урожайність культури відповідно при зрошенні та без зрошення, т/га

Коефіцієнт продуктивності зрошення визначали за формулою (2.11):

$$KПЗ = \frac{Y_3 - Y_{\bar{0}3}}{M} \times 1000 \quad (2.11)$$

де $KПЗ$ – коефіцієнт продуктивності зрошення, кг/м³

Облік урожаю виконувався методом суцільного збирання ділянок останнього порядку із відбиранням снопових зразків та зразків насіння для оцінки структури врожаю, засміченості, вологості та якості насіння.

Оцінку екологічної пластичності та стабільності сортів льону в різних умовах вологозабезпечення здійснювали за загальною та специфічною адаптивною здатністю S.A. Eberhart та W.A. Russel у викладенні Кильчевського А. В., Хотилевої Л. В. [154].

Оцінку якості насіння, маси 1000 насінин визначали відповідно до ДСТУ 4138–2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості», вологість – за міждержавним стандартом ДСТУ 4811:2007 «Насіння олійних культур. Методи визначення вологості».

У насінні льону визначали вміст сирого жир за знежиреним залишком в апараті ЕЖ – 101 (ГОСТ 13496.15–97). Жирнокислотний склад олії – методом

газорідинної хроматографії на приладі «Сэлмихром - 1» (ГОСТ 30418–96) [217]. Йодне число – за методом Кауфмана з використанням бромистого натрію в метиловому спирті (ГОСТ 5475–69); кислотне число – з використанням холодних розчинників (ДСТУ 4350:2004) [233].

Оцінку якості лляної соломи та лубу здійснювали за методиками відповідно до ГОСТ–28285–89 «Солома льняная. Требования при заготовках», та ДСТУ 5015:2008 «Волокно лляне коротке. Технічні умови».

Вологість соломи визначали за допомогою сушильного пристрою СШ-1. Наважки подрібнених стебел масою 50 ± 1 г висушували при температурі $100\text{--}105^\circ\text{C}$ до постійної маси. Вологість розраховували за формулою (2.12):

$$W = \frac{m - m_1}{m_1} \quad (2.12)$$

де: W – вологість маси, %;

m – маса наважки до висушування, г;

m_1 – маса наважки після висушування, г.

Масову долю лубу визначали ваговим методом із використанням лабораторної м'ялки ЛМ-3. Наважку масою $10,0 \pm 0,1$ г шаром в одне стебло 3–4 рази пропускали через вальці, періодично витряхуючи кострицю. Визначення припиняли, коли результати останніх зважувань, із точністю не більше 0,01 г, різняться не більш ніж на 0,05 г.

Масову долю лубу в наважці визначали за формулою (2.13):

$$M_{\text{л}} = 10 \times m \times k \quad (2.13)$$

де $M_{\text{л}}$ – масова доля лубу, %;

m – маса лубу, виділена із наважки, г

k – коефіцієнт, що складає 1,08 при вологості соломи 7–10%, 1,04 при вологості 11–15%.

Діаметр стебел визначали за допомогою стебломіру С-2 із випадково відібраних 10 рослин. Стебла розташовували щільно один до одного в один шар серединою на вимірювальну планку. Точність виміру 0,1 мм. Діаметр стебла вираховували діленням на 100 суми десяти вимірів загального діаметру

10 стебел. Для спеціальних досліджень виміри проводили штангель циркулем із точністю до 0,1 мм по довжині стебла через кожні 10 см від місця кріплення сім'ядольних листочків.

Для морфологічного аналізу відбирали 50 непошкоджених по довжині стебел.

Загальну довжину (L_3) визначали як відстань від місця кріплення сім'ядольних листочків до місця кріплення самої верхньої коробочки рослини. Технічну довжину (L_T) визначали як відстань від місця кріплення сім'ядольних листочків до початку галуження суцвіття.

Миклість розраховували як співвідношення технічної довжини до діаметру стебла на рівні 1/3 технічної довжини за формулою (2.14):

$$M = \frac{L_T}{D_{1/3}} \quad (2.14)$$

Збіжестість визначали як різницю діаметру стебла на рівні кріплення сім'ядолі (D_{cim}) та суцвіття ($D_{суц}$) за формулою (2.15):

$$z = D_{cim} - D_{суц} \quad (2.15)$$

Довжину жмені визначали на приладі ДЛ-2М. Кожну із десяти жмень перед вимірюванням попередньо вирівнювали по комлевій частині.

Особливості анатомічної будови стебел соломи льону визначали методами світлової мікроскопії. Світлооптичні дослідження тканин проводили в проникному світлі за допомогою обладнання «E. Leitz «diaplan» Wetzlar» галогенного освітлювача «Linvatex-2» потужністю 10–240 Вт. Контрастування препаратів виконували за допомогою мультиформного фільтру «ФГПМ-2,5^x».

Макрофотографування гістологічних зрізів проводилося цифровою камерою «OLYMPUS D-60» із застосуванням тринокулярні 1,6^x та комп'ютерного визначника експозиції фотографування «Minolta-EK». Корегуюча обробка отриманих мікрознімків виконана за допомогою комп'ютерних програм «Adobe Photoshop CS 2», «Microsoft Office Picture Manager», «F S Viewer».

Визначення структури урожаю льону олійного передбачало встановлення кількості суцвіть на одній рослині, маси насіння в коробочці та на одній рослині, маси соломи однієї рослини, та її технічної частини, діаметру стебла.

Структуру врожаю визначали методом аналізу пробного снопа.

Довжину волокон льону олійного визначали у відібраних із лабораторного зразка трьох елементарних проб масою по 5 мг кожна. Вимірювання довжини кожного волокна проводили із точністю до 1 мм. Волокна розсортовували за групами відповідно до довжини та зважували [376].

Середню масодовжину (мм) підраховують за формулою (2.16):

$$L_d = \frac{\sum (L_i \times M_i)}{\sum M_i}, \quad (2.16)$$

де: L – середнє значення довжини групи волокон, мм;

M – маса групи волокон, мг.

Результати досліджень підлягали статистичній обробці методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу [172, 391]. Розрахунки та статистичну обробку результатів виконували із застосуванням програмних пакетів MathCAD, Microsoft Office Excel 2007 (11.5612.56050), та Microsoft Office Word 2007 (11.5604.5606) та програмно-інформаційного комплексу Agrostat.

Економічну ефективність визначали на основі розрахунку технологічних карт за фактичними витратами, енергетичну оцінку – методом енергетичних еквівалентів [228].

Агротехніка вирощуванні льону олійного у досліді, за винятком факторів, що підлягали вивченню, була рекомендованою для зони. Культуру розміщували в зернових ланках польової та зрошуваної сівозміни після пшениці озимої. Основний обробіток ґрунту проводився за схемою зяблевого комбінованого обробітку. Відразу після збирання попередника виконували дискування БДВП-4,2 на глибину 8–10 та 10–12 см, та, у випадку подальшої появи бур'янів культивуації. Добрива, $N_{45}P_{30}K_{30}$ або відповідно до схеми досліді, вносили під

основний обробіток ґрунту (20–22 см).

Із добрив застосували нітроамофоску та аміачну селітру. Із осені, для вирівнювання поверхні ґрунту, проводили суцільну культивуацію з боронуванням. Навесні, при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості, боронували важкими зубовими боронами та виконували передпосівну культивуацію. Перед сівбою у другий та третій строки проводили додатково ще одну культивуацію.

Сівбу, відповідно до схеми досліду, здійснювали сівалками Клен – 6, або СН – 16. В дослідах висівали сорт льону олійного Південна ніч. Норма висіву, де вона не була передбачена схемою досліду, встановлювалася із розрахунку 6 млн схожих насінин/га. Посіви прикочували кільчасто-шпоровими котками. За широкорядної сівби проводили міжрядні культивуації. У фазі ялинка, за висоти рослин до 10 см, застосовували бакову суміш страхових гербіцидів Агрітокс 500 (1,0 л/га) + Лорен (8 г/га). При внесенні засобів захисту рослин та десикації застосовували самохідний оприскувач Лазер 3000. Збирали методом суцільного обмолоту облікової ділянки комбайном Сампо 130.

У дослідах із зрошенням для поливу застосовували дощувальну установку фронтального типу Zematik, поливною нормою 400 м³/га. Відповідно до зональних рекомендацій режим зрошення формували з передполивним порогом у шарі ґрунту 0,7 м на рівні 65–70% від НВ [390].

Висновки до розділу 2

1. Ґрунтово-кліматичні умови місця польових досліджень типові для півдня України та придатні для вирощування льону олійного. Погодні умови, що формувалися у період виконання досліджень дозволяють об'єктивно оцінити технології, сортовий склад, стан та динаміку агрофітоценозів культури за ознаками урожайності, якості, продуктивності та формуванням комплексу господарсько-цінних фізико-механічних параметрів. За аналізом метеорологічної інформації встановлено, що в зоні Південного Степу України відбуваються значні коливання метеорологічних показників, що є локальним

відображенням глобальних процесів змін клімату. Це проявляється у підвищенні температур повітря та зниженні його відносної вологості, деякого підвищення кількості атмосферних опадів на фоні зростання нерівномірності їх надходження та зливового характеру. Зміна кліматичних умов потребує розробки й впровадження адаптивних технологій для забезпечення виробництва олійної сировини.

2. Схема дослідів і методика досліджень побудовані за принципами об'єктивності, науковості, цілісності, практичності, відповідності меті та поставленим завданням. Програма досліджень містить необхідний перелік конкретних задач, розв'язання яких дозволило вирішити питання побудови технології вирощування льону олійного подвійного призначення в різних умовах зволоження, досягши вищого рівня використання потенціалу культури. Застосування в наукових дослідженнях типової методики дозволило отримати співставні та достовірні результати, які можна використовувати для побудови подальших наукових програм, складання рекомендацій, проектування й побудови технологічних ліній чи розробки бізнес-планів. Застосована методологія статистичного аналізу, дає можливість відобразити об'єктивний характер залежності, побудувати адекватні та репрезентативні математичні моделі, зробити достовірні висновки.

3. Вирощування льону олійного, придатного для подвійного використання, потребує розробки спеціальних технологій, відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, генетичних особливостей сортів, технологічних схем переробки, зональної специфіки економічної спеціалізації. Ці проблемні питання розв'язуються на основі комплексно-системного підходу при формуванні інноваційно-виробничих кластерів із врахуванням технологічних та еколого-економічних чинників послідовних етапів виробничого процесу.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ФОНУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ, ШИРИНИ МІЖРЯДДЯ ТА НОРМИ ВИСІВУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ І СОЛОМИ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

3.1 Оцінка ґрунтових умов залежно від елементів технології вирощування

Ґрунтові умови та режими обумовлюються його будовою, яка визначається наявним співвідношенням між твердою, рідкою та газовою фазами. Льон належить до культур, що проявляють слабку стійкість до ґрунтового середовища, зумовлених як легким, так і важким їх гранулометричним складом [145].

Льон, як і більшість сільськогосподарських культур, краще росте та розвивається за щільності ґрунту в межах $1,1 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$ [184, 226]. Надмірна ущільненість ґрунтів чинить як прямі фізичні перепони для проникнення кореневої системи рослини, так і збільшує частку недоступної вологи, ускладнює переміщення води та повітря, що в цілому негативно впливає на доступність елементів живлення [362].

За даними вегетаційних досліджень проникнення коренів у горизонти зі щільністю складення $1,40 \dots 1,55 \text{ г/см}^3$ дуже повільне внаслідок чого ріст і розвиток рослин пригнічується, а за показників, що перевищують $1,55 \text{ г/см}^3$ – призупиняється зовсім [202]. Одночасно негативними наслідками для рослин супроводжується їх вирощування на пухких ґрунтах через пошкодження кореневої системи надмірні втрати вологи та поживних речовин тощо [139].

У дослідях ґрунт характеризувався підвищеною щільністю, що зумовлено його генезисом та природними агрохімічними властивостями.

Підорний шар характеризувався найвищою та стабільною щільністю складення, в межах $1,41 \text{--} 1,44 \text{ г/см}^3$, тоді як оброблювальний – був менш

ущільненими, в межах близьких до оптимальних для культури 1,2–1,32 г/см³ (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Агрофізичні показники ґрунту на час сівби та збирання льону олійного

Шар ґрунту, см	Без зрошення				При зрошенні			
	при сівбі		при збиранні		при сівбі		при збиранні	
	ширина міжряддя							
	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см
Щільність складення, г/см³								
0–10	1,16	1,22	1,20	1,20	1,18	1,27	1,24	
10–20	1,23	1,35	1,36	1,36	1,21	1,36	1,37	
20–30	1,36	1,39	1,40	1,40	1,40	1,41	1,39	
30–40	1,41	1,42	1,43	1,44	1,44	1,42	1,42	
0–20	1,20	1,28	1,28	1,28	1,19	1,32	1,30	
0–40	1,29	1,34	1,35	1,35	1,31	1,36	1,36	
Шпаруватість, %								
0–10	55,7	53,5	54,1	54,1	54,9	51,5	52,7	
10–20	53,0	48,6	48,1	48,1	53,9	48,1	47,7	
20–30	48,0	46,9	46,5	46,5	46,7	46,4	46,8	
30–40	46,2	45,9	45,4	45,4	45,2	45,7	45,7	
0–20	54,4	51,1	51,1	51,1	54,4	49,8	50,2	
0–40	50,7	48,7	48,5	48,5	50,2	47,9	48,2	
НІР₀₅ щільності складення становить								
для часу визначення			0,023			0,022		
для способу сівби			0,012			0,019		
для шару ґрунту			0,026			0,024		

Спостерігалися відмінності властивостей ґрунту зрошеного та незрошеного масиву. На час сівби, у межах ділянок без зрошення та при зрошенні, оброблений 0–20 см шар був подібний за щільністю, та різнився в межах 0,02 г/см³, однак глибше розташовані горизонти були на 0,03–0,04 г/см³ щільнішими на фоні зрошення. Через відмінності у технології догляду за культурою в межах 0–10 см шару спостерігалася різниця щільності за сівби із міжряддями 15 та 45 см.

Іншим суміжним та функціонально пов'язаним показником, що характеризує будову ґрунту є шпаруватість. Частка пор оброблюваного шару ґрунту зрошеного та незрошеного масивів на час сівби була однаковою 54,4%, проте під дією зрошення на час збирання культури пористість

зменшилася на 0,9–1,3%, порівняно із ділянками природного зволоження. Згідно із шкалою Н. А. Качинського, шпаруватість 0–20 см шару була задовільною, а нижче розташованих горизонтів – незадовільною.

Загальний об'єм пор є недостатньо інформативною характеристикою стану порового простору, оскільки не дає уявлення про їх розміри, що зумовлює рухомість води та її доступність для рослин [227]. Виділяють три види шпарин: між первинними частками, – мікроагрегатами, – макроагрегатами. Капілярній шпаруватості відповідають, переважно, два перші види проміжків [48, 152].

У досліді внутрішньо ґрунтовий простір переважно був представлений капілярами, так званими внутрішньо агрегатними порожнинами (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Оцінка якості порового простору ґрунту при сівбі та збиранні льону олійного

Шар ґрунту, см	Без зрошення				При зрошенні			
	при сівбі		при збиранні		при сівбі		при збиранні	
	ширина міжряддя							
	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см
Капілярна, %								
0–10	37,1	37,2	37,2	37,2	37	37	37,1	
10–20	36,8	37,0	37,1	37,1	36,7	36,9	36,8	
20–30	36,9	37,1	37,0	37,0	36,6	36,7	36,7	
30–40	36,3	36,8	36,9	36,9	36,2	36,6	36,7	
0–20	37,0	37,2	37,1	37,1	36,9	37,0	37,0	
0–40	37,1	37,2	37,1	37,1	37	37	37,1	
Некапілярна, %								
0–10	18,6	16,3	16,9	16,9	17,9	14,5	15,6	
10–20	16,2	11,6	11,0	11,0	17,2	11,2	10,9	
20–30	11,2	9,8	9,4	9,4	10,0	9,7	10,1	
30–40	9,9	9,1	8,5	8,5	9,0	9,2	8,9	
0–20	17,4	13,9	14,0	14,0	17,6	12,9	13,3	
0–40	18,6	16,3	17,0	17,0	17,9	14,5	15,6	
Співвідношення некапілярної до капілярної								
0–10	1 : 2,0	1 : 2,3	1 : 2,2	1 : 2,2	1 : 2,1	1 : 2,6	1 : 2,4	
10–20	1 : 2,3	1 : 3,2	1 : 3,4	1 : 3,4	1 : 2,1	1 : 3,3	1 : 3,4	
20–30	1 : 3,3	1 : 3,8	1 : 3,9	1 : 3,9	1 : 3,7	1 : 3,8	1 : 3,6	
30–40	1 : 3,7	1 : 4,0	1 : 4,4	1 : 4,4	1 : 4,0	1 : 4,0	1 : 4,1	
0–20	1 : 2,1	1 : 2,7	1 : 2,7	1 : 2,7	1 : 2,1	1 : 2,9	1 : 2,8	
0–40	1 : 2,6	1 : 3,2	1 : 3,2	1 : 3,2	1 : 2,7	1 : 3,3	1 : 3,2	

В усіх випадках із глибиною капілярна шпаруватість поступово зменшувалася а різниця між граничними шарами 0–10 та 30–40 см складала 0,3–0,8 відсоткові пункти (в.п.). Відмінність між ділянками волого забезпечення була несуттєвою. Протягом вегетації культури капілярна шпаруватість зростала від 0,1...0,3 в.п. на незрошуваних до 0,1...0,2 на зрошуваних масивах.

Меншою за абсолютними значеннями та більш динамічною була некапілярна (міжагрегатна) шпаруватість. Більша частина пор зосереджена у верхньому 0–10 см шарі ґрунту. На час збирання кількість некапілярних пор зменшилася на 1,4...5,2 в.п. за умов природного вологозабезпечення, та на 0...6,3 в.п. при зрошенні. На посівах із міжряддям 45 см, уналідок розпушення міжрядь, некапілярна шпаруватість 0–10 см шару ґрунту була вищою.

За даними наукових установ найкращі умови для росту й розвитку більшості польових культур складаються при співвідношенні некапілярної та капілярної шпаруватості у межах від 1 : 1 до 1 : 2,5 [134, 225]. У шарі ґрунту 0–10 см, дане співвідношення знаходиться в оптимальних або близьких межах. Оптимальні умови на момент сівби спостерігалися також у межах глибини основного обробітку. У подальшому співвідношення некапілярних та капілярних пор розширюється та виходить за визнані оптимальні межі для польових культур.

Незважаючи на біологічно зумовлену посухостійкість важливою умовою високої продуктивності посівів льону олійного є відповідний рівень вологозабезпечення посівів. Величина загального водоспоживання, ефективність та особливості використання вологи посівами льону визначалися усіма досліджуваними факторами. Збільшення біологічної маси рослин, спричинене підвищенням фону мінерального живлення, супроводжується посиленням використання вологи. Так при зрошенні сумарне водоспоживання культури зростало від 254 мм на контролі без добрив до 261,5 мм – на фоні внесення найвищої норми добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ (табл. 3.3).

Без зрошення більшу частку в сумарному водоспоживанні займала ґрунтова волога 58,5–59,4%. При вирощуванні льону олійного на фоні

зрошення сумарне водоспоживання у середньому зростало на 69%. Для підтримання вологості ґрунту у 2010 та 2011 рр. було проведено два, а у решту років – три поливи нормою 400 м³/га. Частка зрошувальної норми переважала, тоді як на опади припадало близько 25% сумарного водоспоживання.

Таблиця 3.3

**Сумарне водоспоживання посівів льону олійного та його складові, мм
(середнє за 2009–2013 рр.)**

Фон живлення	Сумарне водоспоживання, мм	Ґрунтова волога		Корисні опади		Зрошувана норма	
		мм	%	мм	%	мм	%
Без зрошення							
Без добрив	150,3	87,9	58,5	62,4	41,5	х	х
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	151,3	88,9	58,8	62,4	41,2	х	х
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	153,9	91,5	59,5	62,4	40,5	х	х
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	154,8	92,5	59,7	62,4	40,3	х	х
При зрошенні							
Без добрив	254,0	84,8	33,4	65,2	25,7	104,0	40,9
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	256,5	87,3	34,0	65,2	25,4	104,0	40,5
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	260,2	91,0	35,0	65,2	25,1	104,0	40,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	261,5	92,3	35,3	65,2	24,9	104,0	39,8

В незрошуваних умовах в окремі роки досліджень сумарне водоспоживання змінювалося вдвічі (додаток В.1). Аналіз складових балансу свідчить про їх високі коливання навіть в умовах зрошення, що визначалося погодними умовами. У середньому за роки досліджень, як на незрошуваних ділянках так і при зрошенні, у водоспоживанні льону олійного вагомішу роль відіграють запаси ґрунтової вологи, порівняно із вологою корисних опадів. Проте при зрошенні провідна роль належить зрошувальній нормі.

В умовах півдня України проявилася висока стабілізуюча роль зрошення, частка якого в сумарному водоспоживанні культури становить близько 40%.

На споживання ґрунтової вологи із окремих шарів ґрунту суттєво впливало лише зрошення (рис. 3.1). Посіви льону близько 40% ґрунтової вологи без зрошення та 38% при зрошенні споживали із шару ґрунту 0–30 см. Із визнаного для культур кореневмісного шару 0–60 см рослини споживають

відповідно 71,0 та 72,7% вологи, а пласту 0–80 см – 87 та 92%. Така особливість зумовлена меншою глибиною промочування ґрунту за умов природного зволоження, проте без зрошення із глибини 80–100 см рослини споживали більше вологи, ніж за умови зрошення, що може бути зумовлено обмеженістю її у межах верхніх шарів.

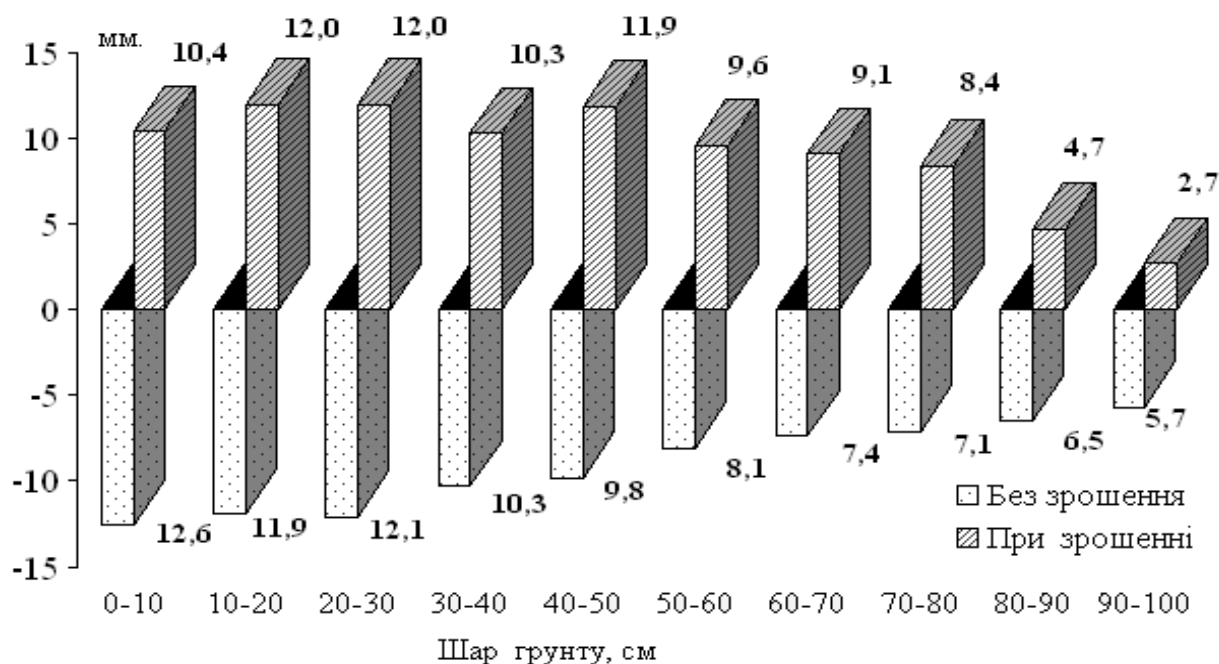


Рис. 3.1 Споживання ґрунтової вологи по профілю ґрунту, мм
(середнє за 2009–2013 рр.)

Примітка: визначення на фоні $N_{60}P_{45}K_{45}$ сівба з міжряддям 15 см, норма висіву 6 млн шт./га

Оцінку ефективності використання вологи демонструють розрахунки відповідних коефіцієнтів (табл. 3.4). На незрошуваних ділянках посіви льону олійного більш економно витрачали вологу, усереднений коефіцієнт водоспоживання склав 1205 м³/т, тоді як за умов зрошення, цей показник був вищим на 25,9%.

Внесення мінеральних добрив сприяло більш економному витрачання вологи. На фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$ зменшення коефіцієнта водоспоживання досягало 470 м³/т без зрошення та 548 м³/т – при зрошенні. Коефіцієнт водоспоживання за сівби із міжряддям 45 см, незалежно від інших умов, збільшувався.

Без зрошення при сівбі із міжряддям 15 см зміна норми висіву із 5 до 6 млн шт./га супроводжувалося зменшенням коефіцієнта водоспоживання, проте подальше загушення до 7 млн шт./га призводило до зростання його значень. Найменший коефіцієнт водоспоживання (938 м³/т) забезпечувала сівба із міжряддям 15 см, нормою висіву 6 млн шт./га, на фоні внесення мінеральних добрив у дозах N₉₀P₆₀K₆₀.

Таблиця 3.4

Показники ефективності використання вологи посівами льону олійного сорту Південна ніч (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон мінерального живлення	Міжряддя 15 см			Міжряддя 45 см		
	Норма висіву, млн шт./га					
	5	6	7	5	6	7
Коефіцієнт водоспоживання, м³/т						
Без зрошення						
Без добрив	1418	1296	1367	1550	1582	1652
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1121	1043	1088	1230	1261	1293
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1061	980	1026	1166	1184	1222
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1012	938	980	1122	1147	1182
При зрошенні						
Без добрив	1764	1682	1660	1910	1954	1969
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1433	1364	1336	1555	1583	1593
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1348	1288	1257	1462	1495	1513
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1288	1245	1211	1384	1421	1421
Коефіцієнт ефективності зрошення, м³/т						
Без добрив	2737	2971	2419	2889	2971	2737
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2364	2419	1962	2476	2476	2364
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2167	2311	1825	2261	2364	2261
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2080	2311	1793	2039	2122	1962
Коефіцієнт продуктивності зрошення, кг/м³						
Без добрив	0,37	0,34	0,41	0,35	0,34	0,37
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,42	0,41	0,51	0,40	0,40	0,42
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,46	0,43	0,55	0,44	0,42	0,44
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,48	0,43	0,56	0,49	0,47	0,51

При зрошенні з позиції раціонального витрачання вологи, за сівби з міжряддям 15 см, кращою є норма висіву 7 млн шт./га, а при міжрядді 45 см – 5 млн шт./га.

Для оцінки окупності зрошувальної норми, застосували коефіцієнт ефективності зрошення. Він є суттєво вищим за коефіцієнт водоспоживання,

що природно пов'язано зі збільшенням втрат вологи на фоні штучного вологозабезпечення. Оптимізація умов вирощування рослин забезпечувала скорочення втрат поливної води на формування одиниці додаткового врожаю. Тому, найменший коефіцієнт ефективності зрошення відмічено на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ за сівби з міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн шт./га – 1793 м³/т.

Зворотна величина цього показника – коефіцієнт продуктивності зрошення змінювався від 0,35 до 0,56 кг/м³. За рахунок удобрення, залежно від рівня мінерального фону, рослини культури на кожен одиницю зрошувальної норми, формували на 17,4–34,9% насіння більше, що є проявом закону взаємодії факторів життя. При сівбі з міжряддям 15 см цей показник був у середньому на 6% більшим.

Окремі сільськогосподарські культури характеризуються різною потребою в елементах живлення, неоднаковим їх споживанням протягом життєвого циклу та виносом із товарною частиною біологічного врожаю [414]. У даний час вважається, що близько 50% приросту врожаю забезпечується за рахунок застосування мінеральних добрив [69].

Біологічною особливістю льону олійного є підвищені вимоги до забезпеченості доступними поживними речовинами протягом перших фаз вегетації, що зумовлено відносно слабкою поглинальною здатністю кореневої системи рослин [44, 57, 236]. Особливо важливе значення має азотне живлення, оскільки впливає на рівень апікального домінування та формування базального галузження [111]. Динаміка вмісту елементів живлення пов'язана із впливом погодних умов та режимів ґрунту (табл. 3.5).

Найвищий вміст нітратів відмічався у фазі сходів, що пов'язано як із низьким споживанням їх проростками, так і результатом внесення добрив. Відповідно до підвищення фону живлення їх вміст зростав до 13 мг/кг при внесенні $N_{90}P_{60}K_{60}$. На зрошуваному масиві вміст нітратного азоту був на аналогічному рівні, – різниця між варіантами була в межах похибки досліду.

Протягом вегетації культури відбувалося їх споживання біологічною

масою рослин на фоні послаблення біологічної активності ґрунту через зниження його вологості. На природному фоні вміст нітратного азоту у фазі цвітіння зменшився у 2,52 рази без зрошення та в 2,76 рази – при зрошенні. На удобрених фонах зменшення відбулося в 1,73–2,00 рази та 2,18–2,62 рази відповідно без зрошення та при зрошенні. У фазі цвітіння на фоні зрошення, нітратного азоту містилося менше, в середньому на 18,5%, що свідчить про переважання процесів росту рослин льону над процесами нітрифікації.

Таблиця 3.5

Забезпеченість орного шару ґрунту елементами живлення протягом вегетації льону олійного, мг/кг (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон живлення (В)	Режим вологозабезпечення (А) та періоди визначення (С)					
	без зрошення			зрошення		
	сходи	цвітіння	повна стиглість	сходи	цвітіння	повна стиглість
Нітратний азот						
Без добрив	10,6	4,2	3,9	10,5	3,8	3,3
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	11,8	5,9	4,1	11,8	4,5	3,4
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	12,2	6,7	4,2	12,2	5,6	3,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	13,0	7,5	4,7	13,0	5,9	4,2
НІР ₀₅	А – 0,11–0,18; В – 0,16–0,25; С – 0,14–0,22; АВС – 0,39–0,62					
Рухомий фосфор						
Без добрив	39,9	31,4	27,4	46,0	37,1	30,6
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	45,4	38,0	31,9	51,7	44,0	34,4
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	50,0	41,2	33,0	60,0	46,9	38,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	55,0	45,3	34,7	65,1	50,5	41,0
НІР ₀₅	А – 0,49–0,74; В – 0,70–1,04; С – 0,61–0,90; АВС – 1,71–2,56					
Рухомий калій						
Без добрив	377	359	319	390	360	316
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	421	385	355	434	393	355
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	437	389	359	457	405	365
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	449	392	358	473	406	367
НІР ₀₅	А – 2,49–3,15; В – 3,52–4,46; С – 3,03–3,86; АВС – 8,62–10,92					

Судячи із вмісту нітратів, процес поглинання тривав до визрівання культури, і хоча спостерігалися переваги застосування добрив, різниця між фонами живлення суміжних варіантів була меншою за НІР₀₅. Достовірно нижчим був вміст нітратного азоту на фоні зрошення. У середньому їх містилося на 13,6% менше, тобто протягом вегетації культури спостерігалось

деяке вирівнювання нітратного фону. Дана динаміка вмісту нітратного азоту в ґрунті відображена в науковій літературі для культури льону [57, 111, 231, 403].

Важливе значення для рослин та льону низького, як олійної культури, має вміст доступних форм фосфатів [34, 69, 78, 374, 416, 435]. Фосфатний режим для культури визначається не стільки споживанням, як розчинністю фосфорних сполук, через значні його загальні запаси у ґрунті. Тому важливою у цьому плані є динаміка вологості та біологічної активності ґрунту [17, 61, 253, 362].

Протягом вегетації льону зміна вмісту розчинних фосфатів в орному шарі ґрунту на контролі характеризувалася стійким зменшенням. Більш інтенсивне зменшення вмісту фосфатів відбувалося у передгенеративний період, порівняно із стадією формування та розвитком генеративних органів. Стабільно вищим, протягом всього періоду, був вміст фосфатів на фоні зрошення, що, на нашу думку, пов'язано із відмінностями режиму зволоження. У середньому таке перевищення складало 15,2%, проте в часі мало динаміку до зменшення.

Внесення мінеральних добрив та збільшення їх кількості не змінювало загальну динаміку фосфорного режиму ґрунту протягом вегетації культури. Стабільно найвищою, протягом всього періоду спостережень, була концентрація рухомих фосфатів на максимальному фоні живлення $N_{90}P_{60}K_{60}$, а також при зрошенні порівняно з відповідними варіантами без зрошення. Висока концентрація рухомого фосфору на удобрених варіантах протягом періоду формування насіння та його дозрівання, 31,9–34,7 мг/кг незрошуваних ділянок та 34,4–41,0 мг/кг при зрошенні може свідчити про достатній рівень забезпеченості цим елементом рослин.

Калій відіграє важливу роль у білковому, вуглеводному та водному обмінах, активізує діяльність ферментів регулюючи обмінні процеси, позитивно впливаючи на продуктивність льону, який відносять до групи «калієфільних» рослин [248, 431, 537].

Концентрація калію, найвища на час сівби культури, зменшувалася внаслідок його споживання до найменших значень у фазі дозрівання. За всіх варіантів та визначень у середньому на 2,6% вищим був його вміст за умов

зрошення. Відмінності між окремими варіантами фонів живлення досягали 1,8 та 3,3% відповідно на незрошуваних ділянках і зрошуваного масиву. На час дозрівання вміст рухомого калію був істотно нижчим лише на неудобрених варіантах 316–319 проти 355–367 мг/кг на варіантах внесення різних норм добрив.

Внесення мінеральних добрив суттєво підвищувало вміст доступних форм біогенних елементів у ґрунті. Застосування $N_{90}P_{60}K_{60}$ забезпечило найвищий їх вміст, включно до збирання культури.

3.2 Динаміка росту та розвитку культури

У сільськогосподарських культур генетично зумовленими є тривалість як періоду вегетації, так і окремих біологічно та агротехнологічно важливих періодів. Однак це не виключає вплив умов середовища, метеорологічних показників та заходів агротехніки культури. Як правило, зміни, що покращують забезпеченість потреб рослини, більш повно відповідають їх біології, зумовлюють подовження тривалості активної вегетації взагалі та окремих етапів органогенезу, що позитивно впливає на урожайність та якість продукції [118, 180, 255, 318, 499, 506].

Зміна вологозабезпеченості, рівня мінерального живлення та відмінності у розміщенні рослин на площі поля вплинули на тривалість фаз росту й розвитку льону олійного (табл. 3.6).

Незалежно від інших умов, найбільш тривалими впродовж вегетації культури були міжфазні періоди ялинка – бутонізація та цвітіння – зелена стиглість, які складали відповідно 25,0–26,4 та 22,6–23,7% для цього часу. Найбільш коротким був період від сходів початку фази ялинка. Даний період складав у середньому сім діб, що становило 6,6–7,7% часу.

Сівба із міжряддям 45 см, та внесення мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ подовжувало тривалість зазначених міжфазних періодів у межах однієї доби.

Тривалість наступних міжфазних періодів у більшості випадків була однаковою. Зрошення зумовлювало подовження тривалості фази бутонізація на один день, цвітіння на 2–3 добу, зеленої стиглості – на 1–2, лимонної стиглості – на 2–3, та повної стиглості на 1 добу.

Таблиця 3.6

Тривалість міжфазних періодів льону олійного сорту Південна ніч на фоні різних агротехнічних заходів (середнє за 2009–2013 рр.)

Міжфазні періоди	Варіанти досліду		
	без добрив, міжряддя 15 см, 6 млн шт./га	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ , міжряддя 15 см, 6 млн шт./га	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ , міжряддя 45 см, 6 млн шт./га
Без зрошення			
Сівба – сходи	18	18	18
Сходи – ялинка	7	7	7
Ялинка – бутонізація	24	24	25
Бутонізація – цвітіння	12	13	14
Цвітіння – зелена стиглість	21	22	23
Зелена – лимонна стиглість	13	13	15
Лимонна – повна стиглість	14	14	14
Сівба – повна стиглість	109	110	115
Сходи – повна стиглість	91	93	97
При зрошенні			
Сівба – сходи	18	18	18
Сходи – ялинка	7	7	7
Ялинка – бутонізація	25	25	26
Бутонізація – цвітіння	15	15	16
Цвітіння – зелена стиглість	23	23	24
Зелена – лимон стиглість	16	16	17
Лимонна – повна стиглість	15	15	15
Сівба – повна стиглість	117	119	123
Сходи – повна стиглість	100	101	106

Найбільший вплив на тривалість вегетації культури та окремі міжфазні періоди як вегетативного, так і генеративного розвитку проявляє зрошення. Взагалі тривалість періоду вегетації подовжується на 8–9 діб та досягає 100–106 діб, тоді як на фоні природного зволоження зменшується до 91–97 діб. Період вегетації посівів із міжряддям 45 см подовжується на 4–5 діб, а за внесення мінеральних добрив – на 1–2 доби.

Продуктування урожаю кожної культур суттєво визначається процесами

формування внутрішньої структури посіву. Особливої ваги проблема набуває для льону, та у випадках подвійного використання культури, оскільки щільність посівів зумовлює відмінність процесів формування стеблової маси, співвідношення між насінням та стеблами, якістю та технологічними властивостями соломи.

Елементи агротехнології визначали умови, які впливали на польову схожість та виживання рослин (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Вплив технології вирощування на формування стеблостою льону олійного сорту Південна ніч (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон живлення (В)	Ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га					
	15 см			45 см		
	5	6	7	5	6	7
Польова схожість, %						
Без зрошення (А)						
Без добрив	75,2	75,4	75,8	73,9	73,2	73,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	75,0	75,1	76,0	74,2	74,3	73,6
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	75,0	76,3	76,2	74,5	73,5	73,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	74,7	76,1	75,4	74,3	74,9	73,7
При зрошенні (А)						
Без добрив	74,7	75,2	75,4	73,4	73,3	73,1
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	74,9	75,6	75,8	73,8	73,9	72,7
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	75,2	75,4	76,1	74,2	74,0	74,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	75,8	75,8	75,3	73,8	73,4	73,5
А – 1,26–1,65; В – 1,78–2,34; С – 1,26–1,65; D – 1,54–2,02; ABCD – 6,18–8,09						
Вживання, %						
Без зрошення (А)						
Без добрив	86,4	86,1	85,9	83,8	83,4	82,7
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	86,8	86,6	86,3	84,2	83,7	83,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	86,9	86,5	86,3	84,2	83,5	83,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	86,6	86,4	86,2	84,5	84,0	83,4
При зрошенні (А)						
Без добрив	89,0	88,9	88,4	87,7	86,5	86,2
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	89,5	89,4	88,7	87,4	86,8	86,4
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	89,6	89,4	88,8	87,7	87,2	86,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	89,5	89,2	89,2	87,8	87,2	87,2
А – 0,44–0,55; В – 0,62–0,77; С – 0,44–0,55; D – 0,54–0,67; ABCD – 2,14–2,67						

Несприятливі для культури умови отримання сходів – сильні вітри, різке наростання температур та дефіцит вологості повітря, зумовили низьку польову схожість, яка в незрошуваних умовах коливається від 73,0 до 76,3%, а при

зрошенні – від 72,7 до 76,1%, що є свідченням подібності умов проростання культури. Переваги зрошення проявлялися в дещо вищих запасах вологи в метровому шарі ґрунту, що немало реального значення на етапі проростання.

Вплив інших факторів також не мав чітко вираженого прояву. Різниця між фонами живлення у середньому складала 0,3–0,6 в.п., що також перебуває нижче межі достовірності. Вагомішою була різниця між варіантами норм висіву, в межах від – 0,1 до 1,4 за сівби з міжряддям 15 см та від – 1,2 до 0,6 в.п. при сівбі на 45 см. За суцільної сівби в абсолютних значеннях польова схожість, при зростанні норми висіву, мала загальну тенденцію до підвищення, тоді як на ширококорядних посівах – до зменшення. Достовірно на польову схожість впливало розширення міжряддя. Внаслідок різкого збільшення кількості насіння на погонному метрі ряду польова схожість у середньому зменшилася на 1,7 в.п.

Оскільки ґрунти зони схильні до запливання та утворення кірки, у певній мірі більша зосередженість паростків полегшує винесення сім'ядольних листків на поверхню ґрунту. Однак розширення міжряддя згідно схеми дослідження збільшувало зосередженість насіння втричі, внаслідок чого посилювалася внутрішньовидова конкуренція й польова схожість зменшилася. Таким чином, фон живлення та норма висіву не мають вагомого впливу на польову схожість льону олійного. Збільшення ширини міжряддя з 15 до 45 см при незмінній нормі висіву зменшує польову схожість на 1,7 в.п.

Виживання, як показник, відображає умови, що склалися в період вегетації та відповідність їх потребам рослин. На фоні природного зволоження, під впливом інших факторів, збереження рослин коливалося від 82,7 до 86,9%, а при зрошенні – від 86,2 до 89,6%, в середньому виживання зростало на 3,1 в.п.

Негативно на виживання рослин вплинуло збільшення ширини міжряддя, внаслідок чого показник зменшився у середньому із 87,8 до 85,4%. Вагомішою була відмінність на природному фоні зволоження, в середньому 3,3%. В усіх випадках загушення супроводжувалося зменшенням збереженості, що посилювалося при ширококорядній сівбі. За сівби із міжряддям 15 см суттєвими

були відмінності між окремими варіантами 5 та 7 млн шт./га, тоді як при сівбі з міжряддям 45 см такі відмінності були більш вираженими між всіма градаціями фактору. В середньому без зрошення зростання норми висіву на кожні 1 млн/га зменшувало виживання рослин на 0,25 в.п. при сівбі із міжряддям 15 см та на 0,5 за міжряддя 45 см. При зрошенні збереження рослин зменшувалося відповідно на 0,31 та 0,52 в.п. Виживання рослин на фоні внесення мінеральних добрив було вищим в абсолютних значеннях, проте такі відмінності не перевищували значення $НР_{05}$. Заходи, що сприяють зосередженості рослин на одиниці площі, посилюючи внутрішньовидову конкуренцію, зумовлюють зменшення виживання до 6,9 в.п.

Враховуючи, що матеріальною основою урожаю є синтез пластичних речовин, який відбувається у процесі фотосинтезу в листках рослин, площа асиміляційного апарату відіграє важливу роль у формуванні продуктивності культур. Тож чим більша площа листкової поверхні, тим швидше проходить накопичення органічної речовини рослинами сільськогосподарських культур, що обумовлює збільшення урожайності [240, 398].

З позиції оптико-фізіологічної будови оптимальним є стан посівів культурних рослин, де листковий індекс знаходиться в межах 4–5 [294].

Однак еколого-ценотична стратегія росту й розвитку льону олійного як виду передбачає невелику площу листкової поверхні, хоча у фотосинтезі приймають участь інші органи, що наділені хлоропластами. Однак їх частка менша, а облік є ускладнений, через що аналіз переважно обмежується площею листкової поверхні, яка є домінуючою. Проте за даними Е. И. Кошкіна, Г. Г. Гатауліної, А. Б. Дьякова та ін. [178] у льону-довгунця, що відрізняється більшою довжиною стебла, в фазі ялинки площа стебла складає 37% від загальної площі рослини, у фазі зеленої стиглості – понад 60%. Таким чином, асиміляційна площа рослин льону культурного є більшою, ніж площа листкової поверхні.

Листки льону олійного дрібні, їх середня площа змінюється від 0,3 до 0,8 см², проте на початок цвітіння утворюється 130–400 листків на одній

рослині [111]. За даними наукових досліджень максимальних значень листковий індекс набуває у фазі цвітіння, за результатами різних авторів, досягаючи на кращих варіантах – 2,6–3,9 та більше [56, 61]. Проте в окремих умовах він може бути як меншим, так і значно вищим, та за деякими даними досягати 6 [423].

Результати обліку площі листкової поверхні проведені за норми висіву 6 млн шт./га (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Вплив елементів технології вирощування на площу листкової поверхні
посівів льону олійного сорту Південна ніч, тис. м²/га
(середнє за 2009–2013 рр.)**

Фон мінерального живлення (B)	Ширина міжряддя, см (C)	Фази росту й розвитку (D)			
		ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість
Без зрошення (A)					
Без добрив	15	0,55	19,9	24,7	19,6
	45	0,54	14,5	19,0	17,2
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,56	21,1	26,5	21,6
	45	0,56	15,5	21,1	19,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,58	21,5	27,0	21,8
	45	0,57	15,7	21,6	19,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,59	21,6	27,2	22,1
	45	0,58	15,9	21,8	19,7
При зрошенні (A)					
Без добрив	15	0,55	20,8	27,7	21,8
	45	0,54	16,0	22,7	19,2
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,56	22,2	30,1	23,3
	45	0,55	17,1	25,2	20,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,58	22,6	30,9	24,1
	45	0,57	17,4	25,7	21,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,59	22,7	31,5	24,6
	45	0,58	17,7	26,2	21,8
NIP ₀₅ : A – 0,05–0,07; B – 0,07–0,11; C – 0,05–0,07; D – 0,07–0,10; ABCD – 0,0,28–0,39					

Примітка: Норма висіву 6 млн шт./га

Обліками встановлено інтенсивне наростання площі листкової поверхні до фази цвітіння та наступне її зменшення внаслідок процесу відмирання нижніх листків, що відмічалось в інших роботах [166].

На незрошуваному фоні у фазі ялинка площа листя в середньому складала 0,57 тис. м²/га, змінюючись у подальшому до 18,2, – у фазі бутонізації, до 23,6 у фазі цвітіння, та складаючи 20,1 тис. м²/га – у фазу зеленої стиглості. Оскільки у фазі ялинка поливи не проводили, а вплив фону живлення та особливості розміщення рослин не проявилися, то відмінності між варіантами були найменшими. На фоні зрошення істотне збільшення площі листкової поверхні розпочалося після бутонізації та спостерігалось протягом наступних фаз, сягаючи відповідно 19,6 тис. м²/га, 27,5, та 22,1 тис. м²/га.

Таким чином, за рахунок зрошення площа листкової поверхні у середньому була більшою у фазі бутонізація на 7,41, цвітіння – на 16,5, а зеленої стиглості – на 10,1%. Протягом фаз бутонізації та цвітіння, за рахунок зрошення, більш суттєвим було зростання площі листків на фоні внесення мінеральних добрив та збільшення їх норми, що є проявом взаємодії цих факторів.

Інтенсивніше збільшувалася площа листків у варіантах сівби із міжряддям 45 см, що може бути реакцією на послаблення внутрішньовидової конкуренції рослин за вологу, що проявилось на цих варіантах.

Перевищення площі листкової поверхні у варіантах зі зрошенням у фазі зеленої стиглості на 7,8–11,6% частково зумовлене біологічними особливостями культури, оскільки рослини льону мають незавершений цикл розвитку, затримуючи та відновлюючи вегетацію при наявності вологи, як це відбувалося в 2010 та 2011 роках.

Посилення мінерального живлення рослин, особливо внесення азотних добрив, посилює формування листкового апарату всіх культур, у тому числі і льону олійного [32, 282].

Реакція рослин на внесення мінеральних добрив за величиною була прирівняна до ефекту від зрошення. Якщо у фазі ялинка достовірне збільшення площі листків не спостерігалось навіть на найбільш відмінних фонах живлення, то в подальшому відмічались достовірні переваги кожного варіанту їх застосування. При цьому площа листків зростала відповідно до кількості

внесених добрив. У фазу бутонізації таке збільшення відбулося на 6,03–9,66%, цвітіння – на 7,29–14,7, зеленої стиглості – на 10,2–14,5%. На фоні зрошення відповідно зростання складало 6,73–10,6%; 8,66–15,4; та 6,88–13,5%. Про суттєвий ріст площі листків при застосуванні різних систем живлення свідчать дослідження проведені в інших зонах [40, 190, 246].

За абсолютними значеннями уже при першому визначенні рівномірний розподіл рослин по поверхні поля забезпечував більшу площу листків. Найбільша відмінність між варіантами сівби з міжряддям 15 та 45 см була у фазі бутонізації, коли ще не відбувалося змикання широкорядних посівів. Без зрошення від фази бутонізації до цвітіння різниця в площі листків між цими варіантами зменшувалася з 35,8–37,2 до 24,8–30,0%. При зрошенні визначена більша біологічна маса рослин, змикання в міжряддях наступало раніше, а різниця в площі листків складала відповідно 28,2–30,0% та 19,4–22,0%. Аналогічну реакцію льону олійного на зміну ширини міжряддя відмічали у своїх роботах також Л. Е. Асланова [14] та Ю. М. Гобеляк [63].

Наростання площі листів відбувалося із різною інтенсивністю. Найповільніше воно відбувалося у період сходи – ялинка, досягало максимальних значень протягом періоду ялинка – бутонізація та сповільнювалося за період бутонізація – цвітіння. Позитивний вплив добрив та зрошення проявлявся після завершення фази ялинка.

У процесі онтогенезу змінювався вміст сухих речовин в окремих органах рослин (додаток В.2). У фазі ялинка в листках містилося більше сухих речовин порівнюючи із стеблами на 1,3–1,4 в.п. У фазі бутонізації вміст сухої речовини в стеблах був вищим, ніж у листках у середньому на 1,6 в.п. без зрошення та на 0,5 – при зрошенні. Впродовж вегетації вміст сухих речовин в окремих органах рослини достовірно підвищувався й досягнув найвищих значень у фазі зеленої стиглості. В цей час найбільше сухої речовини містилося саме в коробочках.

Зрошення льону олійного спричиняє достовірне зменшення вмісту сухих речовин в окремих органах рослини у середньому від 0,75 до 5,2% в абсолютних значеннях. На фоні природного вологозабезпечення, при внесенні

добрив та підвищенні їх норми вміст сухої речовини в листках зростав на 0,1–1,2, в стеблах – на 0,2–1,6, а репродуктивних органах – на 0,6–3,2 в.п. На фоні зрошення при удобренні спостерігалось зменшення вмісту сухої речовини в листках на 0,3–5,4, стеблах - на 0,2–5,2, в бутонах та корзинках – на 0,2–3,1% в абсолютному вимірі. Збільшення ширини міжряддя з 15 до 45 см призводило до підвищення вмісту сухої речовини в органах рослини у середньому на 1,2 без зрошення та на 0,9 в.п. – при зрошенні.

Про аналогічне зростання вмісту сухої маси в рослинах льону протягом вегетації культури свідчать інші дослідження. Якщо в молодих рослинах льону-довгунцю вміст сухої речовини складав 13,1–13,7%, то в період цвітіння досягав 19,2–23,8%, у ранній жовтій стиглості – 40,0%, у жовтій стиглості 45,1%, а у повній – 57,2% [135].

У процесі формування урожаю важливим є синтез сухої маси, що є матеріальною основою продуктивності посівів. Після проростання, на етапі ювенільного вікового стану рослини льону активно формують асимілятивний апарат та мають незначну масу (табл. 3.9).

Так, у фазі ялинки суха наземна маса рослин складала 60–70 кг/га. Подальший іматурний віковий період характеризувався швидким ростом та розвитком рослин, суха речовина яких досягала 0,70–1,12 т/га без зрошення та 0,77–1,27 т/га – при зрошенні. На достовірному рівні проявлялися переваги вологозабезпечення, удобрення та сівби із міжряддям 15 см. Активне накопичення маси відбувалося протягом наступних періодів росту й розвитку. На час цвітіння суха речовина рослин збільшилася від попереднього рівня в 2,97 рази без зрошення та в 3,43 рази – при зрошенні. За рахунок поливу маса у середньому зросла на 30,7%.

Від схеми удобрення на незрошуваних варіантах біологічна маса рослин зростала на 16,5–38,6%, а при зрошенні – на 15,2–39,9%. Також зберігалися переваги варіантів, де сівба проводилася з міжряддям 15 см, відносно до широкорядного.

Таблиця 3.9

Вплив елементів технології вирощування на формування сухої маси посівами льону олійного сорту Південна ніч, т/га (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон мінерального живлення (В)	Ширина міжряддя, см (С)	Фази росту й розвитку (D)				
		ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість	повна стиглість
Без зрошення (А)						
Без добрив	15	0,06	0,91	2,60	4,10	4,31
	45	0,06	0,70	1,97	3,15	3,34
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,07	1,01	3,03	4,98	5,33
	45	0,07	0,81	2,39	3,81	4,12
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,07	1,08	3,25	5,41	5,79
	45	0,07	0,86	2,62	4,13	4,46
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,07	1,12	3,42	5,65	6,05
	45	0,07	0,91	2,73	4,34	4,69
При зрошенні (А)						
Без добрив	15	0,06	0,98	3,36	5,34	5,66
	45	0,06	0,77	2,63	4,21	4,50
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,07	1,12	3,87	6,40	6,91
	45	0,07	0,94	3,18	5,04	5,48
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,07	1,20	4,17	6,82	7,36
	45	0,07	1,01	3,47	5,39	5,87
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,07	1,27	4,40	7,15	7,72
	45	0,07	1,09	3,68	5,63	6,18
NIP ₀₅ : А – 0,01–0,02; В – 0,01–0,003; С – 0,01–0,02; D – 0,01–0,03; ABCD – 0,04–0,11						

Примітка: Норма висіву 6 млн шт./га

Активне формування сухої речовини продовжувалося протягом наступних етапів генеративного періоду. До фази зеленої стиглості її кількість зросла в 1,6 рази від попередньої, на час повної стиглості – ще на 7,1–8,0%. Загальні закономірності впливу факторів, що підлягали вивченню зберігалися. У результаті на час дозрівання посіви культури на фоні зрошення накопичували сухої речовини на 30,4% більше. За рахунок удобрення та збільшення норми добрив зростання становило 21,0–37,8% та 19,9–33,9%, відповідно без зрошення та при зрошенні. Найбільше сухих речовин було синтезовано рослинами при внесенні максимальної норми добрив N₉₀P₆₀K₆₀ та сівби з міжряддям 15 см, відповідно 6,05 т/га без зрошення та 7,72 т/га – при зрошенні.

На зазначеному мінеральному фоні за міжряддя 45 см посіви накопичували відповідно 4,69 та 6,18 т/га сухої речовини.

У процесі онтогенезу відбувається не тільки утворення, а й перерозподіл пластичних речовин, унаслідок чого формуються окремі тканини та органи рослини. Враховуючи потреби використання як насіння, так і соломи представляє інтерес динаміка розподілу сухих речовин між окремими органами рослини (додаток В.3).

Спостерігалось посилення впливу факторів інтенсифікації на показники сухої речовини, яка накопичувалася в окремих органах рослин. Так, якщо без зрошення у фазі цвітіння суха речовина листя складала 0,73 т/га, то при зрошенні 1,02 т/га, а у фазі зеленої стиглості відповідно – 0,56 та 0,77 т/га. В останнє визначення стеблова маса рослин збільшилася на 31,7% (до 2,53 т/га), маса зосереджена в коробочках на 20% (до 2,45 т/га).

Посилення фону мінерального живлення сприяло збільшенню сухої речовини, зосередженої в усіх органах рослини. Внаслідок удобрення маса соломи підвищувалася на 24,3–46,4%, а коробочок – 15,6–23,2%. Найвищі значення отримані на максимальному фоні мінерального живлення, $N_{90}P_{60}K_{60}$, вищі темпи зростання властиві для менших норм внесення. Збільшення ширини міжряддя призводило до зменшення сухої речовини коробочок у середньому на 21,9%, стебел – на 23,6%.

У результаті найбільша маса стебел та коробочок була сформована льоном олійним за сівби з міжряддями 15 см на максимальному фоні мінерального живлення $N_{90}P_{60}K_{60}$ відповідно 2,41 та 2,54 т/га без застосування зрошення та 3,27 і 2,90 т/га – за умов штучного зволоження.

Елементи технології вирощування змінювали співвідношення між листками, стеблами та коробочками (додаток В.4). Протягом морфотипу ялинка від 74 до 75,8% маси сухої речовини було зосереджено в листках рослин, що тривало до фази бутонізації, проте частка сухої речовин, зосередженої в листках, зменшилася та змінювалася в межах від 53,6 до 58,2%.

При цьому на фоні зрошення частка листків була вищою у середньому на

3,11 в.п. Аналогічна різниця між рослинами висіяними із міжряддям 15 та 45 см, не перевищувала 1,0 в.п. Від фази бутонізації розпочалося формування репродуктивних органів та швидке зростання частки сухої маси, зосередженої в них. У фазі цвітіння у варіанті без зрошення вони склали 17,3–22,2% маси рослини. При зрошенні їх частка була меншою – 12,1–18,7%. Вищою також була частка сухої речовини бутонів на природному фоні живлення. Така особливість, на нашу думку, є наслідком подовження вегетації культури внаслідок зрошення та застосування мінеральних добрив.

У фазі зеленої стиглості у середньому на незрошуваних ділянках 12,7% сухої речовини рослини було зосереджено в листках, 41,4 – в стеблах та 46,0% – в коробочках. При зрошенні листки склали 13,4%, стебла – 43,8, а коробочки – 42,8% сухої речовини рослини. Незалежно від умов зволоження внесення мінеральних добрив обумовлювало зростання частки сухої речовини зосередженої в листках та стеблах, та зменшення частки, яка була в коробочках.

У процесі онтогенезу відбувається формування та зростання частки репродуктивних органів. У фазі цвітіння співвідношення між листками, стеблами та бутонами за природного зволоження в середньому складало 0,27; 0,54; 0,19, тоді як при зрошенні – 0,29; 0,58; 0,15, відповідно. При зрошенні в рослинах, вищою була частка стебел та листкової маси, що є наслідком подовження вегетації культури. За рахунок підвищення фону мінерального живлення частка стебел у загальній масі сухих рослин зростала, у середньому, без зрошення із 54,2 до 57,6%, а на фоні зрошення – з 54,8 до 59,0%. При розширенні міжряддя частка стебел зменшувалася, тоді як частка листків та бутонів – зростала.

У фазі зеленої стиглості різко зростала частка репродуктивних органів, а тому співвідношення між листками, стеблами та коробочками наблизилося до 0,13:0,42:0,46 без зрошення та 0,13:0,44:0,43 – при зрошенні. На фоні зрошення меншою була частка коробочок та вищою – стебел. Зрошення та посилення фону мінерального живлення зумовлюють зростання частки та біологічної маси, зосередженої в стеблах рослин льону олійного, що є позитивним з позиції

подвійного використання культури.

Ефективність функціонування листкової поверхні льону оцінюють чистою продуктивністю фотосинтезу, причому покращення умов росту й розвитку рослин підвищує, як величину, так і ефективність його функціонування [85].

Найвищою здатність листків та інших зелених органів рослин до фотосинтезу властива для майже сформованих листків при оптимальному рівні внутрішньовидової конкуренції, забезпеченості факторами життя та умовами середовища. У більшості однорічних рослин інтенсивність фотосинтезу досягає максимуму у ранній та зрілий генеративний період, тоді як у пізній генеративний період вони знижується, про що свідчить чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) посіву. В наших дослідженнях цей показник зростав досягаючи максимальних значень протягом міжфазного періоду бутонізація – цвітіння та зменшувався в подальшому (табл. 3.10).

Протягом періоду ялинка – бутонізація на фоні зрошення перевищення чистої продуктивності фотосинтезу у середньому складало 8,3%. Вищою була продуктивність фотосинтетичного апарату при внесені добрив, а також за меншої ширини міжряддя.

Протягом періоду бутонізація – цвітіння ЧПФ, відносно попереднього, збільшилася в 2,9 рази. Постійно вищим цей показник був на фоні зрошення також за сівби із міжряддям 15 см. При внесені мінеральних добрив та їх збільшенні ЧПФ зростала, а найвищі її значення відзначено на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ відповідно 7,24 г/м² добу – без зрошення та 7,70 г/м² добу – при зрошенні.

Високою ЧПФ зберігалася протягом міжфазного періоду цвітіння – зелена стиглість. На природному фоні вологозабезпечення вона змінювалося в межах від 2,96 до 4,03 г/м² добу, а на фоні штучного зволоження – від 3,28 до 4,27 г/м² добу. Як і раніше даний показник суттєво зростав при застосуванні мінеральних добрив та за менших міжрядь.

Таблиця 3.10

Чиста продуктивність фотосинтезу посівів льону олійного за різних елементів технології його вирощування, г/м² за добу (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон мінерального живлення	Ширина міжряддя, см	Міжфазні періоди росту й розвитку			
		ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	зелена – повна стиглість
Без зрошення					
Без добрив	15	2,16	6,31	3,22	0,78
	45	1,74	6,35	2,96	0,78
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	2,34	6,53	3,70	1,19
	45	2,06	6,17	3,05	1,12
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	2,50	6,88	4,03	1,27
	45	2,22	6,75	3,20	1,17
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	2,61	7,24	3,93	1,33
	45	2,38	6,90	3,24	1,21
При зрошенні					
Без добрив	15	2,24	6,54	3,48	0,95
	45	1,85	6,40	3,28	0,95
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	2,49	7,01	4,12	1,41
	45	2,32	6,62	3,37	1,33
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	2,67	7,41	4,20	1,46
	45	2,52	7,13	3,39	1,41
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	2,85	7,70	4,27	1,49
	45	2,73	7,38	3,38	1,58

Період формування сухої речовини продовжувався практично до припинення вегетації культури, однак інтенсивність його сповільнювалася, до 0,78–1,33 г/м² добу – без зрошення та 0,95–1,58 г/м² добу – при зрошенні, при цьому позитивний вплив застосування мінеральних добрив зберігався.

Усереднена за вегетацію ЧПФ представлена на рис. 3.2. За рахунок зрошення вона зростала, в середньому із 3,6 до 3,9 г/м² за добу, а за рахунок внесення мінеральних добрив на природному фоні вологозабезпечення – із 3,14–3,37 до 3,63–4,06 г/м² добу, та при штучному зволоженні – із 3,38–3,60 до 3,98–4,38 г/м² добу.

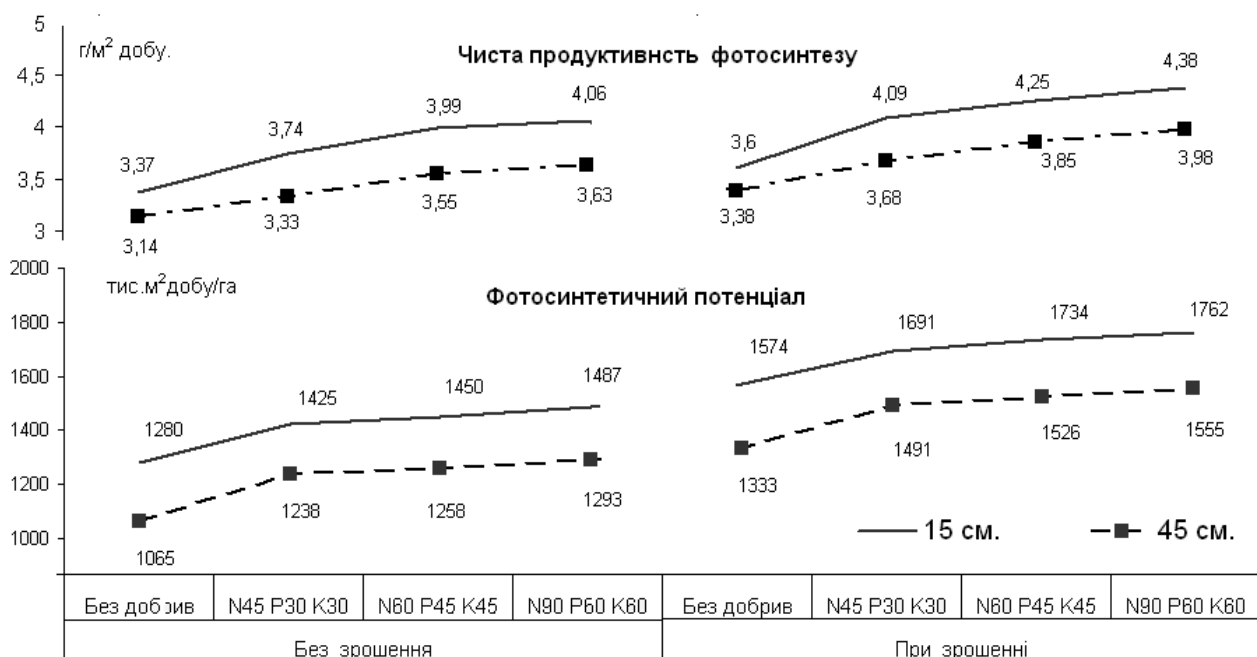


Рис. 3.2 Ефективність роботи асиміляційного апарату льону олійного залежно від елементів технології вирощування (середнє за 2009–2013 рр.)

Відмічається вищий приріст від застосування першого мінерального фону та більш інтенсивне наростання показника від вищих норм добрив на фоні зрошення. Послаблення внутрішньовидової конкуренції зменшенням ширини міжряддя підвищує чисту продуктивність фотосинтезу у межах від 6,5 до 12,4%, що складає 0,22 та 0,44 г/м² добу, відповідно.

Процеси фотосинтезу тісно пов'язані із ступенем розвитку асиміляційного апарату рослини, а динаміка зміни площі листкової поверхні має свої закономірності [242, 413].

Враховуючи різну тривалість окремих етапів росту й розвитку, динаміку площі листків, користуються показником фотосинтетичного потенціалу посівів культури (табл. 3.11).

Протягом вегетації фотосинтетичний потенціал посівів (ФП) зростав, до максимальних значень у міжфазний період цвітіння – зелена стиглість, а у подальшому – знижувався. Найбільше впливало на його зміни зрошення, підвищення становило 20,6%, тоді як за рахунок удобрення зростання

відбувалося у межах 9,5–18,6% залежно від умов вологозабезпечення.

Таблиця 3.11

Фотосинтетичний потенціал посівів льону олійного сорту Південна ніч за різних елементів технології вирощування, тис. м² добу/га (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон мінерального живлення	Ширина міжряддя, см	Міжфазні періоди					
		сходи ялинка	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	зелена стиглість – повна стиглість	сходи – повна стиглість
Без зрошення							
Без добрив	15	9,57	272	268	465	265	1280
	45	9,52	215	201	398	241	1065
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	9,85	286	309	529	291	1425
	45	9,73	228	256	465	280	1238
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	10,2	293	315	537	295	1450
	45	10,0	232	261	472	283	1258
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	10,3	295	317	567	298	1487
	45	10,1	235	264	498	286	1293
При зрошенні							
Без добрив	15	9,65	294	364	569	337	1574
	45	9,48	244	291	482	307	1333
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	9,84	313	393	614	361	1691
	45	9,70	258	338	552	332	1491
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	10,2	319	401	632	373	1734
	45	10,0	264	345	565	342	1526
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	10,3	320	406	644	381	1762
	45	10,1	268	351	577	349	1555

Від сходів до фази ялинка не існувало відмінностей між варіантами різного вологозабезпечення та ширини міжряддя, проте на максимальному фоні мінерального живлення перевищення над контролем без добрив досягало 6,6–6,9%.

Протягом міжфазних періодів ялинка – бутонізація та бутонізація – цвітіння ФП складав відповідно 257 та 274 тис. м² добу/га за умов природного зволоження і 285 та 361 тис. м² добу/га – при зрошенні. В зазначені періоди

проявлявся позитивний вплив удобрення та меншої ширини міжряддя.

У міжфазний період цвітіння – зелена стиглість ФП без зрошення у середньому зріс до 491 тис. м² добу/га. За рахунок внесення добрив він збільшувався, залежно від норми, в середньому на 15,2–23,4%, а за рахунок зміни міжряддя – на 13,8–16,8%. При зрошенні зростання відбулося на 17,9% та становило 579 тис. м² добу/га. Від удобрення збільшення відбувалося в межах від 10,9 до 16,2%, від способу розміщення рослин – 11,2–18,6%.

Протягом міжфазного періоду зелена стиглість – дозрівання, ФП зберігався у середньому на рівні 280 та 348 тис. м² добу/га без зрошення та при зрошенні відповідно. Середньозважене перевищення в 24,3% було зумовлене як більшою площею листків, так і подовженням даного періоду за умов кращого вологозабезпечення. Взагалі за період вегетації культури ФП за рахунок зрошення зростав на 18,5–25,2%, за внесення мінеральних добрив – від 7,4 до 21,4%, а внаслідок зміни ширини міжряддя – на 13,3–20,2%.

3.3 Вплив вологозабезпечення та мінерального живлення на динаміку ростових процесів, формування біомаси та споживання елементів

У науковій літературі є інформація про нерівномірність поглинання елементів живлення рослинами та різного їх вмісту в тканинах льону протягом їх росту й розвитку [28, 188, 204]. Це зумовлено як фізіологічними змінами у рослині в процесі онтогенезу, так і відмінностями ґрунтового середовища, погодних умов, елементів технології вирощування, сортових особливостей.

Динаміку вмісту елементів живлення досліджували за сівби із міжряддям 15 см. нормою висіву 6 млн шт./га (табл. 3.12). У середньому протягом усього періоду вегетації, співвідношення між азотом, фосфором та калієм було близьким до 1:0,5:0,6 на незрошуваних ділянках та 1:0,6:0,7 – при зрошенні.

Таблиця 3.12

**Вміст елементів живлення в наземній масі льону олійного сорту Південна
ніч залежно від режиму зволоження та фону живлення,%
(середнє за 2011–2013 рр.)**

Режим зволоження (А)	Фон мінерального живлення (В)	Діб від повних сходів (С)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Азот											
Без зрошення	Без добрив	3,19	3,46	3,39	2,28	1,93	1,76	1,65	1,52	1,37	–
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	3,28	3,66	3,61	2,42	1,98	1,79	1,73	1,65	1,40	–
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,33	3,80	3,74	2,54	2,05	1,85	1,75	1,73	1,54	–
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,34	3,91	3,85	2,64	2,29	2,05	1,91	1,86	1,68	–
НІР ₀₅ : В – 0,05; С – 0,07–0,08; ВС – 0,14–0,15											
При зрошенні	Без добрив	3,20	3,49	3,44	2,19	1,66	1,60	1,50	1,39	1,35	1,27
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	3,29	3,67	3,50	2,29	1,77	1,67	1,54	1,47	1,40	1,30
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,33	3,78	3,71	2,43	1,86	1,76	1,61	1,57	1,49	1,33
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,33	3,89	3,86	2,52	1,98	1,85	1,68	1,63	1,50	1,35
НІР ₀₅ : В – 0,04–0,05; С – 0,07–0,08; ВС – 0,13–0,15											
Фосфор											
Без зрошення	Без добрив	1,34	1,65	1,75	1,02	0,89	0,85	0,80	0,82	0,83	–
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,35	1,67	1,76	1,04	0,94	0,86	0,83	0,87	0,86	–
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,38	1,70	1,85	1,08	0,95	0,86	0,83	0,87	0,86	–
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,37	1,72	1,83	1,10	0,98	0,89	0,85	0,89	0,88	–
НІР ₀₅ : В – 0,02–0,03; С – 0,03–0,04; ВС – 0,06–0,08											
При зрошенні	Без добрив	1,36	1,65	1,77	1,10	0,87	0,85	0,80	0,78	0,82	0,84
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,40	1,67	1,81	1,18	0,97	0,91	0,84	0,80	0,83	0,85
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,42	1,71	1,81	1,19	0,97	0,91	0,84	0,83	0,87	0,89
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,40	1,73	1,85	1,27	1,01	0,97	0,89	0,86	0,89	0,90
НІР ₀₅ : В – 0,02; С – 0,03–0,04; ВС – 0,06–0,07											
Калій											
Без зрошення	Без добрив	1,88	1,84	1,78	1,40	1,12	0,99	0,89	0,85	0,81	–
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,91	1,87	1,84	1,53	1,17	1,05	1,00	0,96	0,90	–
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,92	1,93	1,91	1,65	1,27	1,15	1,08	1,04	0,99	–
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,96	1,94	1,92	1,73	1,37	1,25	1,17	1,13	1,04	–
НІР ₀₅ : В – 0,02–0,03; С – 0,04; ВС – 0,07–0,08											
При зрошенні	Без добрив	1,97	2,00	1,96	1,85	1,32	1,20	1,08	1,01	0,97	0,89
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2,03	2,01	1,98	1,93	1,42	1,30	1,17	1,09	1,03	0,96
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2,04	2,03	2,01	1,94	1,57	1,44	1,29	1,18	1,13	1,05
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,04	2,04	2,02	1,95	1,64	1,52	1,35	1,23	1,16	1,07
НІР ₀₅ : В – 0,03; С – 0,04–0,05; ВС – 0,08–0,11											

Вміст азоту в наземній частині рослини мав тенденцію до зниження, без зрошення – із 3,19–3,34% на 10-у добу після сходів до 1,37–1,68% – на 90-у добу, та при зрошенні відповідно із 3,2–3,33% до 1,27–1,35% – через 100 діб. Найбільш високим вміст азоту в рослинах був протягом перших 30 діб, із подальшим зменшенням майже в 1,5–1,6 рази. При цьому із 10 по 20 добу відмічалось достовірне підвищення концентрації азоту, та подальше несуттєве зменшення. Підвищений вміст азоту протягом перших 30 діб може бути пов'язаний як із використанням проростками запасів поживних речовин ендосперму, так і з вищим вмістом його в ґрунті у даний період. Від 40 доби після появи сходів і до завершення спостережень відбувалося рівномірне та незмінне зниження вмісту азоту в наземній масі льону олійного.

На початку вегетації (на 10 добу), та наприкінці вегетації (після 60 діб) відмінності між суміжними варіантами удобрення були, як правило, несуттєвими. Однак у переважній більшості випадків між віддаленими варіантами різниця перевищувала HP_{05} для часткових відмінностей. У середньому, на зрошуваному фоні рослини в наземній масі містили азоту на 0,22% менше.

Зменшення вмісту в рослинах льону азоту в 1,5–2,0 рази до фази цвітіння відмічені також іншими дослідниками [167]. Збільшення вмісту азоту в масі рослин внаслідок застосування добрив було відмічено в досліді льону-довгунця [191].

Вміст загальних фосфатів у наземній масі рослин був найбільш стабільним серед досліджуваних елементів. Він змінювався від 1,34–1,38% на 10 добу до 0,83–0,88% – на 90 добу вегетації.

При зрошенні такі відмінності були в межах відповідно від 1,36–1,42% до 0,84–0,9%. Загальна динаміка вмісту фосфатів була подібною до азоту, проте менш динамічною, амплітуда коливань була меншою. Незалежно від умов зволоження відмічалось збільшення вмісту фосфатів протягом тридцятиденного періоду, різке зменшення їх кількості протягом наступних десяти діб та подальше поступове стабільне їх зменшення до визрівання

культури.

При зрошенні вміст фосфатів у абсолютних значеннях був переважно вищим, ніж без зрошення, особливо на фоні внесення мінеральних добрив, однак лише в окремих випадках різниця була достовірною.

Достовірне підвищення вмісту фосфатів внаслідок внесення мінеральних добрив спостерігалось лише на віддалених фонах живлення. Максимальна концентрація фосфору спостерігалася на граничному фоні мінерального живлення $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Про відносно стабільний вміст фосфору в зелених рослинах включно до цвітіння вказують дослідження Г. Д. Коломнікової. При цьому в період дозрівання переважна частина елемента була зосереджена в насінні [167].

Споживання рухомого калію мало свої особливості. В незрошуваних умовах протягом перших тридцяти діб, та протягом сорока діб при зрошенні, спостерігалось поступове зменшення його кількості в сухій речовині рослин. У подальшому, протягом наступних тридцяти діб, концентрація калію різко зменшувалася, після чого процес повільно продовжувався включно до часу визрівання культури.

Найменший вміст калію відзначено в останнє визначення, та становив 0,81–1,04% без зрошення та 0,89–1,07% – на фоні зрошення. У середньому на фоні зрошення вміст калію в рослинах був вищим на 9%, що пов'язано також зі зміною співвідношення між масою насіння та стебел.

Подібна динаміка зміни вмісту калію відмічена також в інших дослідженнях [197]. Зниження вмісту калію на етапі дозрівання рослин частково зумовлено зміною співвідношення між органами рослини внаслідок відмирання листового апарату, де була зосереджена значна кількість цього елемента [204].

Кількість спожитих посівами елементів живлення залежать також від маси рослин. Досліджувані фактори впливали на формування наземної біологічної маси рослин, проте динаміка зміни цього показника була принципово іншою (табл. 3.13).

На фоні природного зволоження протягом перших тридцяти діб від появи сходів сира маса рослин зростала повільними темпами, після чого впродовж двадцяти діб спостерігалось різке її підвищення.

Таблиця 3.13

Динаміка накопичення сирої маси посівами льону олійного сорту Південна ніч, т/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Фон мінерального живлення (В)	Діб від повних сходів (С)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Без зрошення (А)										
Без добрив	3,01	4,10	5,30	11,1	13,0	14,2	13,2	9,80	6,70	–
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	3,11	4,39	5,60	12,7	16,9	18,5	17,1	12,2	8,11	–
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,20	4,60	6,01	13,1	18,6	19,9	18,3	13,5	8,90	–
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,20	4,80	6,31	13,3	19,9	21,1	18,8	14,2	9,40	–
НІР ₀₅	В – 0,09–0,17; С – 0,14–0,250; ВС – 0,27–0,51									
При зрошенні										
Без добрив	3,00	4,30	5,80	14,3	21,0	21,8	21,1	18,1	14,2	8,69
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	3,10	4,71	6,81	16,8	25,1	27,0	26,0	22,8	17,7	10,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,19	5,00	7,20	17,9	26,7	28,0	28,4	24,4	19,4	11,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,29	5,21	7,60	18,5	27,8	29,3	30,2	26,4	21,0	12,3
НІР ₀₅	В – 0,16–0,21; С – 0,16–0,21; ВС – 0,25–0,33									

Протягом наступного періоду, до 60 доби, прирости зменшилися, сира маса рослин досягала свого найвищого значення. Коли розпочиналося та прискорилося її зменшення рослини перебували в пізньому генеративному віковому стані.

Відмінність між варіантами різного рівня мінерального живлення на достовірному рівні проявилася на двадцяті добу після сходів, та посилювалася із часом. Найбільшою, (0,29–4,3 т/га), вона була між контролем та внесенням N₄₅P₃₀K₃₀. Між наступними фонами мінерального живлення відмінності за абсолютними значеннями були меншими, (0,2–1,7 т/га). При зрошенні ситуація була подібною.

Різниця між контролем та варіантом із внесенням N₄₅P₃₀K₃₀ знаходилася в межах 1,0–5,2 т/га, тоді як між наступними градаціями фактору 0,39–2,4 т/га. Таким чином, у динаміці формування сирої наземної маси льону олійного

виділяється чотири етапи: повільного наростання; інтенсивного приросту; стабільно високого рівня продуктивності; та періоду повільного зменшення сирової маси.

Найбільш суттєво на формування маси рослин вплинули вологозабезпечення та мінеральні добрива. Динаміка формування посівами льону олійного сухої наземної речовини представлено в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14

Динаміка накопичення абсолютно сухої маси посівами льону олійного сорту Південна ніч, т/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Фон мінерального живлення (В)	Діб від повних сходів (С)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Без зрошення (А)										
Без добрив	0,47	0,68	0,88	2,18	3,23	3,91	4,45	4,42	4,37	
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,50	0,73	0,96	2,58	3,96	4,88	5,49	5,40	5,30	
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,51	0,76	1,04	2,74	4,24	5,26	5,96	5,88	5,79	
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,51	0,79	1,10	2,88	4,42	5,45	6,21	6,16	6,10	
НР ₀₅	В – 0,08–0,012; С – 0,12–0,19; ВС – 0,24–0,37									
При зрошенні										
Без добрив	0,47	0,70	0,93	2,50	4,12	4,75	5,40	5,67	5,61	5,58
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,50	0,76	1,06	2,87	4,76	5,62	6,61	6,97	6,92	6,86
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,51	0,80	1,13	3,06	5,07	6,01	7,06	7,41	7,31	7,27
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,53	0,84	1,20	3,20	5,31	6,29	7,41	7,80	7,76	7,70
НР ₀₅	В – 0,11–0,14; С – 0,17–0,22; ВС – 0,33–0,44									

Процеси накопичення біологічної маси рослинами відбуваються у відповідності до «великої кривої росту». Протягом перших двадцяти діб від появи сходів наростання проходило повільними темпами 0,26–0,28 т/га, хоча збільшення складало 1,52 та 1,37 рази.

Різке наростання сухої наземної речовини за природного зволоження тривало до 70 доби спостереження, при зрошенні – тривало ще 10 діб. За цей період без зрошення маса рослин досягала своїх максимальних значень 4,45–6,21 т/га залежно від фону живлення. У подальшому відбувалося зменшення кількості сухої наземної маси рослин, що було пов'язано як із її перерозподілом та формуванням запасних тканин насіння, так і відмиранням

листяного апарату.

Достовірний прояв удобрення на процес формування наземної маси рослин проявлявся після 20 діб вегетації. Посилення фону живлення супроводжувалося постійним зростанням сухої речовини, тому найвища її кількість була на фоні живлення $N_{90}P_{60}K_{60}$. В останньому визначенні приріст сухої речовини за рахунок внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ склав 21,3%, $N_{60}P_{45}K_{45}$ 32,5%, а $N_{90}P_{60}K_{60}$ – на 39,6%.

На фоні зрошення на контролі без добрив посівами льону було сформовано 5,58 т/га сухої речовини, перевищення за варіантами удобрення дорівнювало відповідно 22,9; 30,3 та 38,0%.

Вплив зрошення на накопичення сухої наземної речовини проявився після 30 діб від початку сходів, коли посіви льону сформували наземної маси на 5,6–10,4% більше, та посилювався в подальшому. На час дозрівання льону олійного, внаслідок зрошення перевищення сухої наземної речовини рослин складало залежно від фону живлення 25,6–29,4%.

У динаміці формування наземної маси льону олійного проявилася етапи поступового наростання; інтенсивного приросту до досягнення максимального значення; поступового відмирання маси. Зрошення зумовлює подовження фази інтенсивного приросту та досягнення вищих значень. Кореляція між накопиченням сухої речовини та сирої наземної маси рослин була тісною ($R=0,77$).

За динамікою формування сухої речовини та вмістом елементів живлення проведені розрахунки зосередження в наземній частині рослин головних елементів (табл. 3.15). Накопичення азоту мало синусоїдальну динаміку, а відмінності між окремими варіантами були математично достовірними.

Протягом тридцяти діб відбувалося лінійне наростання кількості елемента в наземній масі рослин. На незрошуваних ділянках найбільш стрімке нагромадження азоту відбувалося із тридцятої по сорокову добу від сходів культури.

Так, якщо за перші двадцять діб рослини поглинули азоту, залежно від

фону живлення, від 14,9 до 25,4 кг/га, то за наступні десять діб кількість елемента зросла ще від 19,9 до 40,5 кг/га. У подальшому динаміка накопичення азоту була дещо нижчою. Без зрошення максимальну кількість азоту накопичили рослини на сімдесяту добу від сходів культури, після чого внаслідок відмирання листкової маси, кількість елемента почала зменшуватися.

Таблиця 3.15

**Динаміка накопичення елементів наземною масою льону олійного сорту
Південна ніч, кг/га (середнє за 2011–2013 рр.)**

Режим зволоження (А)	Фон мінерального живлення (В)	Діб від повних сходів									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Азот											
Без зрошення	Без добрив	15,1	23,6	30,0	49,9	62,3	68,8	73,4	67,1	60,0	–
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	16,3	26,7	34,6	62,7	78,4	87,4	94,8	89,1	74,0	–
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	16,9	28,9	39,0	69,7	86,8	97,4	104	102	89,2	–
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	17,0	30,9	42,4	76,2	101	112	119	115	102	–
При зрошенні	Без добрив	15,0	24,4	31,9	54,6	68,4	76,1	80,9	78,9	75,7	70,9
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	16,3	28,0	37,3	65,7	84,2	94,1	102	102	96,8	89,1
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	16,9	30,3	42,0	74,3	94,4	106	114	116	109	96,7
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	17,7	32,8	46,3	80,9	105	116	125	127	116	104
Фосфор											
Без зрошення	Без добрив	6,35	11,3	15,5	22,2	28,7	33,1	35,6	36,3	36,3	–
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,70	12,2	16,8	26,8	37,2	41,7	45,7	46,9	45,4	–
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,99	12,9	19,3	29,6	40,3	45,3	49,3	51,1	49,8	–
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,95	13,6	20,1	31,7	43,3	48,5	52,8	54,9	53,6	–
При зрошенні	Без добрив	6,39	11,5	16,4	27,5	35,8	40,3	43,1	44,2	46,0	46,9
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,95	12,7	19,3	33,8	46,1	51,0	55,2	55,8	57,4	58,5
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	7,19	13,7	20,5	36,4	49,4	54,7	59,5	61,5	63,4	64,8
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	7,42	14,6	22,2	40,6	53,5	61,0	65,6	67,1	69,1	69,4
Калій											
Без зрошення	Без добрив	8,89	12,6	15,7	30,6	36,2	38,8	39,7	37,5	35,5	–
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	9,50	13,7	17,7	39,5	46,3	51,4	54,9	51,8	47,6	–
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	9,73	14,7	19,9	45,2	53,9	60,5	64,4	61,2	57,2	–
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	9,94	15,3	21,1	50,0	60,5	68,3	72,7	69,3	63,4	–
При зрошенні	Без добрив	9,27	13,9	18,1	46,3	54,3	57,0	58,4	57,3	54,6	49,7
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	10,1	15,3	21,0	55,4	67,7	73,0	77,3	75,8	71,2	65,8
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	10,4	16,2	22,7	59,4	79,7	86,6	91,3	87,5	82,6	76,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	10,8	17,2	24,2	62,5	87,0	95,6	100	96,2	90,3	82,3

Незалежно від режиму вологозабезпечення достовірно зростання поглинутого азоту при застосуванні добрив проявилось в другому визначенні та

спостерігалось у подальшому. У більшості випадків збільшення кількості спожитого рослинами азоту на вищих фонах мінерального живлення було достовірним, при цьому різниця між варіантами зростала до найбільших значень у період максимального накопичення елемента на сімдесяту добу спостережень. Так, без зрошення посіви льону олійного накопичували азоту при внесенні $N_{45}P_{30}K_{30}$ на 21,45 кг/га більше порівняно із контролем, а за внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$ були більше відповідно на 30,6 та 45,6 кг/га. Після завершення вегетації культури така різниця складала 14,0, 29,2 та 42,0 кг/га відповідно.

При зрошенні найбільша кількість азоту була зосереджена у наземній масі рослин льону на 70–80 добу, що зумовлено як динамікою процесів накопичення сухої маси, вмісту елемента в ній, так і відмінностями у фенології культури за різних умов зволоження. Різниця між варіантами удобрення була в межах від 11,0 до 23,1 кг/га.

Відмінність між варіантами різного вологозабезпечення в споживанні азоту протягом вегетації культури зростала, досягаючи найвищих значень (14–2,8 кг/га), в пізній генеративний період. У середньому, в наземній масі льону олійного при зрошенні містилося азоту в 1,11 рази більше, ніж без зрошення.

Накопичення фосфору наземною масою льону олійного протягом усього періоду вегетації мало загальну тенденцію до наростання подібно до логарифмічної функції. Найвищими темпами відбувалося нагромадження елемента протягом п'ятдесяти діб від появи сходів.

У подальшому швидкість приросту фосфору в масі рослин зменшилася, за останні десять діб. Відмінності між різними фонами мінерального живлення у поглинанні фосфору проявилися на двадцятую добу після появи сходів та зберігалися протягом усіх стадій росту й розвитку культури. По завершенні вегетації у варіантах внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ в наземній масі було зосереджено фосфатів на 9,1 кг/га більше, ніж на контролі, а при внесенні $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$ – відповідно на 13,5 та 17,3 кг/га більше.

При зрошенні рослини льону олійного споживали із ґрунту більше фосфору, ніж без зрошення, як на контролі, так і у варіантах внесення мінеральних добрив. Після завершення вегетації таке перевищення на досліджуваних фонах живлення складало відповідно 10,6 кг/га; 13,1; 15,0 та 15,8 кг/га. При зрошенні наземна маса рослин на удобрених ділянках містила фосфору на 11,6 кг/га, 17,9 та 22,5 кг/га більше, ніж на контролі без добрив.

Динаміка накопичення калію наземною масою льону олійного була схожою до споживання азоту. Поступове накопичення, коли протягом двадцяти діб маса калію збільшилася в 1,95 рази, значно прискорилося в проміжку від тридцятої до сорокової доби вегетації. Кількість зосередженого в масі рослин калію збільшилася в 2,22 рази.

Аналогічно процес протікав і на фоні зрошення, де збільшення відбулося відповідно в 2,1 та 2,6 рази. Високі темпи поглинання калію утримувалися протягом наступних 10 діб до 50-го дня вегетації. В подальшому швидкість накопичення калію зменшилися, а максимальна кількість елемента була зосереджена в біологічній масі на сімдесяту добу за умов природного зволоження та на сімдесяту – восьмидесяту добу при зрошенні. В подальшому кількість калію, почала зменшуватися, що було наслідком відмирання листкового апарату.

Незалежно від режиму вологозабезпечення достовірна різниця між варіантами внесення добрив та різного рівня живлення проявлялася після двадцяти діб та спостерігалася впродовж решти періоду.

При збільшенні фону живлення різниця між варіантами у споживанні калію зменшувалася. На незрошуваних ділянках, після завершення вегетації, різниця поглинання калію наземною масою між контролем та фонами живлення складала 12,1 кг/га, 21,9 та 27,9 кг/га, відповідно. На фоні зрошення така різниця складала 16,1 кг/га 26,7 та 32,6 кг/га. Зрошення спричиняло зростання потреби рослин у калії, тому після завершення вегетації різниця виносу складала 14,2 кг/га на контролі, та 18,2, 19,2, 18,9 кг/га – при послідовному зростанні норми добрив.

Розрахунки свідчать, що, в середньому, у фазі бутонізації наземна маса льону олійного містить 37–38% азоту, 33–38 фосфору та 27–33% калію від потреби. В умовах зрошення період споживання елементів живлення був більш розтягнутий.

На підставі попередніх даних були розраховані величини добового споживання елементів протягом зазначених періодів, що дозволяє планувати систему мінерального живлення рослин відповідно до біології рослини (додаток В.5).

Достатньо високим, на рівні 1,50–1,77 кг/га, було споживання азоту за перші десять діб від появ сходів. Протягом наступних двадцяти діб спостерігалось поступове зменшення швидкості поглинання азоту, до 0,64–1,14 кг/га без зрошення та 0,75–1,35 кг/га – на фоні зрошення.

Різке збільшення кількості поглинутого азоту, до максимальних значень протягом періоду досліджень, відзначалося від тридцятої до сорокової доби вегетації культури, після чого швидкість надходження елемента поступово сповільнювалося, а після восьмидесятої доби на незрошуваних ділянках, коли розпочиналося відмирання листкової маси, спостерігалася втрата цього елемента.

При зрошенні зменшення кількості азоту, накопиченого в органічній масі льону олійного, розпочиналося від восьмидесятої доби на контролі без добрив, та від дев'яностої доби – на удобрених фонах, що є наслідком подовження вегетації культури при застосуванні добрив та кращих умов зволоження.

Застосування мінеральних добрив та збільшення норми їх внесення супроводжувалося зростанням темпів поглинання азоту рослинами. Переваги удобрених варіантів спостерігалися включно до періоду дозрівання культур. Так, за природного зволоження, у середньому за період активного вбирання елементів, швидкість споживання азоту була вищою, ніж на контролі при внесенні $N_{45}P_{30}K_{30}$ – на 29,2%, на фоні $N_{60}P_{45}K_{45}$ – на 42,2%, при застосуванні $N_{90}P_{60}K_{60}$ – на 62,0%.

При зрошенні таке перевищення складало відповідно 29,8%, 49,3 та

61,1% та було дещо зміщене в часі. Зрошення збільшувало потребу посівів льону олійного в азоті, внаслідок чого у більшості випадків швидкість його поглинання, у середньому за активний період, була вищою залежно від фону в межах від 4,9 до 10,5%.

Взагалі добове споживання фосфору зменшувалося лінійно, із однією вершиною різкого підйому посередині. На десяту добу споживання цього елемента льоном олійним залежно від фону живлення, складаючи від 0,64 до 0,70 кг/га добу на незрошуваних ділянках, та від 0,64 до 0,74 кг/га добу – при зрошенні, де більш високі значення отримані для удобрених варіантів.

На незрошуваних ділянках за наступні двадцять діб вегетації добове споживання фосфору зменшилося на 0,22 та 0,21 кг/га відповідно на контролі без добрив та фоні $N_{45}P_{30}K_{30}$, на 0,07 і 0,04 кг/га добу – у варіантах з внесенням $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$. На час від сорокової до п'ятдесятої доби вегетації споживання елемента досягало максимального значення за весь час спостережень. Найменшим цей показник був на неудобреному варіанті 0,65–0,67 кг/га добу, тоді як на фоні $N_{45}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{45}K_{45}$ споживання фосфору було на рівні 1,00–1,06 кг/га добу, при внесенні $N_{90}P_{60}K_{60}$ посівами було використано 1,16 кг/га добу.

Протягом наступних тридцяти діб добове споживання елемента поступово скорочувалося, а протягом останніх діб спостереження втрати елемента із відмерлою біомасою рослин досягали 0,12–0,15 кг/га добу. У середньому за період активної вегетації культури добове споживання азоту на фоні внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ було вищим на 29,5%, на фоні $N_{60}P_{45}K_{45}$ – на 40,5%, за внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ – на 50,4% відносно контролю.

При зрошенні протягом перших тридцяти діб на природному фоні живлення споживання фосфору зменшувалося на 25%. На удобрених фонах протягом зазначеного періоду споживання фосфору мало незначні коливання, що можливо пов'язано із активним формуванням кореневої системи. У переважній більшості випадків воно було більшим у варіантах вищих фонах живлення. Максимальних значень споживання елемента посівами культури

було досягнуто на сорокову добу, після чого відбувалося лінійне зменшення даного показника до 0,03–0,14 кг/га добу протягом останнього періоду.

Продовження споживання фосфору протягом пізнього генеративного періоду зумовлене незавершеністю циклу розвитку культури, здатністю подовжувати вегетацію за сприятливих умов ресурсного забезпечення. Взагалі зрошення призводить до збільшення добового споживання фосфору, в середньому за період вегетації культури, на 16–17%. Піки споживання елемента за різних умов зволоження співпадають, та припадають на 40–50 добу від появи сходів.

Загальна крива зміни споживання калію подібна до поглинання фосфору в умовах зрошення. В усіх випадках вищим було середньодобове надходження елемента на фоні внесення мінеральних добрив та підвищення фону живлення. За рахунок зрошення споживання калію посівами льону зросло на 16,8–26,0%.

На незрошуваних ділянках, протягом перших тридцяти діб вегетації, споживання калію зменшувалося із 0,95 кг/га протягом першої декади до 0,45 кг/га добу в подальшому. Протягом наступних десяти діб спостерігалось різке збільшення кількості спожитого калію до максимальної величини 1,49–2,89 кг/га добу.

Велике споживання калію тривало включно до п'ятдесятої доби від появи сходів. У подальшому споживання калію зменшувалося, а протягом останніх двадцяти діб спостерігалися втрати елемента. В середньому, за рахунок внесення та підвищення норми мінеральних добрив поглинання калію посівами культури зросло на 34,4; 60,8 та 78,6%, відповідно.

На фоні зрошення за перші тридцять діб вегетації, споживання калію зменшувалося із 0,98 до 0,51 кг/га добу. В період максимального споживання на сорокову та п'ятдесятую добу посіви поглинали в середньому 3,44 та 1,62 кг/га добу калію. В подальшому споживання калію поступово зменшувалося, при чому через 80 діб проявлявся від'ємний баланс. У середньому за період вегетації культури в удобрених варіантах поглинання калію зросло на 32,6; 53,7 та 65,6%. Виражена динамічність накопичення, а також невідповідність

максимумів споживання азоту і калію за періодами розвитку із найвищим споживанням фосфору притаманним для інших культур [328].

Спостерігається різке зростання споживання льоном олійним усіх біогенних елементів після 30 діб від появи сходів, що триває протягом двадцяти діб та співпадає із швидким зростанням біологічної маси культури та початку інтенсивного наростання сухої маси у фазі бутонізації (рис. 3.3).

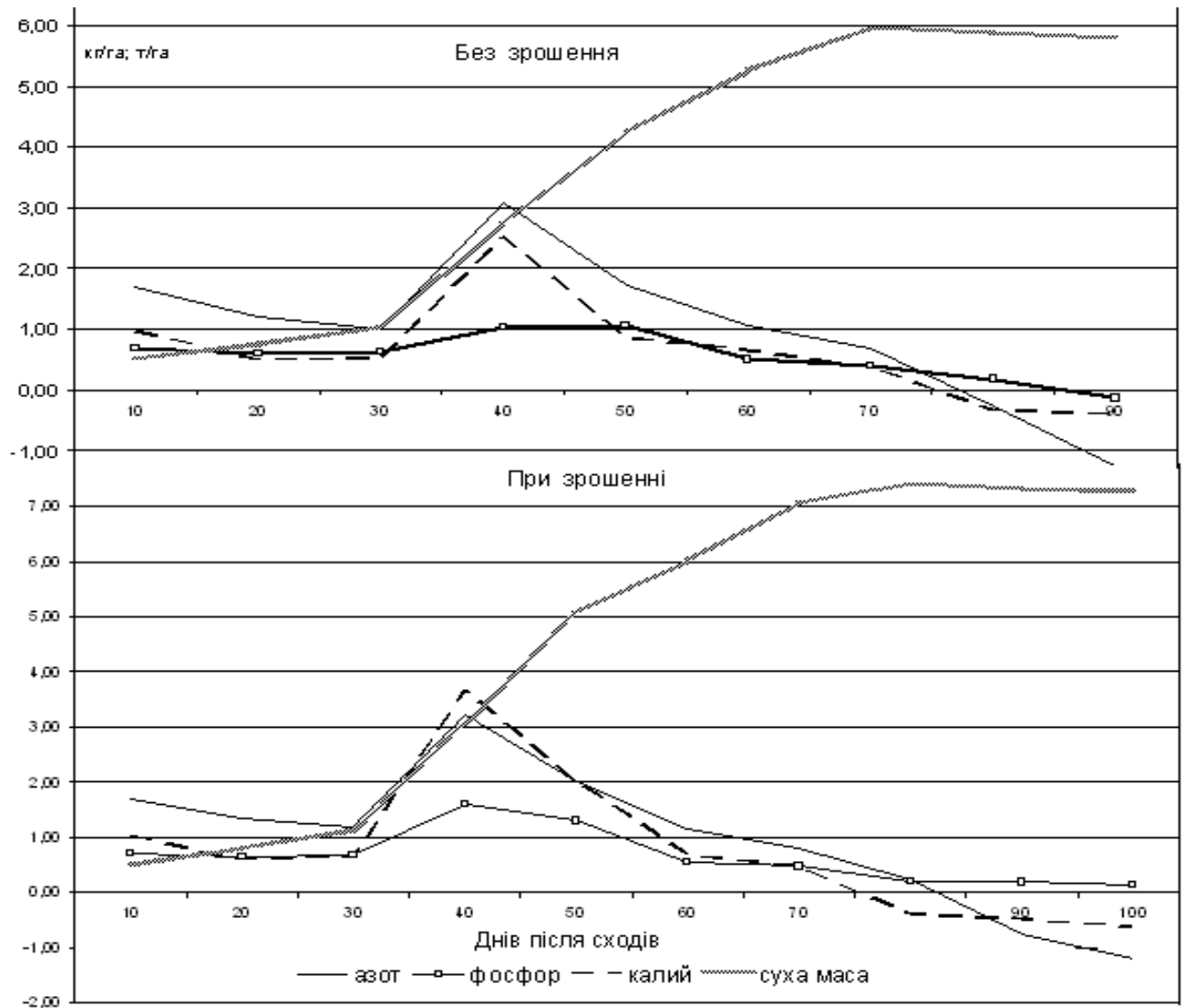


Рис. 3.3 Накопичення сухої маси та добове споживання елементів живлення наземною масою льону олійного сорту Південна ніч на фоні $N_{60}P_{45}K_{45}$ (середнє за 2011–2013 рр.)

Розподіл елементів в органах льону олійного має свої особливості (додаток В.6). Основна маса азоту (56,0–57,1%) та фосфору (58,6–60,7%) зосереджена в насінні культури, тоді як найбільше калію (47,9–49,7%),

міститься у стеблах рослин. Зрошення суттєво не змінювало розподіл елементів, у насінні було зосереджено 55,3–58,3% азоту та 59,3–60,8% фосфору, а у соломі – 48,3–51,2% калію. За відношенням до загальної кількості у насінні льону містилося менше калію, 18,5–19,6% – без зрошення та 17,7–19,8% – на фоні зрошення, на стебла припадала найменша частка фосфору – від 9,0 до 10% – без зрошення та від 9,2 до 10,5% – при зрошенні. В стебловій масі, а також у масі листків й коробочок було зосереджено приблизно однакова частка азоту, відповідно 21,6–22,8 та 20,9–21,9% – без зрошення та 21,0–24,1 і 20,1–21,5% – при зрошенні. Досліджувані фактори суттєво не вплинули на розподіл елементів в органах рослин.

Важливе практичне значення має визначення виносу головних елементів живлення із урожаєм культури, оскільки ці величини використовуються при обґрунтуванні системи живлення, встановленні норми добрив за нормативною методологією тощо [115, 116].

Величина виносу визначається як ґрунтово-кліматичними умовами, рівнем живлення посівів, так і досягнутою урожайністю культури, що підтверджено науковими дослідженнями [114, 526]. Цим зумовлене велике коливання значень щодо виносу елементів живлення як у межах досліджень. так і близьких зон, наприклад, Степу N – 68,2–111; P₂O₅ – 20,7–31,6; K₂O – 31,9–51,1 кг/га [56] та Південного Лісостепу: N – 63,5–90,9; P₂O₅ – 17,7–23,4; K₂O – 54,0–83,5 кг/га [190]. В зоні проведення досліджень, без зрошення виноси елементів живлення залежно від норм добрив та відповідної урожайності культури склали: азоту – 50,6–102,2; фосфору – 20,3–47,1; калію – 27,4–50,6 кг/га [400].

Для оцінки обсягів відчуження елементів живлення розраховували їх винос із сировиною, придатною для господарського споживання (додаток В.7). Одностороннє використання культури для отримання насіння зумовлює домінування виносу азоту та фосфору, а залучення соломи – калію. Подвійне використання визначає винос елементів переважно величиною урожаю.

Незалежно від інших факторів внесення мінеральних добрив та

підвищення фону живлення супроводжувалося збільшенням виносу як у масі насіння, так і соломи. Тому, незалежно від інших факторів, відчуження зростало із найменшого рівня у варіанті без добрив до максимальних значень при внесенні $N_{90}P_{60}K_{60}$. За умов природного зволоження рівень відчуження досягав по азоту 68,8 кг/га, фосфору – 32,0 та калію – 35,0 кг/га, тобто винос збільшився на 63,0; 57,6 та 61,2%, відповідно.

За рахунок зрошення винос елементів живлення збільшився у середньому за фонами живлення для азоту на 16,1–25,3% фосфору – на 31,9–33,8% калію – на 33,6–43,3%.

Суттєво впливав на винос елементів живлення спосіб сівби, збільшення ширини міжряддя із 15 до 45 см супроводжувалося зменшенням вилучення азоту – на 12,3%, фосфору – на 10,7%, калію – на 13,8%. На фоні зрошення відповідне зменшення складало 11,3; 10,8 та 16,1%.

Оскільки винос елементів тісно пов'язаний із урожайністю культури, то на незрошуваних ділянках максимальним були значення за сівби на 15 см при нормі висіву 6 млн шт./га, а за міжряддя 45 см – 5 млн шт./га. На фоні зрошення найвищі значення відмічені за сівби із міжряддям 15 см, нормою висіву 7 млн шт./га, при міжрядді 45 см – 5 млн шт./га.

Взагалі винос елементів живлення на варіантах без зрошення змінювався від 38 кг/га азоту, 18,4 – фосфору та 19,3 кг/га – калію без застосування добрив. При сівбі на 45 см нормою висіву 7 млн шт./га – до 76,0 кг/га азоту, 34,7 фосфору та 38,1 кг/га калію при внесенні максимальної норми добрив, сівбі із міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га. На фоні зрошення діапазон коливань обмежувався варіантами контроль без добрив, сівба на 45 см нормою висіву 7 млн шт./га – 49,1 кг/га азоту, 25,0 фосфору та 27,6 кг/га калію, та внесенням $N_{90}P_{60}K_{60}$ сівбі із міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га, – азоту 87,2 кг/га, фосфору 46,2, калію 53,1 кг/га.

Суттєво на вилучення із ґрунту елементів живлення впливає використання соломи. За її застосування для технічної переробки споживання азоту в середньому зростатиме на 34,8%, фосфору на 14,2%, а

калію – в 3,26 рази. На фоні зрошення збільшення виносу із товарною продукцією зростатиме відповідно на 34,3% азоту, фосфору на 14,4%, калію в 3,32 рази.

На фоні природного зволоження внаслідок внесення мінеральних добрив відчуження азоту із соломою в середньому зростає із 11,2 кг/га – на контролі до 14,0 кг/га – при внесенні $N_{45}P_{30}K_{30}$, та 17,6 кг/га – при підвищенні фону живлення до $N_{90}P_{60}K_{60}$. При зрошенні таке збільшення складає відповідно 14,4; 17,4, та 19,5 кг/га.

Винос фосфору із соломою на незрошуваних ділянках змінювався від 2,5 – на контролі до 4,1 кг/га – на максимальному фоні живлення, а при зрошенні – відповідно від 3,5 до 5,5 кг/га.

Використання соломи найбільш суттєво впливає на баланс калію. На фоні природного зволоження при застосуванні мінеральних добрив його винос в середньому зріс із 15,3 кг/га – на контролі до 24,2 кг/га – на фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$. На варіантах зрошення калію в соломі містилося більше – 22,2 та 33,0 кг/га відповідно.

У сучасному землеробстві важливим показником оцінки системи мінерального живлення рослин, що має практичне значення є ступінь споживання окремих елементів із мінеральних добрив. Коефіцієнт використання поживних речовин із туків є відношенням різниці виносів окремого елемента на удобреному варіанті та контролі без добрив до норми його внесення, у відсотках [70].

Дані розрахунків приведені на підставі значень максимального накопичення кожного із елементів живлення в наземній частині рослини. Без зрошення коефіцієнт використання азоту змінювався в межах від 27,1 до 32,9%, фосфору – 13,0–15,6, калію – 14,8–18,8%. В умовах зрошення коефіцієнт використання поживних речовин підвищувався і складав для азоту 30,0–35,7, фосфору – 17,3–20,7, калію 18,1–21,6% (табл. 3.16).

На природному фоні зволоження збільшення норми внесення мінеральних добрив до $N_{60}P_{45}K_{45}$ зумовлювало деяке підвищення коефіцієнта

використання внесених азоту та калію, тоді як ефективність використання фосфору при підвищенні норми, навпаки, стабільно зменшувалася. В той же час при зрошенні найвищих значень коефіцієнт використання мінеральних добрив, кожної діючої речовини, досягав при застосуванні їх за умови внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$.

Таблиця 3.16

**Коефіцієнти використання поживних речовин із добрив посівами льону
олійного сорту Південна ніч, % (середнє за 2011–2013 рр.)**

Фон живлення	Коефіцієнт використання елемента живлення, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без зрошення			
$N_{45}P_{30}K_{30}$	27,1	13,4	15,8
$N_{60}P_{45}K_{45}$	32,9	15,6	18,8
$N_{90}P_{60}K_{60}$	29,5	13,0	14,8
При зрошенні			
$N_{45}P_{30}K_{30}$	30,8	17,3	18,1
$N_{60}P_{45}K_{45}$	35,7	20,7	21,6
$N_{90}P_{60}K_{60}$	30,0	17,6	18,3

У сучасних аграрних технологіях мінеральні добрива є однією із найбільш дорогих та енерговитратних складових. Тому об'єктивно, що показник, який характеризує їх окупність товарною продукцією, має вагомe значення в системі оцінки виробництва.

Окупність добрив була зумовлена проявами впливу інших досліджуваних факторів та змінювалася від 1,86 до 3,71 кг/кг д.р. Закономірно, що визначальний вплив на використання мінеральних добрив має забезпечення рослин вологою. Відтак на зрошуваному фоні окупність удобрення, в середньому, була вищою на 26% (табл. 3.17).

Незалежно від режиму забезпечення вологою, способу сівби й норми висіву, підвищення фону живлення супроводжується зниженням їх окупності. Так, якщо на природному фоні зволоження та сівбі з міжряддями 15 см окупність при нормі $N_{45}P_{30}K_{30}$ в середньому складала 2,79 кг/кг д.р., а при збільшенні її до $N_{60}P_{45}K_{45}$ зменшилася лише на 3,7%, то на максимальному фоні

$N_{90}P_{60}K_{60}$ зниження досягало 17%. У інших рівних умовах при зрошенні зменшення окупності відбувалося з 3,52 кг/кг д.р. на 2,8 і 18,4%.

У всіх випадках окупність добрив корелювала з врожайністю льону олійного, тому при способах сівби та нормах висіву, які забезпечували максимальний урожай насіння, спостерігалася найбільша окупність добрив.

Таблиця 3.17

Окупність мінеральних добрив урожаєм насіння льону олійного сорту Південна ніч залежно від досліджуваних факторів, кг/кг д.р. (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон мінерального живлення	Ширина міжряддя та норма висіву, млн шт./га					
	15 см			45 см		
	5	6	7	5	6	7
Без зрошення						
$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,76	2,86	2,76	2,48	2,38	2,76
$N_{60}P_{45}K_{45}$	2,60	2,80	2,67	2,33	2,33	2,60
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,29	2,38	2,29	1,95	1,86	2,29
При зрошенні						
$N_{45}P_{30}K_{30}$	3,33	3,52	3,71	2,95	3,05	3,33
$N_{60}P_{45}K_{45}$	3,27	3,40	3,60	2,93	2,93	3,27
$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,81	2,81	3,00	2,62	2,57	2,81

Взагалі на посівах з міжряддями 15 см окупність удобрення була вищою на 10,0–14,1% без зрошення та на 7,8–13,2% більшою – при зрошенні. Встановлення оптимальної норми висіву дозволяє змінювати окупність добрив в межах 1,6–2,5% без зрошення культури та 2,9–3,6% – при зрошенні. У зв'язку з високим зосередженням рослин в рядку, що спостерігається за сівби з міжряддям 45 см, спостерігалася більша амплітуда коливання значень окупності, в межах 5,0–8,4% без зрошення та 3,6–5,0% при зрошенні.

Одним із діагностичних показників, що відображають умови росту й розвитку рослин є її лінійні розміри. Найбільш важливим він є для луб'яних культур, оскільки безпосередньо визначає урожайність та технологічні властивості сировини. Менше значення висота рослин має для льону олійного призначення, проте вона суттєво змінюється від фактичних умов росту й

розвитку культури, а при подвійному використанні також визначає придатність соломи для переробки.

Динаміка висоти рослин протягом періоду активного росту, під впливом фону живлення та вологозабезпечення представлено в додатку В.8. На 5-у добу від повних сходів висота рослин на усіх варіантах досліду була 0,91–0,98 см. Суттєві відмінності між посівами різного вологозабезпечення проявилися із 25-ї добу від початку вегетації. Із часом різниця між рослинами, що вирощувалися на природному зволоженні та зрошенні збільшувалася і досягала найвищих значень в останнє визначення, від 5,4 до 7,8 см залежно від фону мінерального живлення. В усіх випадках найбільшою була відмінність між варіантами із крайніми відхиленням фактору – без добрив та $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Достовірна різниця між фонами мінерального живлення почала проявлятися на 15-у добу після сходів, спочатку на найбільш віддалених варіантах, а у подальшому між усіма градаціями фактору. В часі відмінності між фонами живлення по висоті рослин відносно контролю без добрив зростали, та досягали значень 1,8; 2,3 та 3,2 см за природного зволоження та 3,6; 4,1 та 5,6 см при зрошенні культури.

В останнє визначення найбільшою була висота рослин на максимальному фоні живлення $N_{90}P_{60}K_{60}$, відповідно 46,7 см без зрошення та 54,5 см – на зрошуваних ділянках. Таким чином, у проміжку часу від 25-ї до 35-ї доби від появи сходів рослини льону олійного, незалежно від умов вологозабезпечення та удобрення, характеризувалися найвищими темпами лінійного росту, а по завершенню 50 діб – цей процес згасав.

Для льону культурного, як і більшості рослин, характерна певна циклічність ростових процесів, що пов'язано як із біологічними особливостями виду так і з умовами їх росту й розвитку. Розрахунки швидкості лінійного росту рослин протягом активного періоду вегетації, під впливом досліджуваних факторів наведено в додатку В.9.

Протягом фази ялинка (ювенільний стан рослин), відмічалася низька швидкість лінійного росту, – 1,7–2,0 мм/добу. В подальшому вона зростала та

досягала значень 10,0–10,7 мм/добу на 15-у добу від сходів.

Однак найвищими темпами збільшували висоту рослини станом на 30-у добу вегетації. В цей час, залежно від фону живлення, швидкість росту складала 21,4–23,0 мм/добу без зрошення та 21,6–24,8 мм/добу при зрошенні. У наступному темпи росту зменшувалися, проте зберігалися високими впродовж 35–40 доби. Протягом генеративного періоду, за рахунок зрошення, зростала як швидкість, так і тривалість періоду інтенсивного росту. На 35-у добу від появи сходів культури швидкість росту рослин була вищою в середньому на 16,2%, то в подальші визначення перевищення складало 49,1 та 56,2%. На етапі пізнього генеративного стану рослин швидкість росту зменшилася до мінімальних значень, 0,3–1,4 мм/добу, але переваги варіантів зрошення зберігалися.

Покращення мінерального живлення рослин позитивно відобразилося на процесах їх лінійного росту. В цілому протягом всього передгенеративного періоду проявлялася тенденція позитивного впливу внесення мінеральних добрив. Однак найбільш вираженою була відмінність у швидкості приросту рослин від 25 до 50-и доби після появи сходів. На фоні зрошення переваги удобрених варіантів простежувалися до 60-и доби включно, що є проявом взаємодії факторів. На етапі дозрівання культури, у пізній генеративний період, відмінності між окремими варіантами зменшувалися та визначалися процесом досягання насіння.

3.4 Якість продукції льону олійного

Олійність безпосередньо визначає продуктивність посівів льону низького та є одним із визначальних показників якості продукції. Біосинтез жиру відбувається на завершальних етапах формування насіння та залежить від багатьох чинників серед яких генотип льону [181, 384], зональні умови [11, 113], температурний режим [114, 121], вологозабезпечення [98, 246], система мінерального живлення [31], а також поєднання факторів [114, 238].

Вміст жиру в насінні у середньому складала 43,7% при вирощуванні культури на незрошуваних ділянках та 44,2% – при вирощуванні при зрошенні (табл. 3.18). У більшості випадків вміст жиру в насінні із зрошуваних ділянок була достовірно вищою, а перевищення в середньому складало 0,42 в.п. За абсолютними значеннями вищим був позитивний вплив зрошення на вміст жиру в насінні за сівби культури із міжряддями 45 см, порівняно із сівбою на 15 см, що можливо пов'язано із водним режимом широкорядних посівів.

Таблиця 3.18

Вміст жиру в насінні льону олійного сорту Південна ніч залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон живлення (B)	Ширина міжряддя (C) та норма висіву (D), млн шт./га					
	15 см			45 см		
	5	6	7	5	6	7
Без зрошення (A)						
Без добрив	43,5	43,2	43,2	43,2	42,9	42,4
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	44,9	43,7	43,9	43,9	43,5	43,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	44,9	44,1	44,2	44,7	44,3	43,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	44,2	43,9	43,7	44,0	43,4	43,1
При зрошенні						
Без добрив	44,1	43,3	42,6	43,4	43,1	43,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	44,7	44,3	44,1	44,3	43,7	43,8
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	45,2	44,9	44,7	44,9	44,4	44,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	45,0	44,7	44,6	44,5	44,0	44,0
NIP ₀₅ : A – 0,19–0,21; B – 0,27–0,3; C – 0,19–0,21; D – 0,23–0,26; ABCD – 0,93–1,02						

За рахунок внесення добрив та збільшення їх кількості вміст жиру зростав в межах 0,5–1,5% без зрошення та 0,6–2,1% – при зрошенні. Проте максимальних величин показник, незалежно від інших умов, досягав на фоні живлення N₆₀P₄₅K₄₅.

При запровадженні широкорядного посіву вміст жиру зменшувався у середньому на 0,42 в.п. На посівах із міжряддям 15 см збільшення норми висіву з 5 до 6 млн шт./га супроводжувалося істотним зменшенням олійності насіння, при подальшому підвищенні норми до 7 млн шт./га зміни відбувалися в межах

достовірності досліду. У середньому норми висіву змінювали жирність в межах до 1,5% без зрошення та до 1,1% при зрошенні.

На посівах із міжряддям 45 см найвищий вміст жиру в насінні також забезпечувала норма висіву 5 млн шт./га. Однак в незрошуваних умовах збільшення норми висіву із 6 до 7 млн шт./га супроводжувалося постійним та достовірним зменшенням жирності, тоді як на фоні зрошення такі зміни були неістотними.

Поєднання факторів фон мінерального живлення $N_{45}P_{30}K_{30}$, сівба із міжряддям 15 см нормою висіву 5 млн шт./га забезпечував найвищий вміст жиру в насінні в умовах без зрошення 44,9%. При зрошенні за аналогічних заходів на фоні живлення $N_{60}P_{45}K_{45}$ – вміст жиру був найвищим (45,2%).

Споживче призначення олії визначає технологічні вимоги до неї як сировини, що зумовлено її хімічною будовою. Деякі олії, маючи можливість приєднувати кисень у місцях подвійних зв'язків, здатні висихати формуючи тверду еластичну масу, що використовується при виготовленні оліфи, лаків, полімерних матеріалів.

Це характерно для жирів, що мають багато ненасичених кислот (олеїнова, лінолева, ліноленова, стеаринова та ін.). Здатність олії до висихання визначається йодним числом, яке показує кількість грамів йоду, що приєднується до 100 г олії.

За здатністю висихати рослинні олії поділяють на 3 групи: висихаючі, (використовують для технічних потреб, їх йодне число понад 130); напіввисихаючі, (мають переважно харчове використання, їх йодне число 85–130); невисихаючі, (залежно від виду мають як харчове так і технічне застосування, а їх йодне число менше 85).

Високоякісна харчова і технічна олія має містити мінімальну кількість вільних жирних кислот, індикатором яких є кислотне число, що визначається за кількістю міліграмів їдкового калію (КОН), необхідного для нейтралізації вільних жирних кислот в 1 г олії. Олія з кислотним числом понад 2,25 для харчових цілей непридатна [83].

Значення йодного та кислотного числа обумовлені як генетичними особливостями сорту так ґрунтово-кліматичними умовами і технологією вирощування культури. Результати визначення даних показників наведено в таблиці 3.19.

Під впливом зрошення та удобрення значення йодного числа коливалося на 9,6 одиниць, набуваючи найвищого значення 180,9 за максимального фону мінерального живлення при зрошенні. При покращенні вологозабезпечення показник зростав на 3,9–5,9 одиниці, а внаслідок застосування мінеральних добрив на 1,3–3,7 одиниці без зрошення та на 1,7–5,7 одиниць – при зрошенні.

Таблиця 3.19

Показники якості олії льону сорту Південна ніч, залежно від фону мінерального живлення та режиму вологозабезпечення (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон живлення (В)	Показники якості та режим вологозабезпечення (А)			
	йодне число		кислотне число	
	без зрошення	при зрошенні	без зрошення	при зрошенні
Без добрив	171,3	175,2	1,86	1,99
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	172,6	176,9	1,82	1,97
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	174,2	178,7	1,79	1,94
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	175,0	180,9	1,76	1,92
НІР ₀₅	А – 1,62–2,8; В – 2,30–3,97; АВ – 3,25–5,62		А – 0,03–0,04; В – 0,04–0,06; АВ – 0,06–0,08	

Примітка: За сівби з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га

Підвищення фону мінерального живлення призводило до стабільного зростання йодного числа. Коливання кислотного числа складало 0,23 одиниці. При зрошенні, залежно від фону живлення, показник підвищувався на 0,16–0,16 одиниць, однак зменшувалося при збільшенні норми добрив на 0,04–0,10 за незрошуваних умов та на 0,02–0,07 за умов зрошення. Дані зміни можуть бути пов'язаними із подовження вегетації культури за умов зрошення та внесення добрив.

За хімічним складом, відповідно до визнаної систематики, в олії льону

переважно присутні наступні насичені (відсутні вільні зв'язки), мононенасичені (наявний один подвійний зв'язок) та поліненасичені (наявні більше, ніж два подвійних зв'язки) жирні кислоти [75].

Враховуючи різні можливі напрямки застосування олії льону, які протилежні за вимогами до сировини, важливим є створення сортів та забезпечення технологією їх вирощування визначеного жирно олійного складу. Генеральним науковим досягненням було створення канадськими селекціонерами нового типу льону – соліну, масло якого світлого кольору, містить менше 5% ліноленової кислоти та придатне до смаження.

Цей успіх селекції дав поштовх для створення сортів льону, ліпиди насіння яких збагачені олеїною кислотою або пальмітиною та пальмітолеїною кислотами [497]. Особливістю насіння сортів типу солін є жовте забарвлення. Використання сорту Linola (Канада) із низьким, до 3% вмістом ліноленової кислоти, за норми 55–60%, забезпечує високий економічний ефект при харчовому використанні за рахунок збільшення тривалості зберігання олії [182]. Якісно–технологічні показники насіння та продуктів його переробки значною мірою залежать від генетично зумовлених сортових особливостей, ґрунтово–кліматичних та погодних умов, а також агротехніки вирощування культури [11, 50, 458, 477, 531].

У олії льону низького сорту Південна ніч домінують поліненасичені кислоти, де переважає ліноленова кислота – 56,1–60,8%. Друге місце за присутністю має мононенасичена олеїнова кислота 17,9–20,5%. Найменшу частку складають насичені кислоти, у складі яких переважає пальмітинова кислота 4,71–5,64% (табл. 3.20).

Покращення вологозабезпечення та удобрення не призводить до значних якісних змін жирноолійного складу в абсолютних величинах, що пов'язано з дуже слабкою реакцією рослин на вплив цього чинника. Зрошення зумовлювало збільшення частки поліненасичених жирних кислот на 2,48–3,1 в.п. за рахунок мононенасиченої та насиченої групи.

Таблиця 3.20

Жирнокислотний склад олії льону олійного сорту Південна ніч залежно від режиму зволоження та фону живлення,% (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон живлення (В)	Насичені		Мононенасичені	Поліненасичені		
	пальмітинова	стеаринова	олеїнова	лінолева	ліноленова	
Без зрошення (А)						
Без добрив	5,64	2,90	20,5	14,8	56,1	
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	5,41	2,84	20,2	14,5	57,0	
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	5,22	2,78	20,1	14,0	57,9	
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	5,04	2,64	19,8	13,6	58,9	
При зрошенні (А)						
Без добрив	5,42	2,28	18,8	15,7	57,7	
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	5,08	2,10	18,3	15,5	59,0	
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	4,92	2,08	18,0	15,1	59,9	
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	4,71	1,96	17,9	14,6	60,8	
НІР ₀₅	А	0,06–0,10	0,05–0,08	0,13–0,26	0,25–0,38	0,36–0,48
	В	0,08–0,15	0,07–0,12	0,18–0,37	0,35–0,53	0,51–0,67
	АВ	0,11–0,21	0,10–0,17	0,25–0,52	0,49–0,75	0,73–0,95

Примітка: за сівби з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га

Внесення мінеральних добрив, а також підвищення їх норми зумовило зростання частки поліненасичених жирних кислот за рахунок насиченого та мононенасиченого виду в межах до 1,61 в.п. без зрошення та до 2,07 в.п. при зрошенні рис. 3.4). Пальмітинова кислота складає близько 2/3 групи насичених кислот. За рахунок зрошення її вміст зменшувався в межах від 0,22 до 0,33 в.п., а при підвищенні фону мінерального живлення на 0,23–0,60 в.п. без зрошення та на 0,34–0,71 – при штучному вологозабезпеченні

Зрошення найбільш суттєво впливає на синтез стеаринової та олеїнової кислот, частка яких зростала у середньому на 32,5 та 10,4%, також лінолевої кислоти, частка якої зменшується на 6,6%. Внаслідок застосування мінеральних добрив найбільших змін зазнають ненасичені пальмітинова та стеаринова кислоти, зміна частки яких досягає 11,2–15,1 та 9,8–16,3% відповідно до умов вологозабезпечення.

Аналогічні зміни відбувалися і відносно стеаринової та олеїнової кислот. На фоні зрошення вміст стеаринової кислоти зменшувався на 0,62–0,74 в.п., а

від застосування мінеральних добрив – на 0,06–0,26 та 0,18–0,32 в.н. відповідно без зрошення та при зрошенні.

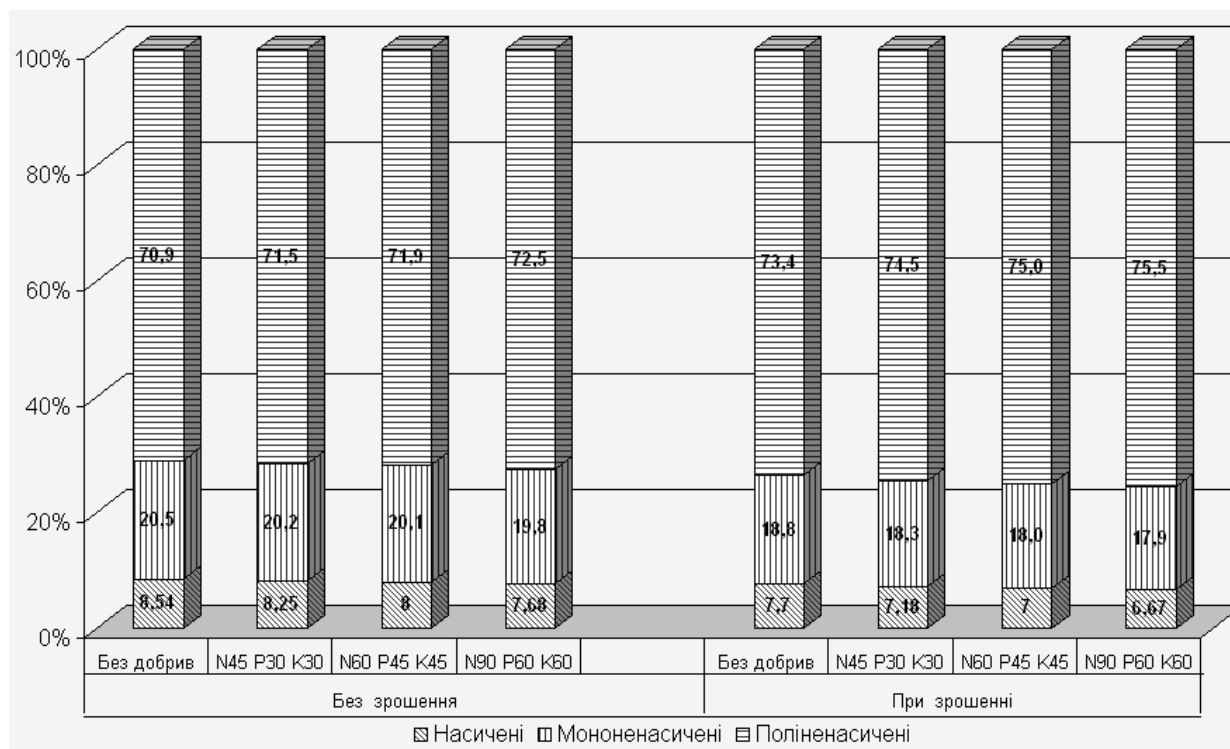


Рис. 3.4 Структура груп жирних кислот в олії льону олійного сорту Південна ніч, % (середнє за 2009–2013 рр.)

Частка олеїнової кислоти в олії змінювалася в межах 17,9–20,5%. При покращенні вологозабезпечення вміст її зменшувався на 1,7–2,1 в.п., за підвищення фону живлення на 0,3–0,7 та на 0,5–0,9 в.п. у поєднанні зі зрошенням.

Зміни вмісту лінолевої кислоти мали дещо інший характер. На фоні штучного вологозабезпечення її вміст в абсолютному вимірі зростав на 0,9–1,1%, а при застосуванні мінеральних добрив зменшувався, відповідно на 0,31,2% без зрошення та на 0,2–1,1% – при зрошенні.

Збільшенням вмісту лінолевої кислоти реагували посіви льону при зрошення та застосування мінеральних добрив. Поливи спричиняли збільшення частки лінолевої кислоти на 1,6–2,0 в.п., а удобрення на 0,9–2,8% та 1,3–3,1 в. відповідно на незрошуваних ділянках та при зрошенні.

Таким чином, склад жирних кислот льону олійного під впливом зрошення

та мінерального живлення в абсолютних значеннях змінюється несуттєво, в середньому в межах від 0,3 до 1,5%. Проте коливання відносно вмісту кислот, що присутні у невеликій кількості є високими. Під впливом зрошення найбільш динамічним є стеаринова та олеїнова кислоти, а удобрення – відповідно пальмітинова та стеаринова кислоти.

Дисперсійний аналіз свідчить, що найбільший вплив на вміст пальмітинової кислоти спричиняє фон мінерального живлення рослин 69,9%, а стеаринової та олеїнової їх вологозабезпечення 51,5–90,1% (рис. 3.5).

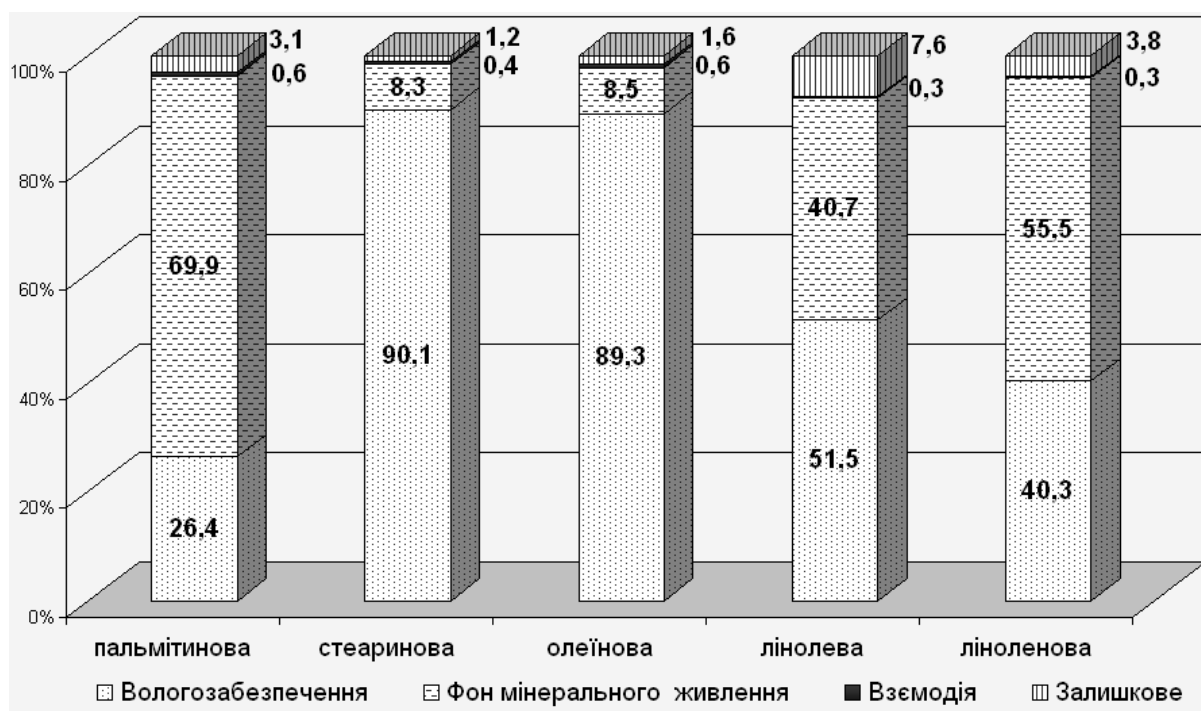


Рис. 3.5 Частка впливу факторів на вміст жирних кислот у олії льону сорту Південна ніч, % (середнє за 2009–2013 рр.)

На вміст ліноленової та лінолевої кислот вагомий вплив проявляють як вологозабезпечення, так і фон мінерального живлення.

3.5 Особливості формування генеративних органів та урожайність насіння

Прагнучи до максимальної насінневої продуктивності рослини протягом життєвого циклу формують та змінюють окремі складові структури врожаю.

Для льону олійного такими є кількість коробочок на одній рослині, кількість насіння в одній коробочці та маса 1000 насінин. Залежно від погодних та фітоценотичних умов, забезпеченості ресурсами, рослини закладають різну кількість пагонів квіток, по різному протікає процес їх запліднення та розвитку насіння. Відтак рослина реалізує тільки незначну частину свого генетичного потенціалу внаслідок екстремальних та стресових умов і обмежень.

За результатами аналізу продуктивності сортозразків льону олійного Товстановська Т. Г. [385] прийшла до висновку, що визначальна роль у формуванні продуктивності належить ознаці «кількість коробочок на рослині», оскільки навіть при мінімальних значеннях рослини не будуть низькопродуктивними. Вона стверджує, що окремо взяті ознаки «кількість насіння в коробочці» та «маса 1000 насінин» не можуть визначати високу продуктивність, хоча вносять вагомий вклад у формування найбільш можливої насінневої продуктивності.

Головні складові структури врожаю представлені в додатку В.10. Коливання загальної чисельності коробочок на одній рослині суттєво визначалася всіма досліджуваними факторами. У середньому за рахунок зрошення кількість коробочок зросла на 14,3% (до 10,4 шт.). Без зрошення внесенням мінеральних добрив та підвищення їх норми супроводжувалося зростання даного показника (від 8,0 шт.) на 17,0%; 18,8% та 17,9%, відповідно. Більш високим, на 2–4% було таке збільшення за суцільної сівби відносно варіантів із міжряддям 45 см. На фоні зрошення кількість коробочок зростала в межах від 13,2 до 14,9% і на максимальному фоні живлення їх нараховувалося у середньому 11,1 шт./рослину.

Збільшення ширини міжряддя зумовлювало більшу зосередженість рослин на довжині ряду, а тому в усіх випадках негативно впливало на чисельність коробочок.

На фоні зрошення у середньому їх кількість зменшувалася на 6,5%. Однак за покращення умов зволоження зменшення було менш вираженим 5,3%. Незалежно від інших факторів, збільшення норми висіву в межах від 5 до

7 млн шт./га призводило до зменшення кількості коробочок, у середньому на 9,6% на одну одиницю градації фактору. Більш вагоме зменшення, на 0,8–1,7%, спостерігалось на фоні широкорядної сівби культури.

Іншим показником, що визначає індивідуальну продуктивність рослини є кількість насіння в коробочці. Покращення умов вологозабезпечення супроводжувалося збільшення кількості насіння в суплідді на 5,9% (до 6,83 шт.). Також спостерігалось постійне збільшення їх кількості при підвищенні фону мінерального живлення в межах 2,3–3,1% без зрошення та на 1,8–4,2% – при зрошенні.

Широкорядна сівба погіршувала умови формування насіння, внаслідок чого обнасіненість зменшувалася із 6,01 до 6,30 шт. на незрошуваних ділянках та із 6,94 до 6,73 шт. при зрошенні. Підвищення норми висіву на 1 млн шт./га зменшувало кількість насіння в одній коробочці у середньому на 3,8% при міжрядді 15 см та на 5,4% – за сівби на 45 см

Маса одиниці насіння виявилася найбільш стабільним показником серед розглянутих, стандартне відхилення складає 0,26, проти 0,39 щодо кількості насіння в коробочці та 1,98 щодо кількості коробочок.

На штучне вологозабезпечення та посилення фону мінерального живлення, рослини льону реагували достовірним збільшенням маси 1000 насінин. Так, якщо без зрошення їх вага в середньому складала 6,49 г, то при зрошенні – 6,89 г. На фоні природного забезпечення вологою, від застосування мінеральних добрив, маса 1000 насінин збільшувалася на 1,1–2,3%, що за сівби на 15 см було на достовірному рівні. При зрошенні збільшення відбувалося в межах 1,4–2,5% та було достовірним.

Відповідно без зрошення та при зрошенні у середньому на 1,4 та 2,2% зменшувалася маса 1000 насінин при збільшенні ширини міжряддя – на 0,9 та 1,1% від збільшення норми висіву, що в переважній більшості випадків є достовірним.

Унаслідок зазначених перетворень під впливом досліджуваних факторів відбувалися зміни індивідуальної продуктивності рослин. При цьому

визначальним була передзбиральна густина посівів (додаток В.11).

За подібних умов на фоні зрошення передзбиральна густина рослин була вищою на 5,2% та у середньому по фактору складала 378 шт./м², що відбулося переважно за рахунок виживання. В умовах природного зволоження, за внесення мінеральних добрив дозами N₄₅P₃₀K₃₀ та N₆₀P₄₅K₄₅, кількість рослин на одиниці площі була вищою на 3,6 та 2,7%, відповідно, тоді як подальше підвищення фону живлення не мало впливу. На фоні зрошення у середньому відповідне перевищення складало 3,1 та 2,0%, та на фонах N₆₀P₄₅K₄₅ і N₉₀P₆₀K₆₀ досягало найвищого значення, на рівні 385 шт./м².

Закономірно, що посилення внутрішньовидової конкуренції при збільшенні ширини міжряддя до 45 см, унаслідок скорочення відстані між рослинами в рядку, зумовлювало зменшення їх кількості на час збирання у середньому на 2,9% без зрошення та на 1,7% – при зрошенні. За підвищення норми висіву із 5 до 7 млн шт./га, залежно від інших факторів, кількість рослин на час збирання зростала на 16,9–18,6%. В усіх випадках найбільша кількість рослин на одиниці площі була характерна варіантам із максимальною нормою висіву.

Узагальнюючим показником індивідуальної продуктивності рослини є розрахункова кількість насіння. Залежно від поєднання досліджуваних факторів цей показник зростав у 2,35 рази – до 91,5 шт. За рахунок зрошення загальна кількість насіння підвищувалася в середньому на 20,9%, а за рахунок внесення мінеральних добрив таке зростання досягало 25,8–28,1%. При цьому за рахунок внесення першої норми N₄₅P₃₀K₃₀ кількість насіння зростала у середньому на 19,0%. За подальшого підвищення фону живлення відзначено несуттєве зростання на 4,2 та 2,3% відповідно до попередніх значень. Збільшення ширини міжряддя до 45 см зменшувало індивідуальну продуктивність на 11,8% без зрошення та на 8,1% при зрошенні. Підвищення норми висіву межах 5–7 млн шт./га за сівби із міжряддям 15 см зменшує насіннєву продуктивність однієї рослини у середньому на 12,9 та 12,0% відповідно без зрошення та при зрошенні. На фоні сівби із міжряддям 45 см таке зменшення складало 15,9 та

14,3%.

Подібно до кількості змінювалася і маса насіння однієї рослини. За рахунок зрошення маса насіння зростала на 28,1%, а внаслідок удобрення підвищення досягало 33,7% без зрошення та до 34,0% – при зрошенні. Найбільш суттєвим було зростання маси насіння на першому фоні N₄₅P₃₀K₃₀ (21,6%), тоді як в подальшому збільшення відносно попереднього варіанту складало 6,9 та 2,8%, відповідно. При зрошенні маса насіння однієї рослини зростала пропорційно з підвищенням фону мінерального живлення – на 21,3, 6,1 та 4,1%.

Урожайність насіння льону олійного під впливом досліджуваних агротехнічних заходів та технологічних параметрів зростала на 23,7%, до 2,16 т/га. В середньому по фактору на природному фоні зволоження вона складала 1,30 т/га, а за рахунок покращення умов вологозабезпечення підвищилася в 1,35 рази досягнувши рівня 1,75 т/га (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Урожайність насіння льону олійного сорту Південна ніч залежно від досліджуваних факторів, т/га (середнє за 2009–2013 рр.)

Фон живлення (В)	Ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га					
	15 см			45 см		
	5	6	7	5	6	7
Без зрошення (А)						
Без добрив	1,06	1,15	1,1	0,97	0,95	0,91
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,35	1,45	1,39	1,23	1,2	1,17
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,45	1,57	1,5	1,32	1,3	1,25
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,54	1,65	1,58	1,38	1,34	1,31
При зрошенні (А)						
Без добрив	1,44	1,51	1,53	1,34	1,3	1,29
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,79	1,88	1,92	1,65	1,62	1,61
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,93	2,02	2,07	1,78	1,74	1,71
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,03	2,1	2,16	1,89	1,84	1,84
НІР ₀₅ , т/га	А, С – 0,019–0,031; В – 0,028–0,044; D – 0,024–0,038; ABCD – 0,095–0,151					

Ефективність зрошення залежала від забезпеченості посівів елементами

живлення та інших факторів. Більшими були переваги зрошення на фоні застосування добрив, підвищення норми внесення, а також, переважно, на посівах із міжряддям 15 см.

Внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$ та збільшення дози до $N_{90}P_{60}K_{60}$, незалежно від інших факторів, супроводжується достовірним підвищенням урожайності культури в 1,41–1,43 рази до найвищого у досліді рівня. Максимальні прибавки від зрошення, 0,45–0,58 т/га, отримані на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ (додаток Б.12). Найбільш вагомим було зростання урожайності на фоні застосування першої норми $N_{45}P_{30}K_{30}$ яке, залежно від інших факторів складало 0,25–0,39 т/га. Подальше підвищення фону живлення супроводжувалося зменшення прибавок від їх застосування, проте різниця між такими варіантами була математично достовірною.

Збільшення ширини міжряддя із 15 до 45 см, в усіх поєднаннях факторів та їх градацій, спричиняло зменшення урожайності у середньому на 14,7% в умовах природного забезпечення вологою та на 12,4% у випадку зрошення. Незалежно від умов зволоження підвищення норми висіву збільшувало різницю між такими варіантами.

Без зрошення, за сівби із міжряддям 15 см підвищення урожайності культури досягали встановленням норми висіву із розрахунку 6 млн шт./га тоді як на фоні зрошення такою нормою є 7 млн шт./га. За сівби із міжряддям 45 см, незалежно від умов вологозабезпечення, збільшення норми висіву із 5 до 6 та 7 млн шт./га достовірно та стабільно зменшувало врожай насіння. Переваги тієї чи іншої норми висіву не залежали від фону мінерального живлення.

Без зрошення, найвищої урожайності 1,65 т/га було досягнуто на фоні внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ за сівби з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га. При зменшені норми добрив до $N_{60}P_{45}K_{45}$ урожайність знижувалася на 0,8 т/га. Відповідно при зрошенні максимального рівня 2,16 т/га, досягали на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$, за сівби з міжряддям 15 см нормою 7 млн шт./га. При зменшені норми добрив до $N_{60}P_{45}K_{45}$ урожайність знижувалася на 0,9 т/га.

Враховуючи на зменшення урожайності, переваги вирощування льону олійного із міжряддям 45 см полягають у можливості отримання насіння харчового та медичного призначення, за рахунок проведення міжрядних культивувань та відмови від застосування гербіцидів. За цієї умови вищу врожайність насіння посіви формують при нормі сівби 5 млн шт./га. На природному фоні живлення урожайність дорівнювала у незрошуваному варіанті – 0,97 т/га, а при зрошенні підвищилася на 34% – до 1,30 т/га. За рахунок внесення добрив урожайність збільшилася до 1,38 та 1,89 т/га, відповідно.

При оцінюванні визначалися частка насіння відносно наземної маси рослин визначеної методом пробного снопа, відсоток стебел, а також співвідношення між обліковою урожайністю насіння та стебел (додаток В.13).

У загальній наземній масі частка насіння проявлялася відносно стабільною величиною та складала 26,0–30,1%. В середньому за рахунок зрошення вона підвищилася на 0,4 в.п. до 28,3%. Внаслідок удобрення та підвищення фону живлення частка насіння зростала в межах від 0,5 до 0,7 в.п. без зрошення та на 0,6–0,8 при зрошенні. На широкорядних посівах частка насіння зростала відповідно на 2,1 та 2,3% в абсолютній величині. Таке співвідношення може бути зумовлене біологічними особливостями культури – незавершеним циклом розвитку, внаслідок чого відмирання листкової маси на фоні зрошення та внесення мінеральних добрив сповільнювалося.

Частка стебел в наземній масі змінювалася в межах від 41,8 до 50,5%. У середньому на 3,1 в.п., до 47,6% зросла частка стебел на фоні зрошення. За умов природного зволоження внесення мінеральних добрив зменшувало цей показник в абсолютних значеннях на 0,8–1,2%, а при зрошенні збільшувало на 0,2–1,1%. Більшою був відсоток стебел у посівах із міжряддям 15 см, у середньому 46,6 проти 42,5% та 49,6 і 45,7% відповідно без зрошення та при зрошенні. Під впливом досліджуваних норм висіву даний показник змінювався від – 0,7 до +0,1 в.п. та був переважно вищим за норми висіву 5 млн шт./га.

Співвідношення стебло/насіння мало особливості, які крім умов росту

були зумовлені висотою зрізу, ступенем галуження стебла, режимом обмолоту тощо. Режим вологозабезпечення суттєво не впливав на даний показник, частка соломи відносно маси насіння у середньому складала 137,3% без зрошення та 137,0% при зрошенні. У варіантах удобрення ці значення зменшувалися на 4,8–6,8 в.п. за умов природного вологозабезпечення та на 6,7–8,7% – при зрошенні. Найбільший вплив на співвідношення між урожайністю соломи та насіння проявляв спосіб сівби. Збільшення ширини міжряддя із 15 до 45 см зумовило зменшення в середньому частки соломи із 149 до 126% без зрошення та із 150 до 124% – при зрошенні. Залежно від норми висіву коливання співвідношення було незначним та не перевищувало 4,7%.

3.6 Особливості анатомічної будови стебел льону при різних технологічних заходах

Процес формування луб'яних волокон, їх лінійні параметри, що в подальшому визначає продуктивність та технологічні властивості соломи як сировини, тісно пов'язаний із анатомічною будовою стебла. Для оцінки змін стебла був проведений гістологічний аналіз методом мікроскопії. У процесі аналізу виділяли покривну тканину, до якої відносили кутикулярний шар та епідерміс; коркову паренхіму; шар деревини; серцевину; порожнину. Враховуючи, що луб'яні волокна розташовуються пучками між клітинами паренхіми, а деревина повинна бути видалена в процесі первинної переробки стебел, співвідношення між ними опосередковано свідчить про якість соломи.

Найбільшу товщину у поперечному розрізі у фазі зеленої стиглості займають порожнина стебла, деревина та серцевина (додаток В.14). Найбільш тонким є шар покривних тканин. За рахунок зрошення відбувалося збільшення порожнини на 0,032 мм, деревини на 0,052 мм, а паренхіми – на 0,016 мм, що складало 15,0; 20,1 та 10,9%, відповідно. При цьому товщина серцевини зменшилася в середньому на 0,027 мм, що становить 15,6%. Збільшення

товщини покривного шару було в межах до 2,0%.

Внесення мінеральних добрив, незалежно від вологозабезпечення, зумовлювало збільшення розміру порожнини та переважно збільшення товщини інших тканин. Без зрошення вагомніше зростала частка паренхіми (30,3%), та деревини (28,8%). При зрошенні найбільше зростала товщина деревини 35,4% та паренхіми 29,5%. Покращення вологозабезпечення спричиняло до значно більшого зростання шару серцевини та покривних тканин.

Розширення міжряддя до 45 см супроводжувалося переважно збільшенням шару серцевини, відповідно режиму зволоження на 15,6 та 29,4%, а товщина паренхіми зростала на 2,8 та 6,1%.

Оскільки зазначені тканини в межах стебла мають послідовне радіальне розташування доцільним є порівняння їх загальної площі. Вона була визначена умовно, припускаючи, що стебло має форму правильного кола (додаток В.15).

Найбільшу частку в площі поперечного зрізу стебла займає деревина, 40,6 та 43,4%, паренхіма 32,4 та 32,9%, а також серцевина 16,4 та 12,3% відповідно для вирощування в умовах без зрошення та при зрошенні. Штучне зволоження зумовило збільшення площі порожнини у середньому на 31,9, деревини на 27,8 та паренхіми на 21,3%. При цьому площа серцевини зменшилася на 10,1%.

При внесенні мінеральних добрив та зростанні норми спостерігалось збільшення площі паренхіми. яке досягало 42,1 та 50,9% відповідно без зрошення та на фоні зрошення, та деревини до 32,1 та 49,8%. Також спостерігалось збільшення площі покривної тканини, а на фоні зрошення, серцевини. Впровадження широкорядних посівів зумовлює зростання частки паренхіми в стеблах соломи у середньому на 9,2% без зрошення та на 17,3% при зрошенні, а деревини – на 14,5 та 23,4%, відповідно. При цьому найбільш суттєво, незалежно від умов зволоження, зростає площа серцевини.

Результати мікроскопії механічних тканин наведено в додатку В.16. Зрошення, внесення мінеральних добрив та збільшення ширини міжряддя зумовлювали потовщення стебла. Так, за рахунок зрошення воно збільшувалося

в середньому на 9,0% до 1,74 мм, а за рахунок підвищення фону мінерального живлення діаметр стебла стабільно зростав у середньому на 10,1% до 1,66 мм без зрошення та на 17,7% до 1,86 мм при зрошенні. За широкорядної сівби льону діаметр стебла збільшився в середньому на 6,1%, (до 1,64 мм), але найбільше зростання відбувалося на фоні зрошення із 1,66 мм до 1,82 мм, що складає 10,1%.

Кількість пучків змінювалася від 25,0 до 29,8 шт. Вони розміщувалися смугою, часто сполучалися між собою, через що не завжди були чітко розрізнені. Найбільш суттєво на утворення пучків впливало зрошення, за рахунок якого їх кількість зростала на 8,4% в середньому із 26,2 до 28,4 шт. Із посиленням фону мінерального живлення їх кількість мала тенденцію до поступового зростання. Найбільша різниця спостерігалася між граничними варіантами, без добрив та $N_{90}P_{60}K_{60}$, відповідно 25,8 та 26,5%, де рослини вирощувалися без зрошення, а також на 27,7 та 28,8% при зрошенні. Кількість пучків на широкорядних посівах була меншою, залежно від фону зволоження в середньому на 6,3 та 6,1%.

У більш широкому діапазоні, від 24,9 до 32,1 шт., змінювалася кількість волокон у пучку. Як із попереднім показником найбільший вплив на середню кількість волокон у пучку мало вологозабезпечення. За рахунок зрошення їх кількість зростала на 12,4%, досягаючи 29,9 шт./пучок. Позитивно впливало на чисельність волокон застосування мінеральних добрив. Без зрошення їх кількість зростала в середньому від 26,0 до 26,9 шт., проте більш суттєво на фоні зрошення від 28,7 до 30,6 шт. На широкорядних посівах пучки містили меншу кількість волокон, у середньому на 8,0 та 9,6%, відповідно до умов зволоження.

Розмір волокна оцінювали за значеннями їх середнього поперечного розрізу. Окремі волокна в пучку характеризувалися досить значними відхиленнями лінійних розмірів. У середньому, в залежності від факторів, що досліджувалися, перетин волокна коливався в межах від 25,1 до 32,2 мкм. При зрошенні та внесенні мінеральних добрив розміри волокна збільшувалися, тоді

як на фоні широкорядних посівів – зменшувалися. Так якщо на незрошуваних ділянках в середньому волокна в перерізі були 27,2 мкм, то на фоні зрошення на 2,7 мкм більше.

За рахунок внесення одинарної норми добрив вони розмір волокон збільшився на 1,3 мкм у незрошуваному варіанті та до та 1,9 мкм – при зрошенні. На максимальному фоні живлення відносно неудобрених ділянок волокна були товщі на 8,7 та 11,6%, відповідно перерізу волокон із варіантів, де сівбу проводили із міжряддям 45 см був меншим на 6,4 та 6,2%.

За будовою волокно в середині містить порожнину, розмір якої також є його характеристикою. На фоні штучного зволоження відбувалося її зменшення, в середньому на 6,6%, тоді як при внесенні мінеральних добрив поступове збільшення на 6,3 та 6,8% до найвищих значень на максимальному фоні живлення відповідно на незрошуваних ділянках та при зрошенні. У межах 1,1–1,4% відбувалося збільшення порожнини волокна внаслідок збільшення ширини міжряддя від 15 до 45 см.

Зміною перерізу волокна та розміру його порожнини зумовлена товщина його стінки. Даний показник за варіантами дослідів змінювався від 7,35 до 9,91 мкм. Серед досліджуваних факторів найбільший вплив мало зрошення, де в середньому товщина стінки зростала на 20,7% (до 9,9 мкм). Зумовлювало потовщення стінки волокна на 0,5–0,7 мкм також внесення мінеральних добрив, а на максимальному фоні живлення потовщення стінки відбувалося на 10,5 та 14,2% відповідно до значень фактору «А». Одночасно на широкорядних посівах волокно характеризувалося тоншими стінками, таке зменшення складало в середньому 11,3 та 9,8%.

Ступінь скупченості механічних тканин у стеблах та корковій паренхімі представлена в додатку Б.17. Облікова кількість волокон із одного стебла зростає при покращенні вологозабезпечення та мінерального живлення, проте зменшується на фоні широкорядних посівів. Якщо у середньому по інших варіантах без зрошення нараховувалося 697 волокон, то на фоні зрошення їх було на 21,8% більше – 848 шт. За рахунок внесення норми добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$

кількість волокон збільшилася на 26,5 шт. без зрошення та на 50,0 шт. при зрошенні. Кожне подальше підвищення фону мінерального живлення збільшувало кількість волокон менш суттєво, лише у межах 1,1–2,7%.

Оскільки під впливом досліджуваних факторів спостерігається різний вектор кількісних гістологічних змін, був здійснений розрахунок чисельності пучків та волокон у відношенні до площі та зовнішнього периметру паренхіми. Кількість пучків на одиниці площі паренхіми суттєво зменшувалася внаслідок впливу досліджуваних факторів. Так, якщо в незрошуваних умовах в середньому припадало 41,2 пучки на мм^2 площі паренхіми, то при зрошенні на 9,9% менше – 37,1 шт./ мм^2 .

Різниця між неудобреним та варіантом максимального фону $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ становила 27,4 та 30,8%, відповідно без зрошення та при зрошенні. Однак найбільшою була відмінність між контролем та першим фоном живлення 18,7–23,6%. При подальшому зростанні фону до $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ та $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ кількість пучків на одиниці площі паренхіми зменшувалася у середньому на 8,7 та 1,9%. Запровадження широкорядної сівби в середньому зменшувало кількість пучків на одиниці площі паренхіми із 43,4 до 38,1 шт./ мм^2 без зрошення та із 42,1 до 33,1 шт./ мм^2 при зрошенні.

Децю іншою була динаміка кількості волокон на одиниці площі. Зрошення суттєво не вплинуло на даний показник, їх кількість становила в середньому 1096 та 1110 шт./ мм^2 . Внесення мінеральних добрив та підвищення фону живлення зменшувало число волокон на одиниці площі паренхіми до 75,0 та 73,7% від їх кількості на контролі. Найбільш суттєвим було зменшення від застосування першої норми добрив $\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$. Аналогічною була і реакція рослин на збільшення ширини міжряддя.

Кількість пучків, що припадають на одиницю довжини кола паренхіми не змінювалося від застосування зрошення, проте при підвищенні фону мінерального живлення спостерігалася їх зменшення, що складало до 7,2% без зрошення та до 11,7% – при зрошенні. Більш розріджене розташування пучків спостерігалася також при збільшенні ширини міжряддя, із 5,7 до 5,0 шт./ мм^2 на

незрошуваних ділянках та із 5,7 до 4,9 шт./мм² при зрошенні.

У той же час кількість волокон, як припадають на одиницю периметра паренхіми на фоні зрошення збільшилася із 142 до 159 шт./мм², що складало 12,1%. Удобрення посівів та збільшення ширини міжрядь зумовлювали більш розосереджене розташування волокон по периметру паренхіми.

Визначення площі пучків свідчить про їх збільшення у середньому на 14,9% внаслідок зрошення та до 14,3–15,0% від застосування добрив та зростання фону живлення. Проте рослини, що зростали на широкорядних посівах формували пучки луб'яних волокон на 7,5–9,7% менші за площею.

3.7 Урожайність та якість соломи льону олійного

Як було зазначено в аналітичному розділі виробниче застосування може мати солома льону олійного, що зумовлює необхідність оцінки її рівня урожайності та якості. Під впливом мінливості погодних умов значні коливання кількості соломи відмічалось в окремі роки досліджень, стандартне відхилення складає 1,80 т/га для незрошуваних умов та 1,84 т/га – при зрошенні (додаток В.18).

Вагомий вплив на урожайність соломи мало покращення вологозабезпечення культури, яке сприяло підвищенню маси соломи в середньому на 34,4%. За внесення одинарної норми добрив N₄₅P₃₀K₃₀ урожайність соломи без зрошення зросла на 0,32 та 0,37 т/га, відповідно за умов зволоження. Підвищення фону живлення до N₉₀P₆₀K₆₀ зумовлювало подальше, хоча і менш суттєве, зростання урожайності соломи, яка в середньому по інших факторах досягала рівня 2,02 та 2,68 т/га, а приріст відносно контролю складав 0,56 та 0,67 т/га.

Збільшення ширини міжряддя із 15 до 45 см негативно вплинуло на збір соломи, її урожайність зменшилася на 27,4% (до 1,76 т/га). Такі зміни зумовлені посиленням внутрішньовидової конкуренції, оскільки більш вагоме зменшення урожайності соломи відбулося на фоні зрошення – 0,78 т/га, ніж без зрошення –

0,58 т/га.

На відміну від інших факторів, різниця між варіантами різного рівня загушення рослин протягом років спостережень, в окремих випадках була недостовірною. Динаміка значень урожайності соломи від зміни норми висіву була пов'язана із впливом інших факторів. За сівби з міжряддям 15 см без зрошення спостерігалося певне зростання абсолютних значень при встановленні норми 6 млн шт./га, тоді як на фоні зрошення – 7 млн шт./га. За широкорядної сівби урожайність соломи, незалежно від умов вологозабезпечення, була вищою за норми висіву 5 млн шт./га.

Внаслідок зазначених трансформацій найвищий урожай соломи (3,19 т/га), посіви льону олійного формували при зрошенні, внесенні мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$, сівбі з міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн шт./га. За умов природного зволоження на фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$ та сівбі при міжрядді 15 см нормою висіву 6 млн шт./га, урожайність соломи складає 2,36 т/га.

Значне збільшення урожайності соломи льону внаслідок зрошення та внесення мінеральних добрив у зоні проведення досліджень відмічається у роботах інших вчених [401]. Подібні до наших висновки зроблені у дослідженнях, які проводилися в інших зональних умовах [246, 407, 419].

Головним показником якості соломи є вміст лубу. За даними літератури в стеблах льону олійного міститься 10–15% волокна придатного для вироблення грубих тканин [55].

У нашому досліді вміст лубу коливався в межах від 11,1 до 15,2% в умовах природного зволоження та від 18,0 до 22,9% – при зрошенні. У середньому за рахунок зрошення вміст лубу в соломці зростав на 6,95 в.п. За умов природного зволоження внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ в усіх випадках зумовлювало різке підвищення вмісту лубу до найвищого значення, у середньому із 12,4 до 14,0%. Подальше підвищення фону живлення спричиняло зменшення показника у середньому на 0,25 та 0,75%, відповідно. На фоні зрошення найвищим був вміст лубу при застосуванні добрив нормою $N_{60}P_{45}K_{45}$. Тут

зростання порівняно із контрольним рівнем 19,1% складало 2,2 одиниці, після чого за максимальної норми живлення відбулося зменшення вмісту волокна на 1,3 в.п.

Негативно вплинуло на вміст лубу збільшення ширини міжряддя, оскільки показник зменшився у середньому із 17,8 до 15,8%. При цьому пропорційно більш значне зменшення спостерігалось в незрошуваних умовах, ніж при зрошенні. В межах досліджуваних норм висіву вміст лубу, незалежно від рівня вологозабезпечення, зростав за сівби із міжряддям 15 см при встановленні норми висіву 7 млн шт./га, а на широкорядних посівах за норми 5 млн шт./га.

Відхилення норми в ту чи іншу сторону спричиняло зменшення вмісту лубу в межах від 0,2 до 0,9 в.п. Найбільш різке зменшення вмісту лубу спостерігалось на широкорядних посівах без зрошення. Тому, при вирощуванні льону олійного на фоні природного зволоження найвищий вміст лубу – 15,2% забезпечує внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{30}K_{30}$, сівба з міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн шт./га. При зрошенні максимальний вміст лубу в соломі – 22,9% спостерігається за аналогічних заходів сівби на фоні внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$.

Міцність лубу є його важливою фізико-механічною характеристикою. Покращення умов вологозабезпечення проявило позитивний вплив, унаслідок чого міцність зросла у середньому із 6,1 до 13,8 даН (кг/с). Позитивно впливало на величину розривного навантаження застосування мінеральних добрив. Покращення фону мінерального живлення супроводжувалося постійним зростання даного показника із 5,9 даН на контролі до 6,2 даН – на фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$. При зрошенні відповідне збільшення відбулося в межах від 12,9 даН до 14,1–14,2 даН при внесенні $N_{90}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{45}K_{45}$.

Негативно вплинуло на якість лубу збільшення ширини міжряддя, внаслідок міцність зменшилася в середньому із 10,2 до 9,6 даН. Вплив норми висіву на розривне навантаження є подібним до зміни вмісту лубу. Незалежно від рівня вологозабезпечення міцність волокон була достовірно вищою за сівби із міжряддям 15 см за норми висіву 7 млн шт./га, а за широкорядної сівби

нормою 5 млн шт./га. Різниця між граничними варіантами норми висіву при посіві на 15 см складала 0,20–0,38 даН без зрошення та 0,8–1,1 даН при зрошенні. На фоні широкорядних посівів відмінності складали 0,11–0,34 та 0,50–0,70 даН, відповідно.

Аналогічні зміни вчені пов'язують з тим, що в загущених посівах формуються рослини із меншим діаметром стебел, компактними волокнистими пучками, тонкими і довгими виповненими клітинами елементарного волокна [207]. В той же час широкорядні посіви впливають на галуження та змінюють габітус рослини, що має морфологічні наслідки, як негативно впливає на вміст та якість волокна.

Таким чином, при вирощуванні льону олійного на фоні природного зволоження найвищу міцність лубу 6,54 даН забезпечує застосування технологічного комплексу: внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$, сівба із міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн шт./га. За умов зрошення максимальну міцність лубу 14,9 даН відмічали за сівби з міжряддям 15 см та нормою висіву 7 млн шт./га на фоні мінерального живлення $N_{60}P_{45}K_{45}$. Подальше підвищення норми добрив не впливало на міцність лубу.

Якість волокна, можливість та технологію його переробки визначають лінійні розміри стебла. Головними показниками оцінки є загальна та технічна довжина (додаток В.19). На природному фоні зволоження відхилення між загальною довжиною стебла рослин окремих варіантів складало 12,7%, тоді як при зрошенні – 18,5%. Найбільш суттєво на даний показник впливало зрошення. За рахунок покращення умов зволоження загальна довжина у середньому зростала на 12,1%, (із 46,2 до 51,8 см). В усіх випадках внесення мінеральних добрив та підвищення їх норми супроводжувалося постійним збільшенням даної величини. Залежно від фону живлення перевищення відносно контролю складали 1,70–2,48 см без зрошення та 2,48–4,60 см при зрошенні. За незрошуваних умов різниця значень між граничними варіантами живлення складала 5,6, а при зрошенні 9,4%. Розширення міжрядь супроводжується достовірним зменшенням загальної довжини, у середньому на

1,7 см без зрошення, та на 3,3 см – при зрошенні. Незалежно від поєднання інших факторів збільшення норми висіву до 7 млн шт./га супроводжувалося збільшенням абсолютних значень загальної довжини. На удобрених варіантах у більшості випадків така різниця була достовірною. Такі відмінності між варіантами зумовлені біологічними особливостям культури, оскільки перед цвітінням бутон досягає верхівки рослини, а тому фактори, що подовжують вегетацію культури та підвищують урожайність, опосередковано сприяють збільшенню загальної довжини.

Суттєвими були відмінності й технічної довжини. За рахунок зрошення вона в середньому збільшилася із 28,1 см до 36,0 см, що складає 28,1%. Підвищення фону живлення супроводжувалося зростанням технічної довжини. На фоні природного зволоження таке перевищення над контролем зростало в межах від 2,15 до 4,98 см, а при зрошенні від 3,90 до 8,85 см. Збільшення ширини міжряддя із 15 до 45 см спричиняло до суттєвого зменшення технічної довжини у середньому із 31,5 см до 24,7 см без зрошення та із 42,3 см до 29,7 см на фоні зрошення. Дана особливість може бути зумовлена покращенням освітленості нижньої частини стебла рослини що спостерігається при широкорядній сівбі, які набагато пізніше зникаються в міжряддях. На посівах із міжряддям 15 см підвищення норми висіву спричиняло достовірне збільшення технічної довжини. На широкорядних посівах статистично доведеного впливу норми висіву не встановлено. При зрошенні даний показник був вищим за норми висіву 6 млн шт./га лише на удобрених варіантах.

Відсоток технічної довжини відносно загальної унаслідок зрошення зростав на 7,9 в.п. у середньому із 28,1 до 36,0%. Поступово технічна частина стебла при застосуванні мінеральних добрив підвищувалася, у середньому від 25,4 до 29,1% в умовах природного зволоження та від 31,2 до 37,8% – на фоні зрошення. Порівняно із посівами на 15 см широкорядні характеризувалися меншою часткою технічної довжини, що проявлялося незалежно від зрошення, відповідно на 6,8 та 12,6 в.п. За сівби із міжряддям 15 см збільшення норми висіву зумовлювало збільшення частки технічної довжини на 1,0–2,9%. На

широкорядних посівах відмінності спостерігали лише при зрошенні на вищих фонах мінерального живлення.

Одним із лінійних характеристик стебла є його миклість – відношення технічної довжини стебла до його діаметра. Кращою для переробки сировиною є стебла із більшою технічною довжиною та меншим діаметром, що зумовлює більші значення миклості [266]. Найбільш вагомо на даний показник впливала зміна ширини міжряддя, оскільки одночасно відбувалося зменшення технічної довжини та потовщення стебла. Внаслідок миклість зменшилася на 25,9% при вирощуванні льону олійного без зрошення та на 35,9% при зрошенні. Значний вплив також мали умови вологозабезпечення культури.

Внаслідок зрошення миклість зростала на 18,2%, у середньому із 175 до 207 одиниць. Позитивно на даний показник впливало посилення режиму мінерального живлення. За внесення добрив та підвищенні фону миклість стабільно зростала у середньому без зрошення із 169 до 183 одиниць, а при зрошенні – із 198 до 215 одиниць. Унаслідок підвищення норми висіву за міжряддя 15 см, показник постійно підвищувався і досягав максимальних значень у варіантах 7 млн шт./га. Аналогічними були зміни стебла культури за сівби із міжряддям 45 см на фоні зрошення, також на незрошуваних ділянках, однак лише при внесенні мінеральних добрив.

3.8 Загальна продуктивність льону олійного при подвійному його використанні

У результаті зазначених коливань урожайності насіння та його олійності вихід олії змінювався у межах від 0,34 до 0,64 т/га без зрошення та від 0,49 до 0,85 – при зрошенні (додаток В.20). У середньому зрошення підвищило кількість утвореної олії на 35,7%, а удобрення – на 44,9% за природного вологозабезпечення та на 45,4% при зрошенні. Однак, незалежно від умов зволоження, більші за значеннями приріст отримано за нижчих норм внесення

добрив.

Негативно позначилося розширення міжряддя із 15 до 45 см, що зумовило зменшення виходу олії в середньому із 0,54 до 0,46 т/га без зрошення та із 0,73 до 0,63 т/га при зрошенні. Вихід жиру переважно визначається урожайністю насіння, де коефіцієнт кореляції наближався до одиниці, тоді як із олійністю він становив 0,70 в умовах природного зволоження та 0,83 при зрошенні. Тому варіанти норм висіву, що забезпечували вищу врожайність мали переваги за виходом олії.

У підсумку на фоні природного зволоження найвищий вихід жиру 0,64 т/га було забезпечено при внесенні мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$, сівбі із міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га. На фоні зрошення 0,85 т/га жиру отримали на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$, за сівби з міжряддям 15 см нормою 7 млн шт./га. Виходячи із урожайності насіння та виходу жиру доцільність вирощування льону олійного із міжряддям 45 см полягає лише у можливості отримання більш вартісного продукту харчового та медичного призначення.

Оцінка соломи як сировини проведена за умовним (розрахунковим) виходом лубу. Найбільш вагомо на процеси утворення лубу впливає вологозабезпечення. За рахунок зрошення його вихід збільшувався в середньому більше, ніж удвічі, із 0,24 до 0,49 т/га. Також стабільно зростав вихід лубу при застосуванні добрив та збільшенні їх норми. На фоні природного зволоження збільшення від їх внесення складало 0,07–0,09 т/га, а при зрошенні 0,12–0,16 т/га. Проте, збільшення норми добрив із $N_{60}P_{45}K_{45}$ до $N_{90}P_{60}K_{60}$ призводило до зміни кількості лубу лише в межах до 2,5%.

Суттєво меншим був вихід лубу на широкорядних посівах культур, де в середньому без зрошення його сформувалося на 38,1%, а при зрошенні на 34,0% менше. Реакція показника на зміну норми висіву визначалася взаємодією із способом сівби та вологозабезпеченістю. За сівби з міжряддям 15 см на незрошуваних ділянках вищими значення умовного виходу лубу були при встановлені норми висіву 6 млн шт./га. тоді як при зрошенні 7 млн шт./га. На широкорядних посівах такою була норма висіву 5 млн шт./га.

З позиції використання соломи льону олійного для технічної переробки кращим є наступне поєднання факторів: без зрошення внесення мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$, сівбі з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га; при зрошенні застосування норми добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$, сівбі із міжряддям 15 см нормою 7 млн шт./га, що забезпечує умовний вихід лубу відповідно 0,34 та 0,68 т/га.

Для узагальненого економічного порівняння продуктивності варіантів різних технологій вирощування льону олійного, у зв'язку із ціновими коливаннями на агроресурси та сировину, використали оцінку в умовних зернових одиницях (рис. 3.6–3.7).

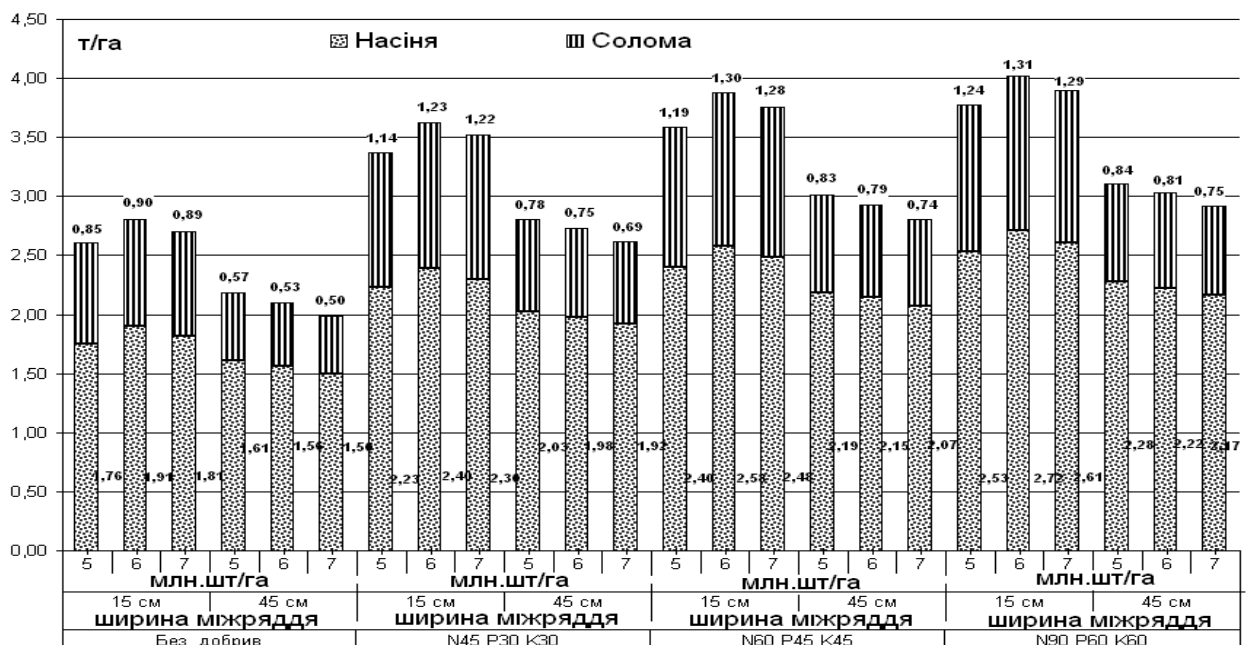


Рис. 3.6 Вихід зернових одиниць при подвійному використанні льону олійного сорту Південна ніч за вирощування без зрошення, т/га

Найбільш впливовим фактором є вологозабезпечення, за рахунок зрошення вихід зернових одиниць збільшився в середньому на 55,6%. Від внесення мінеральних добрив отримано збільшення виходу зернових одиниць на 0,72–1,06 т/га без зрошення та на 1,01–1,54 т/га при зрошенні. Зменшення загальної продуктивності при збільшенні ширини міжряддя складало 22,4% без зрошення та 21,7% при зрошенні. За сівби із міжряддям 15 см без зрошення збільшення норми висіву до 6 млн шт./га, а при зрошенні до 7 млн шт./га

супроводжується зростанням виходу зернових одиниць. На широкорядних посівах такою є норма висіву 5 млн шт./га.

Найбільший вихід умовних зернових одиниць в незрошуваних умовах 4,02 т/га забезпечувало внесення максимальної норми мінеральних добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ сівба із міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га. На фоні зрошення збір на рівні 6,19 т/га отримано при внесенні $N_{90}P_{60}K_{60}$ за сівби із міжряддям 15 см нормою висіву 7 млн шт./га.

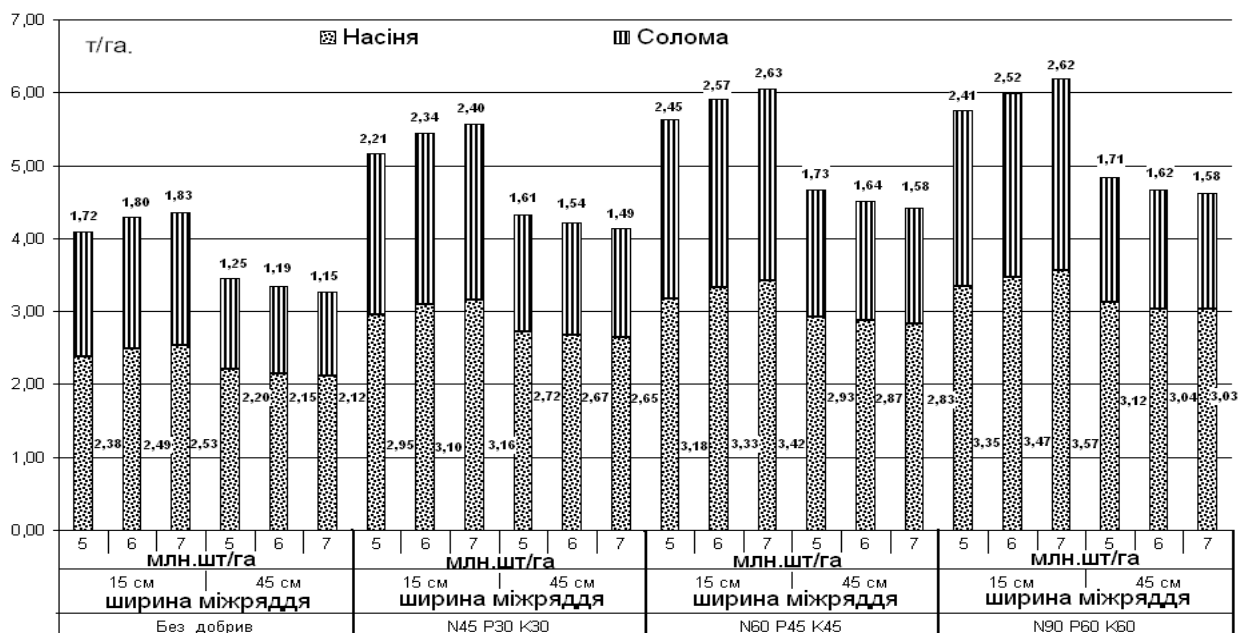


Рис. 3.7 Вихід зернових одиниць при подвійному використанні льону олійного сорту Південна ніч за вирощування при зрошенні, т/га

Використання соломи як сировини для переробки суттєво збільшує продуктивність посівів культури. У середньому, за рахунок вилучення волокна із соломи льону олійного, вихід умовних зернових одиниць зростає без зрошення на 43,6%, а в умовах штучного зволоження на 65,8%. Частка лубу в загальному оцінюванні підвищується за сівби з міжряддями 15 см за рахунок зрошення в середньому на 9,4 в.п., за рахунок удобрення – на 0,6–1,3 в.п. в умовах без зрошення та на 0,1–1,5 в.п. при зрошенні. Найбільших значень показник досягав без зрошення на фоні внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$, а при зрошенні – за внесення норми добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$.

Висновки до розділу 3

1. За результатами дослідження встановлено, що на фоні полицевої зяблевої оранки на 20–22 см та наступного рекомендованого допосівного обробітку сумарне водоспоживання льону олійного змінюється в межах від 108 до 212 мм, за рахунок значних коливань як запасів ґрунтової вологи так і опадів. За цих умов проявляється висока стабілізуюча роль зрошення, частка якого в сумарному водоспоживанні культури становить близько 40%.

2. Визначено, що зрошення подовжує вегетаційний період культури на 8–9 діб, переважно за рахунок фаз етапу генеративного розвитку, що сприяє зростанню лінійних показників рослин та елементів структури урожаю. Внесення мінеральних добрив сприяє зменшенню коефіцієнта водоспоживання та коефіцієнта ефективності зрошення. Дослідженнями встановлено, що зрошення збільшує потребу та подовжує період інтенсивного поглинання рослинами елементів живлення. Період максимального споживання азоту, фосфору та калію посівами льону олійного триває з тридцятої по п'ятдесятю добу від появи сходів. Подвійне використання льону збільшує відчуження калію більше, ніж утричі, азоту на третину, а фосфору – на 13%. В умовах зрошення відбувається збільшення виносу азоту на 36,5, фосфору на 47,0, калію на 53,3%.

3. Заходи інтенсифікації вирощування льону олійного, змінюючи асиміляційні процеси та перерозподіл пластичних речовин, формують біологічні передумови для подвійного використання культури. Зрошення на фоні застосування мінеральних добрив збільшує швидкість лінійного росту рослин, листковий індекс, чисту продуктивність фотосинтезу посівів, унаслідок чого суха наземна маса посівів зростає на 36,8%. В умовах природного зволоження найвищу врожайність насіння – 1,65 т/га та соломи – 2,36 т/га, забезпечує фон живлення $N_{90}P_{60}K_{60}$ сівба з міжряддям 15 см нормою 6 млн шт./га. При зрошенні максимальний рівень врожайності насіння 2,16 т/га та соломи 3,19 т/га, досягається за внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ та сівби з міжряддям

15 см нормою 7 млн шт./га.

4. Дослідженнями встановлено, що зрошення зумовлює підвищення олійності насіння льону в середньому на 0,42 в.п., а удобрення на 0,5–2,1%. Підвищення фону живлення до $N_{90}P_{60}K_{60}$ знижує вміст жиру. Під впливом зрошення та мінерального живлення склад жирних кислот не зазнає значних змін. Найбільш динамічним є вміст ліноленової та олеїнової кислот. Переваги вирощування льону олійного із міжряддям 45 см полягають виключно у можливості отримання насіння харчового, медичного призначення, або органічної продукції за рахунок механічного регулювання забур'яненості. Урожайність насіння при цьому, відповідно до умов зволоження, зменшується на 14,7 та 12,4%.

5. Технологічні заходи, що сприяють зростанню урожайності насіння підвищують урожайність соломи. Зрошення сприяє збільшенню урожайності соломи в середньому на 34,4% та росту частки стебел в наземній масі рослин на 3,1 в.п. Внесення мінеральних добрив та зрошення зумовлюють відмінності анатомічної будови стебла: збільшення діаметру стебла, площі паренхіми та деревини, кількості пучків та волокон, товщини стінки елементарного волокна. При цьому кількість пучків на одиниці площі паренхіми зменшується. Зрошення та внесення мінеральних добрив, за сукупністю технологічних характеристик, покращує властивості соломи льону олійного та робить її більш придатною для переробки й вилучення волокна. У середньому за рахунок зрошення зростає загальна та технічна довжина стебла на 12,1 та 28,1 %, миклість на 18,2%, вміст лубу на 6,95 в.п., а міцність лубу в 2,3 рази. На удобреному фоні ефективність зрошення зростає.

РОЗДІЛ 4

СТРОКИ СІВБИ ТА НОРМИ ВИСІВУ – ЯК ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Хоча для рослин характерна значна варіабельність граничних значень температурних умов, для більшості видів вищих рослин оптимальною вважається межа 20–30°C. Відхилення температури в ту чи іншу сторону послаблює фізіологічні та метаболічні процеси. Як було обґрунтовано в першому розділі льон проявляє високу реакцію на зміну гідротермічних режимів та освітленості. Вважається, що сходи льону є стійкими та можуть витримувати зниження температур до мінус 6–8°C, тоді як температурний максимум розвинених рослин перебуває в межах від 39 до 40°C [383].

Визначення строку сівби льону має велике значення оскільки наперед визначає ступінь відповідності змінних у часі теплового та водного режимів, освітленості вимогам виду. У підсумку спостерігається коливання як величини урожаю, так і якості продукції. Рослини розвиваються тільки у тому випадку, якщо середня температура повітря досягає межі біологічного мінімуму (біологічного нуля). За визначеною в агрометеорологічних дослідженнях класифікацією В. М. Степанова [363], біологічний мінімум для льону близький до значень групи холодостійких рослин (пшениця, жито, овес, ячмінь та ін.) та становить + 5°C, однак він змінюється впродовж вегетації, а тому в наступних фазах буде вищим.

4.1 Формування та діяльність листкового апарату культури

Відомо, що головним шляхом підвищення врожайності будь якої автотрофної сільськогосподарської культури є збільшення площі асимілюючих органів та створення оптимальних умов їх функціонування. В своїх роботах В. Г. Діора (2000) вивчав, на фоні проведення агроеліоративних заходів,

підвищення листкової поверхні льону-довгунця та його чистої продуктивності фотосинтезу. Ним була встановлена пряма залежність між цими показниками [85]. Біологічною особливістю льону, як культури раннього ярого типу розвитку є значна реакція на строки сівби. Зменшення площі листків у пізні строки відмічали в різних ґрунтово-кліматичних умовах [252, 388].

Біометричні дослідження свідчать, що площа листкової поверхні різко зростала у фазі бутонізації та досягала найвищого значення 27,7 тис. м²/га, 24,7 та 21,9 тис. м²/га, відповідно строків сівби у фазі цвітіння. На час зеленої стиглості відбулося її зменшення від 32,6 до 52,1% внаслідок відмирання. Більш різке зменшення спостерігалось при зміщенні строків сівби (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Площа листкової поверхні льону олійного сорту Південна ніч, тис. м²/га
(середнє за 2011–2013 рр.)**

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Фази росту й розвитку (фактор С)			
		ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	0,39	18,1	23,3	19,4
	6	0,58	21,2	27,3	21,9
	8	0,77	22,3	28,4	21,6
	10	0,95	23,3	29,4	21,1
	12	1,12	23,5	29,9	20,3
Середній (через 10 діб)	4	0,37	14,8	20,8	16,5
	6	0,56	17,7	23,6	18,6
	8	0,74	19,5	25,4	18,4
	10	0,92	20,4	26,5	18,1
	12	1,09	21,1	27,1	17,2
Пізній (через 20 діб)	4	0,35	13,2	18,5	13,5
	6	0,53	15,4	21,0	15,1
	8	0,70	16,8	22,3	14,9
	10	0,87	17,8	23,7	14,5
	12	1,05	18,3	24,2	14,1
А – 0,28; В – 0,36; С – 0,32; АВС – 1,26					

Переваги першого строку сівби проявлялася від фази ялинка, проте достовірною була різниця лише між раннім та пізнім строками від фази

бутонізації. В подальшому розбіжність зросла та перевищувала найменшу істотну різницю. Достовірна різниця між градаціями норми висіву проявлялися вже на перших етапах органогенезу через більшу кількість рослин. За умов незначної міжвидової конкуренції, більшою була площа листкової поверхні за максимальної норми висіву 12 млн шт./га.

Переваги найвищого загушення спостерігалося протягом фаз бутонізації та цвітіння, тоді як у фазі зеленої стиглості, коли розпочався процес відмирання листя, більшою була площа листкової поверхні при нормі висіву 6 та 8 млн шт./га. Вагомішим було збільшення площі листків від загушення при ранній сівбі. Так, у середньому в фазу цвітіння збільшення норми висіву на 1 млн шт./га зумовлювало зростання площі листків за ранньої сівби на 830 м²/га, середньому – 790, а пізнього – 710 м²/га.

Дослідження демонструють значимість, на початкових етапах органогенезу, загушення рослин (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Наростання площі листкової поверхні протягом окремих періодів росту й розвитку льону олійного залежно від строку сівби та норми висіву, тис. м² добу/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Міжфазні періоди			
		сходи – ялинка	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість
Ранній (настання фізичної стиглості грунту)	4	0,06	0,74	0,40	-0,18
	6	0,08	0,86	0,47	-0,25
	8	0,11	0,90	0,47	-0,32
	10	0,14	0,93	0,51	-0,39
	12	0,16	0,97	0,53	-0,46
Середній (через 10 діб)	4	0,05	0,63	0,50	-0,20
	6	0,08	0,75	0,49	-0,24
	8	0,11	0,81	0,54	-0,35
	10	0,13	0,85	0,55	-0,42
	12	0,16	0,87	0,54	-0,52
Пізній (через 20 діб)	4	0,06	0,56	0,45	-0,25
	6	0,09	0,65	0,46	-0,30
	8	0,12	0,70	0,50	-0,39
	10	0,15	0,74	0,53	-0,51
	12	0,17	0,75	0,59	-0,56

До змикання листків цей показник переважно визначався кількістю сходів, а тому крайні варіанти різнилися в 2,67–3,20 рази, тоді як в період активного росту відмінності між ними були в межах від 31,1 до 38,1%. На загущених посівах були вищими швидкість приросту і відмирання листків. Збільшення норми висіву в межах від 4 до 12 млн шт./га, посилюючи внутрішньовидову конкуренцію, сприяло прискоренню росту й розвитку рослин льону олійного.

Ранні строки сівби прискорювали швидкість наростання листкової маси. За цих умов спостерігалось повільніше відмирання листкового апарату, відповідно 320; 350 м² та 400 м² добу/га.

Незалежно від загушення протягом всього періоду спостережень, ранній строк надавав переваги щодо фотосинтетичного потенціалу (ФП). Протягом міжфазного періоду сходи – ялинка ФП посівів другого строку був меншим у середньому на 3%, а третього на 21%. У подальшому відмінності між строками сівби збільшувалися і складали в межах норм висіву 9,9–21,2 та 21,6–29,7%, відповідно (табл. 4.3).

Вплив норми висіву на ФП посівів змінювався у часі. Найбільшими були відмінності протягом міжфазного періоду сходи – ялинка, 2,79–2,92 рази, через відсутність зімкненого рослинного покриву. Тому кількість рослин на одиниці площі безпосередньо визначала загальну листкову поверхню.

Після утворення суцільного стеблостою та формування внутрішньовидової конкуренції, переваги високих норм висіву зникають, а після фази зелена стиглість більшим стає ФП за норми висіву 6 млн шт./га, де молоді пагони нижнього базального галуження продовжували вегетацію на фоні дозрілих коробочок головного стебла. Відтак протягом всього періоду вегетації культури відмінність між крайніми значеннями варіантів загушення склала 16,0% при ранній сівбі, 16,5 при середньому та 14,7% – при пізньому строках.

У цілому за період вегетації найбільших значень ФП досягав за ранньої сівби нормою висіву 8–10 млн шт./га, близько 1460 тис. м² добу/га, середнього

строку при нормі висіву 10 млн шт./га, біля 1230 тис. м² добу/га, а пізній сівбі – 6–10 млн шт./га до 1000 тис. м² добу/га.

Таблиця 4.3

**Фотосинтетичний потенціал посівів льону олійного сорту Південна ніч
залежно від строку сівби та норми висіву, тис. м² добу/га
(середнє за 2011–2013 рр.)**

Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Міжфазні періоди					
	сходи – ялинка	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	зелена – повна стиглість	сходи – повна стиглість
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту), (фактор А)						
4	1,4	222	269	469	262	1247
6	2,0	261	315	542	296	1451
8	2,7	277	330	524	280	1462
10	3,3	291	316	530	264	1463
12	3,9	283	321	528	244	1447
Середній (через 10 діб)						
4	1,3	175	214	393	232	1037
6	2,0	210	248	442	260	1195
8	2,6	232	247	438	239	1202
10	3,2	245	258	445	226	1232
12	3,8	255	265	421	198	1208
Пізній (через 20 діб)						
4	1,1	156	190	321	182	871
6	1,6	184	219	361	203	998
8	2,1	201	215	353	186	997
10	2,6	215	228	344	160	1000
12	3,1	222	212	345	156	999

Враховуючи важливе значення площі асиміляційної поверхні у формуванні урожаю культури, зволікання із сівбою потребує підвищення норми висіву, що опосередковано підтверджується динамікою накопичення сирової наземної маси рослин (додаток Д.1) та сухої речовини.

Найбільш стрімким є наростання сухої речовини у період між бутонізацією та цвітінням. За зміни строку сівби кількість накопиченої сухої речовини змінювалася, в середньому, від 1,7 до 16,6%. В усіх випадках переваги мав ранній строк сівби, при цьому відмінності між першим та другим

строками були меншими, в середньому на 2,66%, ніж між середнім та пізнім строком сівби, різниця складала 10,5% (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Накопичення абсолютно сухої наземної маси посівами льону олійного сорту Південна ніч, т/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Фази росту й розвитку (фактор С)				
		ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість	повна стиглість
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	0,05	0,84	2,79	4,36	4,51
	6	0,07	1,05	3,12	4,39	4,64
	8	0,09	1,14	3,32	4,29	4,46
	10	0,10	1,20	3,49	4,11	4,39
	12	0,12	1,23	3,56	4,16	4,28
Середній (через 10 діб)	4	0,04	0,81	2,79	4,06	4,27
	6	0,07	1,01	3,04	4,29	4,42
	8	0,09	1,10	3,25	4,31	4,39
	10	0,10	1,15	3,43	4,24	4,26
	12	0,11	1,19	3,50	3,93	4,16
Пізній (через 20 діб)	4	0,04	0,78	2,64	3,45	3,70
	6	0,06	0,96	2,89	3,64	3,81
	8	0,08	1,06	3,05	3,65	3,97
	10	0,10	1,11	3,21	3,54	3,78
	12	0,11	1,14	3,30	3,55	3,67
НІР ₀₅ , т/га: А – 0,03–0,05; В – 0,03–0,06; С – 0,03–0,05; АВС – 0,12–0,21						

До фази цвітіння включно переваги у формуванні сухої речовини мали загущені посіви, а найвищі значення відповідають нормі висіву 10 та 12 млн шт./га. В період зеленої та повної стиглості, при ранній сівбі, переваги мали варіанти, де норма висіву складала 6 млн шт./га, середнього 6–8 млн шт./га, пізнього – 8 млн шт./га, що є наслідком посилення конкуренції фітосередовища. Кількість облікованої сухої наземної речовини рослин становила 4,64, 4,39–4,42 та 3,97 т/га, відповідно.

Відмічається зростання значення ЧПФ у міжфазний період бутонізація – цвітіння та її подальше поступове зменшення у період формування генеративних органів. У цілому за період вегетації культури вищим були значення ЧПФ при більш пізніх строках сівби культури. Так, якщо при ранній

сівбі значення цього показника складали в середньому 3,25 г/м² добу, то при середньому – 3,81 г/м² добу, а пізньому – 4,06 г/м² добу. (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів у міжфазні періоди льону
олійного сорту Південна ніч, г/м² добу
(середнє за 2011–2013 рр.)**

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Міжфазні періоди				
		ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	зелена – повна стиглість	всього за період вегетації
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	3,57	7,24	3,36	0,56	3,69
	6	3,75	6,57	2,35	0,85	3,28
	8	3,81	6,61	1,85	0,60	3,15
	10	3,77	7,26	1,17	1,06	3,13
	12	3,93	7,25	1,15	0,47	3,10
Середній (через 10 діб)	4	4,35	9,29	3,22	0,91	4,21
	6	4,49	8,18	2,83	0,52	3,81
	8	4,37	8,70	2,42	0,34	3,79
	10	4,29	8,84	1,81	0,10	3,62
	12	4,21	8,72	1,03	1,17	3,64
Пізній (через 20 діб)	4	4,72	9,77	2,54	1,34	4,35
	6	4,91	8,79	2,08	0,83	3,94
	8	4,86	9,31	1,70	1,67	4,14
	10	4,72	9,21	0,97	1,46	3,98
	12	4,66	10,15	0,72	0,78	3,91

У переважній більшості випадків, незалежно від строку сівби, вищим була ЧПФ при меншій нормі висіву. При збільшенні норми висіву від 4 до 6 та 12 млн шт./га коливання величини чистої продуктивності фотосинтезу були в межах 2,5%.

Дана особливість спостерігається в інших роботах, які проводилися в подібних умовах та може бути пояснена посиленням внутрішньовидової конкуренції внаслідок формування рослинами, висіяними в ранні строки більш щільного стеблостою [14].

Строк сівби не проявляв значного впливу на співвідношення сухої речовини, зосередженої в окремих органах рослин льону (додаток Д.2). Проте загущення посівів у фазі ялінка зумовлювало зменшення частки листової маси щодо стебел, а у подальшому до зростання частки сухої речовини листків та стебел відносно коробочок.

Так, у фазі зеленої стиглості відсоток сухої речовини листків зросло із 12,2% при нормі висіву 4 млн шт./га до 13,7% при нормі 12 млн шт./га, а у стеблах із 39,4 до 45,5%, тоді як частка коробочок при цьому зменшилася із 48,5 до 40,5%. Відтік пластичних речовин до репродуктивних органів тривав до завершення вегетації.

Враховуючи подвійне використання культури зосередження сухої речовини зрілих посівів в окремих органах рослин представляє практичний інтерес.

Більшу частину біологічної маси рослин льону олійного становлять стебла 44,5 – 49,5%, тоді як частка насіння перебуває в межах 27,4–29,0%. В середньому по фактору вищим був відсоток насіння за другого строку сівби 28,5% порівнюючи із першим – 28,1 та третім – 28,2%. При зміщенні часу сівби частка насіння та полови мала загальну тенденцію до зростання, тоді як відсоток стебел до стійкого зменшення.

При збільшенні норми висіву від 4 до 6 млн шт./га, частка насіння в наземній масі різко підвищувалася, однак зменшується при подальшому загущенні. Маса полови при загущенні посіву стабільно зменшувалася, тоді як соломи, навпаки зростала (табл. 4.6).

При збільшенні норми висіву від 4 до 12 млн шт./га, частина соломи зростає. Найбільше насіння в масі рослин (29,4%), міститься за середнього строку сівби при загущенні 6 млн шт./га, а стебел, 49,5%, при ранньому та загущенні до 12 млн шт./га.

Розподіл сухої речовини між окремими органами рослин льону в процесі їх старіння є спрямованим на зростання частки стебла та репродуктивних органів.

Таблиця 4.6

**Розподіл абсолютно сухої маси в окремих органах дозрілих рослин,%
(середнє за 2009–2013 рр.)**

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Частка в загальній наземній масі,%		
		насіння	полова	стебла
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	27,7	29,4	45,2
	6	29,0	24,1	47,0
	8	28,3	23,7	48,0
	10	27,9	23,4	48,7
	12	27,5	23,1	49,5
Середній (через 10 діб)	4	28,1	27,4	44,5
	6	29,4	24,7	45,9
	8	29,0	24,4	46,7
	10	28,2	24,0	47,8
	12	27,7	23,6	48,8
Пізній (через 20 діб)	4	27,6	27,6	44,8
	6	29,0	25,5	45,5
	8	28,7	25,1	46,2
	10	28,2	24,8	46,9
	12	27,4	24,2	48,4

Динаміка зростання частки насіння та соломи у наземній масі рослин схожі лише у межах значень норм висіву 4–8 млн шт./га, ($r = 0,60–0,78$). Подальше зростання частки стебел за рахунок зменшення частки насіння є проявом внутрішньовидової конкуренції.

4.2 Вплив строків сівби, норм висіву на урожай та якість продукції

Величина врожаю визначається індивідуальною продуктивністю рослин та їх зосередженістю на одиниці площі, між якими існує переважно зворотна залежність [223, 258, 341].

Сівба льону олійного в ранні строки забезпечувала кращі умови появи сходів, росту й розвитку внаслідок чого густина посівів була вищою. Зростання норми висіву значно підвищувало скупченість рослин на одиниці площі, що

посилювало конкуренцію за фактори життя. Польова схожість змінювалася від 82,6 до 74,1% (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Формування структури стеблостою льону олійного сорту Південна ніч різних строків сівби залежно від норми висіву (середнє за 2009–2013 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га. (фактор В)	Густота, шт./м ²		Польова схожість, %	Вижи- вання, %
		повні сходи	перед збиранням		
Ранній (настання фізичної стиглості грунту)	4	331	316	82,6	95,6
	6	493	471	82,2	95,6
	8	649	619	81,1	95,5
	10	798	757	79,8	94,9
	12	948	895	79,0	94,4
Середній (через 10 діб)	4	317	302	79,2	95,4
	6	479	457	79,8	95,4
	8	630	603	78,7	95,7
	10	782	744	78,2	95,1
	12	923	876	76,9	94,9
Пізній (через 20 діб)	4	299	283	74,9	94,7
	6	451	429	75,2	95,1
	8	594	563	74,2	94,9
	10	743	700	74,3	94,2
	12	889	833	74,1	93,8
НІР ₀₅	А	9,7–12,3	11,5–15,9	х	х
	В	12,5–15,8	14,9–20,5	х	х
	АВ	21,7–27,4	25,7–35,6	х	х

Спостерігалось зменшення показника в середньому на 2,4 в.п. при зміщенні строку сівби на 10 діб та на 6,4% за сівби через 20 діб. В усі строки відбувалося поступове зменшення польової схожості відповідно до зростання норми висіву, а різниця між варіантами крайніх норм висіву складала 3,6 в.п. для ранньої сівби, 2,3 – для середнього строку та 0,8 – для пізнього.

Унаслідок зміщення строків сівби та загущення частка рослин, що вижили, неістотно зменшувалася – у середньому за факторами до 0,66 та 0,87 в.п. Зростання норми висіву в межах від 4 до 8 млн шт./га проявляло менший

вплив, порівнюючи із подальшим підвищенням норми висіву до 12 млн шт./га. Більший вплив на виживання рослин має загущення посівів, ніж строк сівби.

У льону олійного проявляється біологічно зумовлена властивість формувати урожайність насіння однакового рівня при різних нормах висіву. Багаторівнева структура формування величини врожаю динамічно залежить від умов вирощування та спрямована на досягнення найвищої насінневої продуктивності за фактично наявних ресурсів. Цим можна пояснити відносно широкий діапазон рекомендованих норм висіву, що переставлено в науковій літературі та великий діапазон коливання кількості продуктивних пагонів, коробочок, насіння та інших показників [259].

Зміна строком сівби та загущенням умов росту й розвитку зумовила формування рослин різної архітектоники та продуктивності. Найбільшу кількість коробочок формували рослини за сівби в середній строк. У середньому по фактору їх було на 3,8% більше, ніж при ранній сівбі та на 7,3% більше, ніж при пізній. Однак найбільш суттєво на процес формування коробочок впливало загущення посівів. Унаслідок збільшення норми висіву із 4 до 12 млн шт./га їх кількість зменшилася в 2,67 рази при ранній сівбі, у 2,60 рази при середній та 2,59 рази при пізній. У більшості випадків перенесення строку сівби призводило до зменшення кількості насіння в одній коробочці. Проте достовірна відмінність була лише між раннім та пізнім строками сівби та за норми висіву, що перевищували 8 млн шт./га (табл. 4.8).

Зволікання із сівбою також призводить до деякого зменшення маси 1000 насінин, однак на достовірному рівні ці відмінності проявляються лише між рослинами раннього та пізнього строку сівби. Підвищення норми висіву із 4 до 6 млн шт./га супроводжувалося збільшенням маси 1000 насінин, що, можливо, пов'язано із формуванням їх за рахунок коробочок пагонів базального галуження. Однак подальше загущення посівів не проявляло значного впливу на масу 1000 насінин.

Індивідуальна продуктивність рослини переважно залежала від загущення стеблостою. Зростання норми висіву із 4 до 12 млн шт./га

Таблиця 4.8

Елементи структури врожаю льону олійного сорту Південна ніч різних строків сівби та норм висіву (середнє за 2009–2013 рр.)

Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Кількість коробочок на рослині, шт.	Кількість насіння в коробочці, шт.	Маса 1000 насінин, г	Маса насіння із однієї рослини, г
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту, фактор А)				
4	7,98	7,39	6,86	0,40
6	5,78	7,35	6,97	0,30
8	4,23	7,14	6,91	0,21
10	3,54	6,85	6,83	0,17
12	2,99	6,60	6,90	0,14
Середній (через 10 діб)				
4	8,19	7,44	6,73	0,41
6	5,91	7,37	6,84	0,30
8	4,57	7,08	6,86	0,22
10	3,66	6,75	6,88	0,17
12	3,15	6,46	6,82	0,14
Пізній (через 20 діб)				
4	7,50	7,47	6,65	0,37
6	5,34	7,33	6,78	0,27
8	4,38	7,03	6,72	0,21
10	3,49	6,66	6,72	0,16
12	2,90	6,41	6,74	0,13
А	0,13–0,18	0,09–0,10	0,07–0,09	
В	0,17–0,24	0,11–0,13	0,09–0,12	
АВ	0,29–0,41	0,2–0,22	0,16–0,21	

спричиняло зменшення маси насіння однієї рослини в 2,85–2,93 рази. За цим показником рослини раннього та середнього строків сівби не мали значної різниці, проте вони достовірно переважали ті, що були висіяні в пізній строк. Серед проаналізованих показників найбільший вплив на масу насіння однієї рослини має кількість коробочок.

Зміщення строку сівби із раннього до пізнього спричиняє зменшення кількості корочок із однієї рослини у середньому по фактору на 3,7%, кількості насіння в коробочці на 1,22% маси 1000 насінин на 2,49%. Насіннева

продуктивність однієї рослини зменшувалася на 6,56%, проте досягала найвищого значення при середньому строку сівби.

Урожайність насіння обумовлена сукупним впливом системи взаємопов'язаних показників, що визначають кількість рослин на одиниці площі та масу насіння однієї рослини. Оскільки ці ознаки мають протилежну направленість, про що свідчить коефіцієнт кореляції який перебуває в межах від $-0,97$ до $-0,98$, максимальна маса сформованого однією рослиною насіння не відповідає найвищій урожайності.

Оскільки метеорологічні умови характеризуються високим ступенем динамічності, то і переваги строку сівби визначаються особливістю погодних умов у розрізі окремих років (додаток Д.3). У 2009 та 2010 рр. достовірно вищим був урожай насіння при середньому строку сівби, та при встановлені норми висіву 6–8 млн шт./га. У 2013 р. близьким за значенням був урожай раннього та середнього строку сівби. Переваги були за встановлення норми висіву 6 млн шт./га, а при пізньому – 8 млн шт./га. Умови 2011 та 2012 рр. забезпечили значно вищий врожай насіння при ранній сівбі культури та встановленні норми висіву 6 млн шт./га, а при зміщенні часу сівби за норми 8 млн шт./га. У середньому за роки досліджень, незалежно від норми висіву, математично вищим був урожай насіння за сівби культури при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості. Зміщення строку сівби на десять та двадцять діб у середньому супроводжувалося зменшенням урожайності насіння на 0,02 та 0,18 т/га, відповідно.

Найбільш близькими були значення урожайності льону при ранньому та середньому строку, тоді як при пізньому строці сівби різниця набувала найбільших значень (табл. 4.9).

За диференціації норм висіву в межах 4–12 млн шт./га урожайність насіння льону олійного змінювалася в діапазоні 9,1–12,7%. При ранньому та середньому строці сівби максимальної врожайності досягали встановленням норми висіву 6 млн шт./га, тоді як при пізньому – 8 млн/га. Відхилення в ту чи іншу сторону призводило до зменшення абсолютних значень урожайності.

Таблиця 4.9

Урожайність насіння льону олійного сорту Південна ніч за різних строків сівби та норм висіву (середнє за 2009–2013 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./ га (фактор В)	Урожайність, т/га	Відхилення, ± т/га	
			фактор А	фактор В
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	1,25	–	–
	6	1,34	–	0,10
	8	1,26	–	0,02
	10	1,22	–	- 0,02
	12	1,17	–	-0,07
Середній (через 10 діб)	4	1,20	-0,05	–
	6	1,30	-0,04	0,10
	8	1,27	0,01	0,07
	10	1,20	-0,02	0,01
	12	1,15	-0,02	-0,04
Пізній (через 20 діб)	4	1,02	-0,23	–
	6	1,10	-0,24	0,08
	8	1,14	-0,13	0,12
	10	1,07	-0,16	0,04
	12	1,00	-0,17	-0,02
НІР ₀₅ , т/га: А – 0,03–0,043; В – 0,039–0,056; АВ – 0,067–0,096				

Найбільш інтенсивно зростала урожайність при збільшенні норми висіву від 4 до 6 млн шт./га. В подальшому відмінності варіантів 8 та 10 млн шт./га при ранній сівбі, 6 та 8 млн шт./га при середньому та пізньому строках сівби були у межах похибки досліду або близькими.

Регресійний аналіз урожайності насіння показує вищу відповідність процесу зміни від збільшення норми висіву на 1 млн шт./га логарифмічної залежності, що має вигляд :

- для раннього строку сівби ($R^2 = 0,77$)

$$Y = -0,017X^2 + 0,075X + 1,21$$

- для середнього строку сівби ($R^2 = 0,84$)

$$Y = -0,024X^2 + 0,126X + 1,11$$

- для пізнього строку сівби ($R^2=0,95$)

$$Y = -0,029X^2 + 0,169X + 0,88$$

Протягом усіх років спостережень зміщення строку сівби на більш пізній строк супроводжувалося зменшенням вмісту жиру у середньому із 44,4% на 1,2 та 3,1 в.п., відповідно (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Вміст жиру в насінні льону сорту Південна ніч, залежно від строку сівби та норми висіву, % (середнє за 2009–2013 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Вміст жиру,%	Відхилення, ±	
			фактор А	фактор В
Ранній (настання фізичної стигlosti грунту)	4	45,1	–	–
	6	45,0	–	-0,1
	8	44,5	–	-0,6
	10	43,9	–	-1,2
	12	43,4	–	-1,7
Середній (через 10 діб)	4	44,0	-1,1	–
	6	43,8	-1,2	-0,2
	8	43,0	-1,4	-1,0
	10	42,6	-1,3	-1,4
	12	42,3	-1,1	-1,7
Пізній (через 20 діб)	4	41,7	-3,3	–
	6	41,6	-3,4	-0,1
	8	41,2	-3,2	-0,5
	10	41,0	-2,9	-0,7
	12	40,9	-2,5	-0,8
НІР ₀₅			0,38–0,56	0,49–0,72
			0,85–1,24	

При підвищенні норми висіву спостерігається загальна тенденція до зменшення вмісту жиру в насінні, проте достовірні відмінності спостерігалися лише між віддаленими варіантами, з кроком у 4 млн. Більш істотно знижувався показник при зміні норми висіву від 6 до 8 млн шт./га.

Реакція ранніх строків сівби на поступове збільшення норми висіву була сильнішою, ніж за сівби через 10 та 20 діб.

Під впливом досліджуваних факторів урожайність соломи змінювалася в межах від 1,24 до 1,79 т/га (табл. 4.11).

Таблиця 4.11

Урожайність соломи льону олійного сорту Південна ніч за різних строків сівби та норм висіву (середнє за 2009–2013 рр.)

Строків сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Урожайність, т/ га	Відхилення, ±	
			фактор А	фактор А
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	1,60	–	–
	6	1,75	–	0,15
	8	1,76	–	0,16
	10	1,78	–	0,18
	12	1,79	–	0,19
Середній (через 10 діб)	4	1,50	-0,10	–
	6	1,65	-0,10	0,15
	8	1,73	-0,03	0,23
	10	1,74	-0,04	0,24
	12	1,72	-0,07	0,22
Пізній (через 20 діб)	4	1,24	-0,36	–
	6	1,36	-0,39	0,12
	8	1,47	-0,29	0,23
	10	1,46	-0,32	0,22
	12	1,46	-0,33	0,22
НІР ₀₅ , т/га: А – 0,024–0,040; В – 0,032–0,051; АВ – 0,055–0,089				

Сівба льону олійного в ранні строки забезпечувала вищу урожайність соломи, в середньому по фактору 1,74 т/га. Зміщення часу сівби на десять та двадцять діб супроводжувалося зменшенням урожайності на 3,9 та 19,5% відповідно до 1,67 та 1,40 т/га. Дана відмінність між варіантами була математично достовірною і проявлялася протягом кожного року досліджень.

Унаслідок підвищення норми висіву урожайність соломи мала тенденцію до зростання у межах від 0,12 до 0,22 т/га. При ранньому строку сівби та встановленні норми висіву 6–10 млн шт./га, урожайність соломи змінювалася в межах точності досліду 1,75–1,78 т/га. При другому та третьому строках сівби максимальною була урожайність соломи за норми висіву 8–12 млн шт./га.

Використання регресійного аналізу урожайності соломи дозволив отримати наступні моделі впливу загущення посівів (у розрахунку на 1 млн шт./га):

- для раннього строку сівби ($R^2=0,91$): $Y=-0,019X^2 + 0,157X+1,487$
- для середнього строку сівби ($R^2=0,98$): $Y=-0,026X^2 + 0,208X+1,056$
- для пізнього строку сівби ($R^2=0,99$): $Y=-0,029X^2 + 0,229X+1,304$

Зміщення строку проведення сівби супроводжується зменшенням вмісту лубу (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

**Показники якості соломи льону олійного сорту Південна ніч
(середнє за 2009–2013 рр.)**

Строків сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Вміст лубу, %	Міцність, даН (кг/с)
Ранній (настання фізичної стигlosti ґрунту)	4	13,2	7,9
	6	13,6	8,8
	8	13,9	9,8
	10	14,2	10,5
	12	14,3	10,9
Середній (через 10 діб)	4	13,0	6,8
	6	13,4	7,8
	8	13,6	8,5
	10	13,8	9,1
	12	14,0	9,3
Пізній (через 20 діб)	4	12,6	6,5
	6	12,9	7,3
	8	13,2	7,6
	10	13,3	7,8
	12	13,4	8,0
НІР ₀₅	А	0,13–0,17	0,06–0,11
	В	0,16–0,22	0,08–0,14
	АВ	0,28–0,38	0,14–0,25

При цьому найбільші відмінності були між середнім та пізнім строками сівби, де вміст лубу в середньому складав 13,6 та 13,1%, відповідно. Слід зауважити, що різниця між раннім та середнім строками складала в середньому

0,28 в.п. Незалежно від строків сівби збільшення норми висіву від 4 до 12 млн шт./га супроводжувалося стабільним зростанням вмісту лубу в межах від 0,8 до 1,1 в.п. Найбільшою різниця між варіантами щодо норм висіву була в межах від 4 до 8 млн шт./га, тоді як відмінність між градаціями 10 та 12 млн шт./га були в межах похибки досліду. Така особливість зумовлена кількістю пагонів нижнього (базального) галуження, оскільки вони містили менше лубу, та кількість яких визначалася ступенем зрідженості варіантів.

Регресійний аналіз динаміки вмісту лубу показує наступні залежність від збільшення норми висіву (у розрахунку на 1 млн шт./га):

- для раннього строку сівби ($R^2=0,99$):

$$Y = -0,043X^2 + 0,537X + 12,7$$

- для середнього строку сівби ($R^2 = 0,99$):

$$Y = -0,043X^2 + 0,457X + 12,2$$

- для пізнього строку сівби ($R^2 = 0,99$):

$$Y = -0,0286X^2 + 0,411X + 12,6$$

Подібним був вплив відносно міцності лубу. При зміщенні сівби від часу набуття ґрунтом стану фізичної стиглості на 10 та 20 діб міцність зменшувалася в середньому із 9,6 до 8,3 та 7,4 даН. Проте більший вплив мало формування щільності посіву. Збільшення норми висіву від 4 до 12 млн шт./га призводило до зростання міцності на 3,0; 2,5; та 1,5 даН відповідно строків сівби культури. В межах досліджуваних норм висіву відмінність між окремими варіантами була достовірною.

Досліджувані фактори також відобразилися на продуктивності посівів. Умовний вихід олії коливався в межах від 0,36–0,54 т/га, при цьому максимальний вихід олії забезпечували ранні строки сівби культури (табл. 4.13).

Найбільш суттєве зменшення даного показника відбувалося за сівби у пізній строк, тоді як відмінності між раннім та середнім строком були меншими. У середньому за рахунок зміщення часу сівби, в межах схеми досліду, вихід олії зменшувався із 0,49 до 0,47 та 0,39 т/га, відповідно.

Таблиця 4.13

Продуктивність льону олійного сорту Південна ніч залежно від строків сівби та норми висіву, т/га (середнє за 2009–2013 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га. (фактор В)	Умовний вихід олії	Умовний вихід лубу	Загальний вихід зернових одиниць
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	0,50	0,22	2,92
	6	0,54	0,25	3,18
	8	0,50	0,25	3,05
	10	0,48	0,26	3,01
	12	0,45	0,26	2,92
Середній (через 10 діб)	4	0,47	0,21	2,78
	6	0,50	0,23	3,03
	8	0,48	0,24	3,01
	10	0,45	0,24	2,90
	12	0,43	0,24	2,82
Пізній (через 20 діб)	4	0,38	0,18	2,36
	6	0,41	0,19	2,56
	8	0,41	0,21	2,67
	10	0,39	0,20	2,54
	12	0,36	0,20	2,44

При формуванні продуктивності проявлялися особливості взаємодії досліджуваних факторів. За сівби при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості та через 10 діб максимальної продуктивності досягали посіви при встановленні норми висіву 6 млн шт./га, тоді як при пізньому строку такою була норма висіву в межах 6–8 млн шт./га. Відповідно, умовний вихід олії складав 0,54, 0,50 та 0,41 т/га.

Більш сприятливими, для формування лубу, склалися умови при ранньому та середньому строку сівби, де вихід лубу становив у середньому 0,25 та 0,23 т/га, відповідно, тоді як за сівби в третій строк цей показник був на рівні 0,20 т/га. Вплив норми висіву культури мав менш виражений характер. За ранньої сівби, внаслідок загущення стеблостою, умовний вихід лубу зростав та досягав найвищого рівня (0,26 т/га) при встановленні норми висіву в межах 10–12 млн шт./га. Сівба проведена у другий строк забезпечила найвищий вихід лубу – 0,24 т/га при нормах висіву 8–12 млн шт./га, а пізні строки сівби –

0,21 т/га за норми висіву 8 млн шт./га.

Технології подвійного використання льону олійного об'єктивно потребують коригування методології оцінки продуктивності культури, для урахування одночасно обох видів продукції відповідно до їх призначення. Тому на основі урожайності насіння та виходу лубу були виконані розрахунки виходу умовних зернових одиниць (додаток Д.4).

Вони свідчать, що вищою є продуктивність культури за раннього та середнього строків сівби, різниця між якими по варіантах норм висіву не перевищувала 4,8%. При подальшому зміщенні часу сівби, продуктивність різко знижувалася і в середньому досягала 16,6%.

При ранньому та середньому строках сівби найвищого значення продуктивність культури набувала при встановленні норми висіву 6 млн шт./га, відповідно 3,18 та 3,03 т/га, тоді як при пізньому за висіву 8 млн шт./га – 2,67 т/га. Відхилення в ту чи іншу сторону спричиняло зменшення виходу умовних зернових одиниць, яке коливалося в межах від 0,7 до 8,3%.

Головну цінність льону олійного безумовно має насіння, оскільки частка лубу в загальній продуктивності, залежно від досліджуваних факторів, змінювалася в межах від 28,6 до 33,7%. Час сівби та загушення, впливаючи на умови росту й розвитку, визначали морфологічні та якісні показники соломи між якими існують певні функціональні залежності (табл. 4.14).

Загальна довжина є одним із головних технологічних показників, за яким у першу чергу різняться сорти прядивного та олійного призначення. Найбільш вагомо цей показник змінювалася визначенням строку сівби. В середньому по фактору загальна довжина зменшилася із 50,6 см на 7% при сівбі в другий строк та на 22,1% у третій строк. Менш виражено, у межах 4,2–6,8%, впливало загушення рослин у наслідок збільшення норми висіву.

Вищими були рослини при менших нормах висіву, а їх зростання на один мільйон штук призводило до зменшення висоти, залежно від строків сівби, на 5,4–1,7 мм. Така залежність зумовлена особливістю біології, коли на момент цвітіння квіти займають верхній ярус. Відтак зріджені посіви, що утворюють

більшу кількість квітів є вищими за рахунок довшого суцвіття. Вищою була реакція рослин на загущення при ранньому строку сівби.

Таблиця 4.14

Лінійна характеристика стебел льону олійного сорту Південна ніч залежно від технології його вирощування (середнє за 2009–2013 рр.)

Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Показники				
	довжина загальна, см	довжина технічна, см	технічна у % до загальної	діаметр, мм	миклість
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту, фактор А)					
4	51,4	28,8	56,2	2,01	143
6	51,6	32,5	63,2	1,83	178
8	51,2	34,7	68,1	1,43	243
10	50,9	35,2	69,4	1,30	271
12	48,1	35,6	74,3	1,23	289
Середній (через 10 діб)					
4	47,9	27,7	58,0	1,90	146
6	47,0	30,0	64,0	1,68	178
8	47,6	31,0	65,1	1,29	240
10	47,4	32,1	68,2	1,19	269
12	45,6	32,6	71,6	1,19	274
Пізній (через 20 діб)					
4	40,3	21,8	54,6	1,72	127
6	39,7	24,7	63,1	1,51	164
8	39,3	25,2	64,7	1,29	196
10	39,3	26,0	66,6	1,22	212
12	38,6	26,2	68,0	1,11	236
НІР ₀₅ А	0,7–1,2	0,4–0,8	–	0,05–0,06	–
В	0,9–1,5	0,6–1,1	–	0,06–0,08	–
АВ	1,5–2,6	1,0–1,8	–	0,11–0,14	–

Відстань від місця прикріплення сім'ядольних листочків до початку галуження суцвіття, характеризує найбільш технологічно цінну частину стебла. Зміщення строку сівби призводило до зменшення технічної довжини в середньому від 33,4 до 30,7 та 24,8 см, відповідно. Ущільнення стеблостою внаслідок збільшення норми висіву супроводжувалося стабільним зростанням технічної довжини в межах 17,7–23,6%.

Таким чином, максимальною у досліді була технічна довжина рослин раннього строку сівби при загущенні 12 млн шт./га, яка складала 35,6 см. Збільшення норми висіву на одну одиницю супроводжувалося зростанням технічної довжини на 8,5 мм при ранньому, на 6,1 мм при середньому та 5,5 мм при пізньому строках сівби. Перевищення норми висіву 8 млн шт./га призводить збільшення технічної довжини стебел льону олійного у межах близьких до помилки досліді. Найменший вплив на технічну довжину проявляє збільшення норми висіву у випадку пізньої сівби.

Зміщення строку сівби спричиняє зменшення частки технічної довжини щодо загальної відповідно із 66,2 до 65,4 та 63,4%. Загущення фітоценозу сприяє збільшенню частки технічної довжини у середньому із 56,3 до 71,3%.

Відомо, що на якість волокна льону-довгунця впливає діаметр стебла. За цим показником відрізняють тонкі (0,8–1,1 мм), середні (1,2–1,5 мм) та товсті (більше 1,5 мм) стебла [198].

Оскільки морфотип рослин та технологія вирощування цих технологічних груп відмінні, то дана систематика може застосовуватися з деякою умовністю. Діаметр стебел рослин льону в досліді коливався в межах середнього - товстого та становив 1,11–2,01 мм. Внаслідок затримання з сівбою діаметр зменшувався, у середньому із 1,56 до 1,45 та 1,37 мм, а внаслідок крайнього зростання норми висіву в 1,66, 1,60 та 1,55 рази відповідно строків сівби. Тому найтоншими були стебла рослин висіяних максимальною нормою у пізні строки.

Під впливом строку сівби та загущення миклість стебел льону олійного змінювалася в межах від 127 до 289 одиниць. При зміщенні строку сівби на десять та двадцять діб миклість зменшувалася, що було найбільш виражено при пізньому строку.

Однак найбільший вплив на миклість має загущення посівів. Максимальних значень цей показник досягав при встановленні норми висіву 12 млн шт./га, де збільшення відносно норми висіву 4 млн шт./га складало для строків сівби відповідно 2,02; 1,88 та 1,86 рази. Таким чином, рані строки сівби та їх загущення сприяє формуванню більш технологічно цінного стебла.

4.3 Особливості анатомічної будови стебел льону залежно від строків сівби та норм висіву

Зміна умов середовища, внаслідок зміщення часу вегетації та щільності стеблостою, впливає на анатомічну будову поперечного зрізу стебла, що дає додаткову інформацію про кількісні та якісні показники волокон, їх фізико-механічні та технологічні властивості. Порожнина стебел рослин за ранніх строків сівби була на 14,4–19,6% більшою, ніж за сівби у середній та на 19,5–25,6%, ніж у пізній строк (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

Зміни анатомічної будови стебел льону олійного сорту Південна ніч під впливом заходів вирощування, мм (середнє за 2011–2013 рр.)

Норма висіву, млн шт./га	Товщина шару, мм				
	порожнина	серцевина	деревина	паренхіма	покривний
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)					
4	0,285	0,194	0,306	0,181	0,031
8	0,211	0,126	0,218	0,139	0,021
12	0,185	0,099	0,186	0,13	0,018
Середній (через 10 діб)					
4	0,244	0,186	0,319	0,162	0,030
8	0,169	0,122	0,213	0,12	0,021
12	0,158	0,105	0,191	0,118	0,018
Пізній (через 20 діб)					
4	0,212	0,172	0,318	0,121	0,03
8	0,167	0,123	0,225	0,109	0,021
12	0,149	0,114	0,189	0,093	0,017
НІР ₀₅ А; В	0,0046–	0,0033–	0,0043–	0,0028–	0,0004–
	0,0051	0,0039	0,0059	0,0041	0,0006
АВ	0,0026–	0,0019–	0,0025–	0,0019–	0,0002–
	0,0030	0,0022	0,0034	0,0024	0,0003

Вагоміше впливало загушення, підвищення норми висіву із 4 до 8 та 12 млн шт./га порожнина стебла зменшувалася на 26,0 та 35,1% при ранній сівбі льону олійного на 30,7 та 35,2% при середній та на 21,2 та 29,7% – при пізній. Товщина шару серцевини не зазнавала суттєвих змін при зміщенні строків

сівби, однак від збільшення норми висіву вона зменшувалася в межах від 28,5 до 49,0%. Шар деревини, що за першого строку сівби у середньому складав 0,237 мм, при зміщенні строків сівби мав тенденцію зростання до 0,241 та 0,244 мм, відповідно. В загущених посівах шар деревини зменшувався в межах від 28,8 до 40,6%.

Паренхіма, в якій залягають пучки волокон, зменшувалася в середньому із 0,150 мм до 0,133 та 0,108 мм, відповідно. Аналогічною була реакція на зростання норми висіву, при цьому зменшення товщини шару відбувалося в межах від 9,9 до 28,2%. Товщина покривних тканин не залежала від строку сівби, проте ставала більш тонкою при загущенні стеблостою.

Як зазначалося раніше, більш об'єктивну інформацію про обсяги технологічно цінних й небажаних тканин стебла дає площа поверхні у поперечному розрізі (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

**Площа поперечного зрізу окремих тканин стебел льону олійного сорту
Південна ніч за різних заходів його вирощування, мм²
(середнє за 2011–2013 рр.)**

Норма висіву, млн шт./га	Площа тканини, мм.				
	порожнина	серцевина	деревина	паренхіма	покривний
Ранній строк					
4	0,256	0,466	1,215	0,993	0,19
8	0,14	0,218	0,611	0,545	0,092
12	0,108	0,146	0,441	0,437	0,068
Середній строк					
4	0,187	0,393	1,178	0,843	0,174
8	0,089	0,176	0,531	0,426	0,085
12	0,078	0,139	0,431	0,379	0,067
Пізній строк					
4	0,141	0,32	1,081	0,58	0,156
8	0,087	0,176	0,569	0,39	0,083
12	0,07	0,147	0,423	0,29	0,059

Зміщення строків сівби призводило до достовірного зменшення площі всіх тканин, що підлягали аналізу. Найбільш суттєво зменшувалася площа

порожнини стебла, в середньому по фактору на 29,8 та 40,9%, відповідно, та ділянки паренхіми, на 16,6 та 36,2%. Найменші зміни відбувалися щодо площі деревини 5,6 та 8,6%, а також покривних тканин 6,9 та 14,9%.

Унаслідок збільшення норми висіву найбільше зменшилася площа паренхіма та порожнина, тоді як площа покривного шару та серцевини зазнавали найменших змін. У поперечному розрізі стебла серед досліджуваних тканин у ряду послідовності переважає площа деревини, частка якої, залежно від досліджуваних факторів, змінювалася від 36,8 до 47,5% (рис. 4.1).

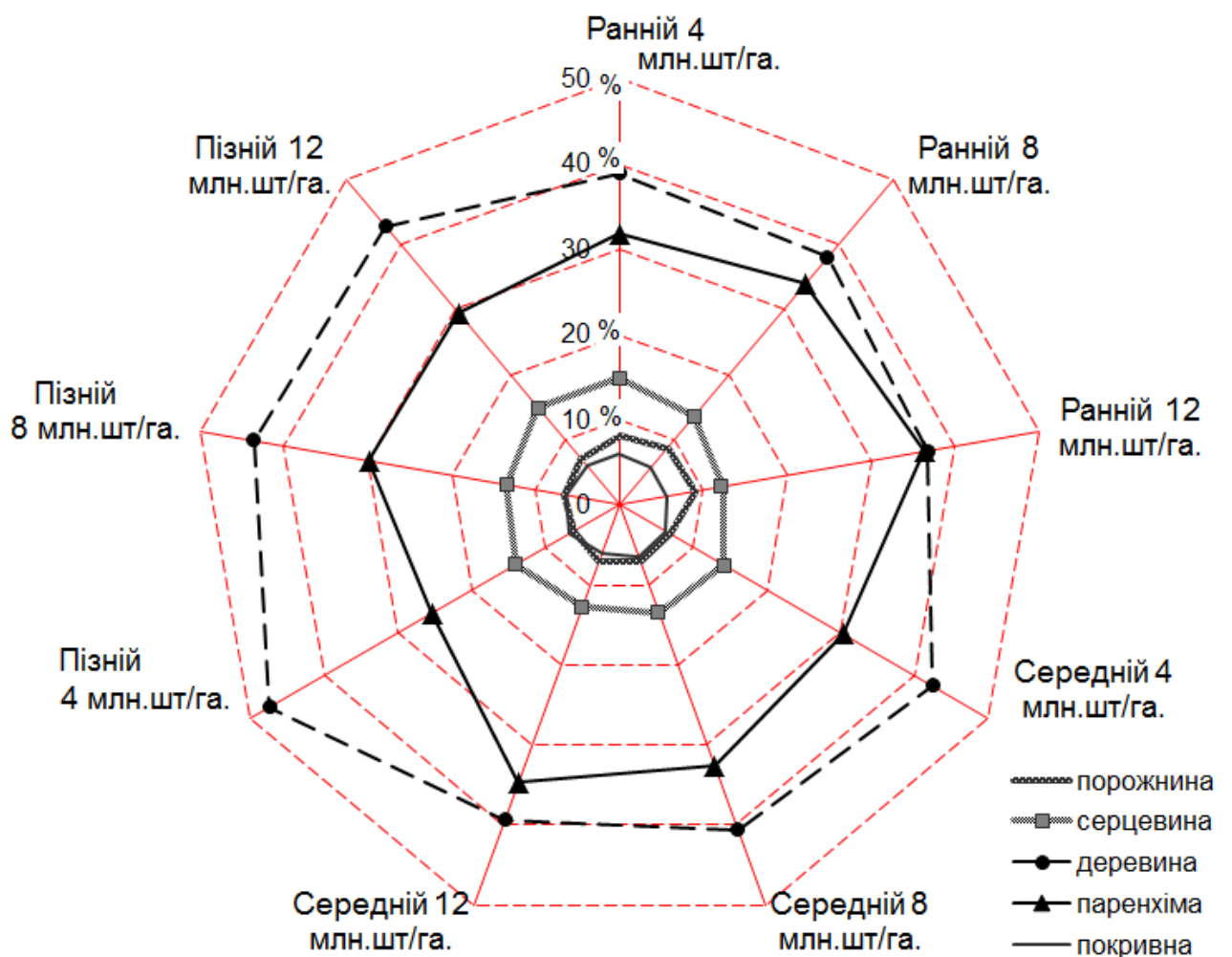


Рис. 4.1 Частка окремих тканин в січній стебла льону олійного сорту Південна ніч, % (середнє за 2011-2013 рр.)

Наступною за величиною площі є паренхіма, частка якої коливалася в межах від 25,5 до 36,4%. Відносно площі стебла, зміщення строків сівби супроводжується збільшенням частки деревини та зменшення – паренхіми.

Зростання норми висіву зумовлює зворотній процес – зменшення відсотка деревини та збільшення частки паренхіми. Тому, ранні строки сівби та загущення стеблостою, які сприяли розвитку паренхіми де розташовані луб'яні волокна, є кращими умовами для вирощування льону олійного подвійного призначення в посушливих умовах півдня України.

Аналіз кількісних ознак механічних тканин стебел льону демонструє зменшення кількості пучків волокон при затримці із сівбою із 22,8 до 22,6 та 20,4 шт., та зростання їх чисельності від загущення стеблостою із 21,6 до 21,9 та 22,3 шт., відповідно (додаток Д.5).

Подібні зміни відбувалися відносно наявних у пучку волокон. Найбільшою їх кількість була при ранній сівбі, в середньому 25,1 шт., тоді як при зміщенні заходу пучків нараховувалося на 7,8 та 17,7% менше. При зростанні норми висіву від 4 до 8 млн шт./га кількість волокон в пучку збільшувалася на 4,5–8,9%, а в подальшому загущенні до 12 млн шт./га на 6,5–10,6%.

У підсумку розрахункова кількість волокон на зрізі стебла змінювалася від 398 шт. при пізньому строку сівби нормою 4 млн шт./га до 596 шт., при ранній сівбі нормою 12 млн шт./га. Від зміщення строку сівби даний показник у середньому зменшувався на 8,5 та 26,4%, а від підвищення норми висіву – на 8,8 та 12,6%, відповідно.

Спостерігалися зміни лінійних розмірів самого елементарного волокна. Так, у волокна рослин, висіяних у більш пізній строк вони були товщими – 25,9 та 27,3 мкм, проти 25,1 мкм за ранньої сівби. Одночасно збільшення норми висіву спричиняло до зменшення середнього діаметру волокна в межах від 1,5 до 7,8%. Відмінність між волокнами суттєво посилювалася при перевищенні норми висіву за 8 млн шт./га.

Зміна розміру волокон в значній мірі відбувалася за рахунок його порожнини. Сівба культури у більш пізній строк призводила до зростання цього показника на 3,1 та 12,8%. Зворотній вплив мало загушення посівів, унаслідок якого порожнина волокна зменшувалася в межах від 1,6 до 9,0%.

Механічні та технологічні властивості волокон, їх масовий вихід в значній мірі визначаються товщиною стінки. Товщина стінок волокон, у середньому по фактору, зростала від 8,5 мкм при ранньому висіві до 8,7 – при середньому та 9,1 мкм – при пізньому. При збільшенні норми висіву до 8 та 12 млн шт./га стінки волокон ставали на 1,7–9,7% тоншими, ніж при 4 млн шт./га.

Найбільша кількість волокон на одиниці площі поперечного розрізу стебла спостерігалася при середньому строку сівби 362 шт./мм², тоді як при ранньому їх було на 18, а пізньому на 48 шт./мм² менше. При підвищенні норми висіву із 4 до 8 млн шт./га цей показник зростав у середньому в 1,81–2,32 рази, а при встановленні норми 12 млн шт./га таке перевищення складало 2,54–2,93 рази.

Зміщення строку сівби спричиняло збільшення кількості пучків, що припадали на одиницю площі паренхіми із 39,0 до 46,7 та 52,7 шт./мм². При загущенні стеблостою внаслідок збільшення норми висіву, їх зосередженість зростала, відповідно до градацій фактору, в 1,52–2,10 та 2,06–2,32 рази.

Кількість волокон, у перерахунку на одиницю площі паренхіми, була вищою при середньому та пізньому строках сівби 1093–1095 шт./мм², проти 990 шт./мм² за раннього висіву. Зростання норми висіву в усіх випадках збільшувало даний показник від 1,59 до 2,57 рази.

Кількість пучків по довжині окружності паренхіми, в середньому по строках сівби, змінювалася в межах від 5,0 до 5,4 шт./мм, при цьому вищим значення було за висіву в другий строк. При збільшенні норми висіву зосередженість пучків зростала в 1,35–1,48 та 1,56–1,66 рази, відповідно градації фактору.

Чисельність волокон по довжині кола паренхіми була вищою на 16% за сівби культури в ранній та середній строки, досягаючи відповідно 127 та 125 шт./мм. При загущенні стеблостою їх зосередженість зростала в 1,42–1,58 та 1,66–1,82 рази. Площа пучка волокон зростала внаслідок зміщення строку сівби від 0,013 до 0,016 мм², а при загущенні – від 0,014 до 0,015 при нормах висіву 8 та 12 млн шт./га.

Висновки до розділу 4

1. За результатами узагальнення експериментальних даних встановлено, що найкращі умови для отримання сходів, подальшого росту й розвитку, формування стебел та репродуктивних органів складаються за сівби у період після досягнення ґрунтом стану фізичної стиглості.

2. Перенесення строку сівби, від періоду досягнення ґрунтом стану фізичної стиглості більш ніж на 10 діб зумовлює суттєво жорсткіші термічні умови переважно передгенеративного вікового періоду льону олійного, що не відповідає його біології. Після бутонізації рослин відмінності температурного режиму зникають, а період дозрівання культури подібний.

3. Надходження опадів характеризується високою нестабільністю та нерівномірністю та не пов'язане із строками сівби. В цілому вологозабезпеченість посівів льону формується більш сприятливою біології культури при ранньому висіві та погіршується при зміщенні сівби на 10 та 20 діб.

3. Найвищих значень фотосинтетичний потенціал досягає за ранньої сівби нормою висіву 8–10 млн шт./га, однак вищою є його продуктивність за сівби в середні строки нормою 4 млн шт./га. Ранній строк сівби та загущення збільшують частку стебел у загальній масі рослин до 49,5%. Частка насіння є вищою за сівби в середні строки нормою 6 млн шт./га.

4. Сівба льону олійного в пізній строк призводить до зменшення кількості коробочок і насіння, а також до зниження маси 1000 насінин. Переваги раннього та середнього строку сівби визначаються умовами року. У більшості

років вищою є урожайність насіння, вміст жиру та продуктивність посівів за сівби льону за умови набуття ґрунтом стану фізичної стиглості нормою 6 млн шт./га.

5. Сівба льону олійного в ранні строки забезпечує вищу урожайність соломи, вміст лубу та показники його якості, а зміщення часу на десять та двадцять діб супроводжується зменшенням урожайності на 3,9 та 19,5%, відповідно. Незалежно від строку сівби загушення рослин зумовлює підвищення урожайності соломи, вмісту лубу та його умовного виходу.

6. Зволікання із сівбою льону олійного спричиняє до зменшення загальної та технічної довжини стебла рослин, діаметра стебла та миклості. Збільшення норми висіву зумовлює зменшення загальної довжини стебла та зростання технічної його частини, що є сприятливим для його переробки.

7. Зміщення строку сівби льону призводить до зменшення площі паренхіми стебла, кількості пучків та волокон в них. На зрізі стебла вони розташовуються більш зосереджено. Розміри елементарного волокна при цьому зростають за рахунок стінки та порожнини волокна. Загушення посівів супроводжується збільшенням кількості волокон і пучків, та більш концентрованому їх розташуванню на перерізі стебла.

РОЗДІЛ 5

АГРОБІОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ СОРТІВ ЛЬОНУ З ТОЧКИ ЗОРУ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОСНОВНОЇ ТА ПОБІЧНОЇ ПРДУКЦІЇ

Внутрішньовидові групи, *subsp. usitatissimum convar. intermedium Czernom.*, *subsp. usitatissimum convar. humile Czernom.*, *subsp. mediterraneum Vav. et Ell.*, що переважно використовуються в сучасній селекції льону олійного призначення спричинюють значний генетичний поліморфізм та сортову індивідуальність двох головних типів – довгунцевого та олійного. Такі відмінності проявляються в ростових процесах, різному формуванні та перерозподілі пластичних речовин, та, як наслідок, неоднакових продуктивності, анатомічних та морфологічних ознаках.

На сучасному етапі модель олійного сорту передбачає створення пластичних до умов вирощування, високопродуктивних об'єктів. При цьому в переліку господарсько-цінних ознак та властивостей зважають на ті, що зумовлюють високу врожайність насіння та підвищену олійність [213, 338].

Ознаки щодо стебла обмежуються висотою, необхідною для нормального збирання, та не зважають на його анатоμο-морфологічні та технологічні властивості. Тому з метою виділення сортів придатних для багатоцільового використання, необхідно проводити дослідження їх ростових процесів.

5.1 Динаміка процесів росту й розвитку сортів льону за різних умов зволоження

Великий вплив на тривалість життєвого циклу льону проявляють зовнішні фактори, такі як вологозабезпечення, температурний та світловий режими, тощо [59, 388]. Однак окремі сорти можуть мати індивідуальні особливості проходження етапів вікового стану.

У наших дослідженнях період проростання та появи повних сходів не відрізнявся та тривав у середньому 13 діб (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Вплив умов вологозабезпечення на тривалість вегетаційного періоду
сортів льону**

Сорти	Тривалість міжфазних періодів, діб.									Тривалість вегетаційного періоду	
	сівба – сходи	сходи – ялинка		ялинка – бутонізація		бутонізація – цвітіння		цвітіння – повна стиглість			
		б.з.	зрош.	б.з.	зрош.	б.з.	зрош.	б.з.	зрош.	б.з.	зрош.
Середнє за 2009–2013 рр.											
Айсберг	13	8	8	22	25	14	14	47	53	90	100
Віра	13	7	7	22	25	13	15	50	53	92	100
ВНПМК 620	13	7	8	22	25	13	14	44	50	87	97
Дебют	13	7	7	24	25	14	15	45	50	90	98
Золотистий	13	7	8	23	25	12	15	50	52	93	100
Ківіка	13	7	7	21	25	13	16	43	45	84	93
Орфей	13	8	8	23	25	13	15	50	51	93	99
Ручеек	13	7	8	23	24	13	14	46	52	88	98
Південна ніч (St)	13	7	7	22	25	13	15	48	51	91	99
Середнє за 2011–2013 рр.											
Блакитно помаранчевий	13	8	8	23	26	13	15	52	54	96	103
Глінум	13	9	9	24	26	13	16	40	42	86	93
Евріка	13	8	7	21	23	13	14	46	49	87	93
Лірина	13	8	8	24	25	13	16	53	56	98	105
Надійний	13	8	8	24	26	14	16	51	53	96	103
Південна ніч (St)	13	7	7	21	24	14	15	48	51	91	98

Примітка: б.з. – без зрошення; зрош. – при зрошенні

Міжфазний період сходи – ялинка тривав від 7 до 8 діб у сортів олійного призначення до 9 діб у прядивного сорту Глінум. В подальшому відмінність між сортам збільшилася та проявилися наслідки першого поливу. При зрошенні міжфазний період ялинка – бутонізація тривав на дві доби довше, а за умов природного вологозабезпечення він коливався в межах від 21 доби у сорту Ківіка до 24 діб – у сортів Дебют, Лірина, Надійний, Глінум. При зрошенні таке коливання становило – від 23 діб у сорту Евріка – до 26 діб у сортів Блакитно помаранчевий, Надійний та Глінум. Враховуючи особливості органогенезу культури такі відмінності можуть зумовлювати різницю в лінійних розмірах рослин, закладанні листкових та квіткових бугорків.

Унаслідок зрошення міжфазний період бутонізація – цвітіння

подовжувався в середньому на дві доби. На фоні природного зволоження він перебував у межах від 12 діб у сорту Золотистий до 14 діб у сортів Айсберг, Дебют та Надійний. При зрошенні відмінності між сортами складали від 14 діб у сортів Айсберг, ВНІМК 620, Евріка, Ручеек до 16 діб у сортів Ківіка, Лірина, Надійний. У прядивного сорту Гліnum унаслідок зрошення міжфазний період бутонізація – цвітіння подовжився із 13 до 16 діб.

Тривалість періоду цвітіння – повна стиглість при зрошенні подовжувалася більше, ніж на три доби. На фоні природного зволоження найкоротшим він був у сорту Ківіка та ВНІМК 620 – відповідно 43 та 44 доби. У сортів Лірина та Блакитно помаранчевий даний період тривав найдовше – 52 та 53 доби. При зрошенні період цвітіння та дозрівання коливався від 45 діб у сорту Ківіка до 56 у сорту Лірина.

У сорту льону-довгунця Гліnum міжфазний період цвітіння – повна стиглість тривав відповідно 40 та 42 доби без зрошення та при зрошенні. Відповідно умовам зволоження вегетаційний період тривав 84 та 93 доби у сорту Ківіка та 93 й 105 діб у сорту Лірина.

За результатами розрахунків відмічається високий коефіцієнт кореляції ($R=0,94$) тривалості періоду вегетації сортів в різних умовах зволоження, що свідчить про генетичну зумовленість даної ознаки. В умовах півдня України сорт льону-довгунця Гліnum відрізнявся найбільш коротким періодом вегетації, відповідно умовам зволоження – 86 та 93 доби. При аналізі необхідно враховувати вплив загущення, яке було на рівні сортів олійного призначення.

Сорти, залежно від виду отримуваної продукції, різнилися співвідношенням окремих вікових періодів та стадій розвитку, що є результатом селекційного процесу. Так, у сортів олійного призначення генеративний віковий період у середньому складав 67 та 67,1% відповідно до умов зволоження,

Одночасно у сорту льону-довгунця Гліnum порівняно вищим був передгенеративний віковий період, унаслідок чого генеративний етап становив 61,6 та 62,4%. За умов природного зволоження дещо тривалішим,

на 1,1–1,6 в.п., був передгенеративний період у сорту Дебют та Ручеек, а при зрошенні у сорту Ківіка.

Динаміка накопичення сухої наземної маси представлена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Абсолютно суха наземна маса сортів льону за різних умов вологозабезпечення, т/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Сорти (В)	Фази росту й розвитку				
	ялинка	бутонізація	цвітіння	зелена стиглість	
Без зрошення (А)					
Айсберг	0,07	0,88	2,77	3,93	
Віра	0,07	0,90	2,63	3,69	
ВНІМК 620	0,07	0,90	2,84	3,82	
Дебют	0,07	0,94	2,78	3,86	
Золотистий	0,07	0,91	2,62	4,02	
Ківіка	0,07	0,88	2,66	3,96	
Орфей	0,06	0,88	2,67	4,22	
Південна ніч (St)	0,07	0,89	2,79	4,02	
Ручеек	0,07	0,87	2,74	4,33	
Блакитно помаранчевий	0,07	0,90	2,55	4,05	
Глінум	0,07	0,95	3,07	3,96	
Евріка	0,07	0,91	2,76	4,03	
Лірина	0,07	0,95	2,63	4,21	
Надійний	0,07	0,92	2,80	4,32	
При зрошенні (А)					
Айсберг	0,07	1,01	3,62	5,46	
Віра	0,07	1,00	3,61	5,58	
ВНІМК 620	0,07	1,03	3,62	5,48	
Дебют	0,07	1,03	3,48	5,24	
Золотистий	0,07	0,99	3,53	5,32	
Ківіка	0,07	1,07	3,75	5,55	
Орфей	0,07	1,01	3,68	5,88	
Південна ніч (St)	0,07	1,02	3,71	5,77	
Ручеек	0,06	1,00	3,33	5,70	
Блакитно помаранчевий	0,07	1,00	3,58	5,65	
Глінум	0,07	1,09	3,83	5,54	
Евріка	0,07	1,00	3,49	5,53	
Лірина	0,07	1,04	3,52	5,67	
Надійний	0,07	1,04	3,79	5,79	
НІР ₀₅	А	0,005–0,007	0,006–0,008	0,033–0,051	0,068–0,116
	В	0,013–0,017	0,014–0,021	0,088–0,136	0,181–0,308
	АВ	0,004–0,05	0,004–0,006	0,024–0,036	0,048–0,082

Достовірні відмінності між умовами зволоження та окремими сортами проявилися у фазі бутонізації. У підсумку на фоні зрошення сорти олійного призначення сформувати на 12,9% більше сухої речовини. У фазі цвітіння та

зеленої стиглості таке перевищення складало 32,5 та 38,4%, відповідно.

У фазі бутонізації без зрошення найбільше сухої маси накопили сорти Лірина, Дебют та Глінум. При зрошенні такими були сорти Глінум та Ківіка. Переваги сорту льону-довгунця Глінум у формуванні сухої маси зберігалися також протягом фази цвітіння, відповідно до умов зволоження – 3,07 та 3,83 т/га. Серед олійних сортів без зрошення виділялися ВНІМК 620 – 2,84 т/га, Надійний – 2,8 та Південна ніч – 2,79, а при зрошенні Надійний – 3,79 та Ківіка – 3,75 т/га. В подальшому, у фазі зеленої стиглості, співвідношення між групами сортів змінилося на протилежне.

Переважає більшість сортів олійного призначення без зрошення та при зрошенні сформували більше сухої речовини, ніж сорт льону-довгунця Глінум. За умов природного зволоження найбільше абсолютно сухої речовини утворили сорти Ручеек – 4,33, Надійний – 4,32, а при зрошенні Орфей – 5,88, Надійний – 5,79, та Південна ніч – 5,77 т/га.

Процес накопичення сухої речовини в часі має динаміку швидкого наростання та подальшого стрімкого сповільнення (табл. 5.3).

Найбільш інтенсивно процес синтезу сухої речовини відбувається в міжфазний період бутонізація – цвітіння, в середньому в олійних сортів досягав рівня 138 кг/га без зрошення та 174 кг/га при зрошенні.

У незрошуваних умовах найбільш інтенсивним накопиченням сухої речовини в першій половині вегетації відрізнялися сорти Віра та Золотистий, у середині вегетації сорти ВНІМК 620, Евріка та Південна ніч, а наприкінці вегетації у сортів Орфей та Ручеек.

Одночасно сорт Ківіка відрізнявся достатньо високими темпами накопичення сухої речовини протягом всього періоду вегетації. Для сорту льону-довгунця Глінум характерними були найвищі добові прирости маси протягом фази бутонізація – 159 кг/га.

За умов зрошення високим початковим приростом відрізнялися сорти Айсберг та Ківіка, а в середині вегетації сорт ВНІМК 620. Сорти Евріка, Орфей та Південна ніч мали стабільно високі темпи приросту сухої речовини

Таблиця 5.3

Добове накопичення сухої речовини у досліджуваних сортів льону в міжфазні періоди, кг/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Сорти (В)	Міжфазні періоди			
	сходи – ялинка	ялинка – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – зелена стиглість
Без зрошення (А)				
Айсберг	9,53	38,0	141,9	54,2
Віра	9,64	38,9	129,8	49,1
ВНІМК 620	9,38	39,1	145,4	49,8
Дебют	10,1	37,3	138,6	53,6
Золотистий	9,89	38,4	138,1	63,9
Ківіка	10,2	42,2	148,0	61,8
Орфей	8,10	37,3	144,7	68,4
Південна ніч (St)	9,27	38,5	139,0	57,9
Ручеек	9,95	37,1	143,5	76,8
Блакитно помаранчевий	9,41	35,5	126,6	66,4
Гліну́м	6,97	37,0	159,0	51,2
Евріка	8,58	41,0	142,3	61,1
Лірина	8,94	36,2	126,3	68,6
Надійний	9,04	35,5	133,9	68,4
При зрошенні (А)				
Айсберг	9,57	40,2	186,5	81,4
Віра	9,41	38,9	166,2	88,4
ВНІМК 620	8,97	40,3	180,4	88,8
Дебют	9,40	38,9	167,2	81,2
Золотистий	9,26	38,3	169,7	80,2
Ківіка	9,81	41,1	174,9	88,4
Орфей	9,45	39,4	182,0	98,3
Південна ніч (St)	9,58	39,1	175,2	92,5
Ручеек	8,41	39,1	166,4	109,3
Блакитно помаранчевий	8,68	36,0	175,3	88,9
Гліну́м	7,30	39,3	171,4	91,5
Евріка	9,34	40,1	181,9	94,1
Лірина	8,20	38,4	158,5	91,8
Надійний	8,55	36,8	172,2	89,4

протягом всього періоду спостережень. При зрошенні сорт льону-довгунця Гліну́м зберігав високі темпи приросту маси протягом міжфазного періоду бутонізація – зелена стиглість, відповідно 171,4 та 91,5 кг/га.

На початку органогенезу більша частина сухих речовин зосереджувалася в листі рослин, та лише четверта частина в стеблах (додаток Е. 1). В процесі росту й розвитку збільшувалася частка сухої маси стебел, а у подальшому – коробочок. У фазі зеленої стиглості на листковий апарат припадало 11,6–16,9% сухих речовин від наземної маси рослин.

При зрошенні загальна динаміка розподілу сухої речовини в межах органів рослин зберігається, однак частка листків у фазі зеленої стиглості залишається більш високою 14,2–24,6% (додаток Е.2). У сорту льону-довгунця Глінум, порівнюючи із сортами олійного призначення, вищою була маса стебла, та меншою маса коробочок.

При дозріванні більша частина сухої речовини була зосереджена в стеблах льону олійного (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Розподіл сухої маси між частинами рослин льону у фазі повної стиглості залежно від сортового складу, %(середнє за 2011–2013 рр.)

Сорти	Без зрошення			При зрошенні		
	насіння	полова	стебла	насіння	полова	стебла
Айсберг	28,6	25,7	45,6	29,8	21,0	49,2
Віра	29,7	28,1	42,2	27,7	21,6	50,7
ВНІМК 620	28,9	25,5	45,5	29,2	20,6	50,1
Дебют	29,3	26,5	44,3	30,0	20,3	49,7
Золотистий	28,6	29,5	41,9	27,6	22,1	50,3
Ківіка	28,6	29,1	42,3	26,7	21,5	51,8
Орфей	28,8	27,4	43,8	26,8	20,2	53,0
Південна ніч (St)	29,4	27,1	43,5	27,1	20,8	52,1
Ручеек	27,2	26,7	46,1	27,1	21,8	51,1
Блакитно помаранчевий	27,3	26,4	46,3	27,1	21,8	51,1
Глінум	17,4	19,4	63,1	15,1	17,3	67,6
Еврика	27,5	27,2	45,3	27,4	21,4	51,2
Лірина	27,2	24,9	47,8	27,2	20,2	52,7
Надійний	26,4	24,7	48,9	24,8	17,5	57,8

При зрошенні їх частка змінювалася в межах від 41,9% у сорту Золотистий до 48,9% у сорту Надійний. Закономірно що найвищим цей показник був у сорту льону-довгунця Глінум 63,1%. У сухій речовині олійних сортів насіння складало від 26,4% у сорту Надійний до 29,7% у сорту Віра, тоді як у

прядивного сорту – 17,4%. Зрошення збільшує частку соломи, в середньому на 6,7 в.п., переважно за рахунок половини, на 6,0 в.п. У групі олійних сортів найвищою була частка соломи у сорту Надійний 57,8%, а найменшою – в сорту Дебют 49,7%. Частка насіння в сухій масі рослин знаходилася в межах від 30% у сорту Дебют до 24,8% у сорту Надійний. За умов зрошення у льону-довгунця Глінум спостерігалася збільшення відсотку стебел на 4,5 в.п., при зменшенні проценту насіння та половини відповідно на 2,3 та 2,1 в.п.

Порівняння сортів різного призначення щодо розподілу сухої маси в рослині представлено на рис. 5.1.

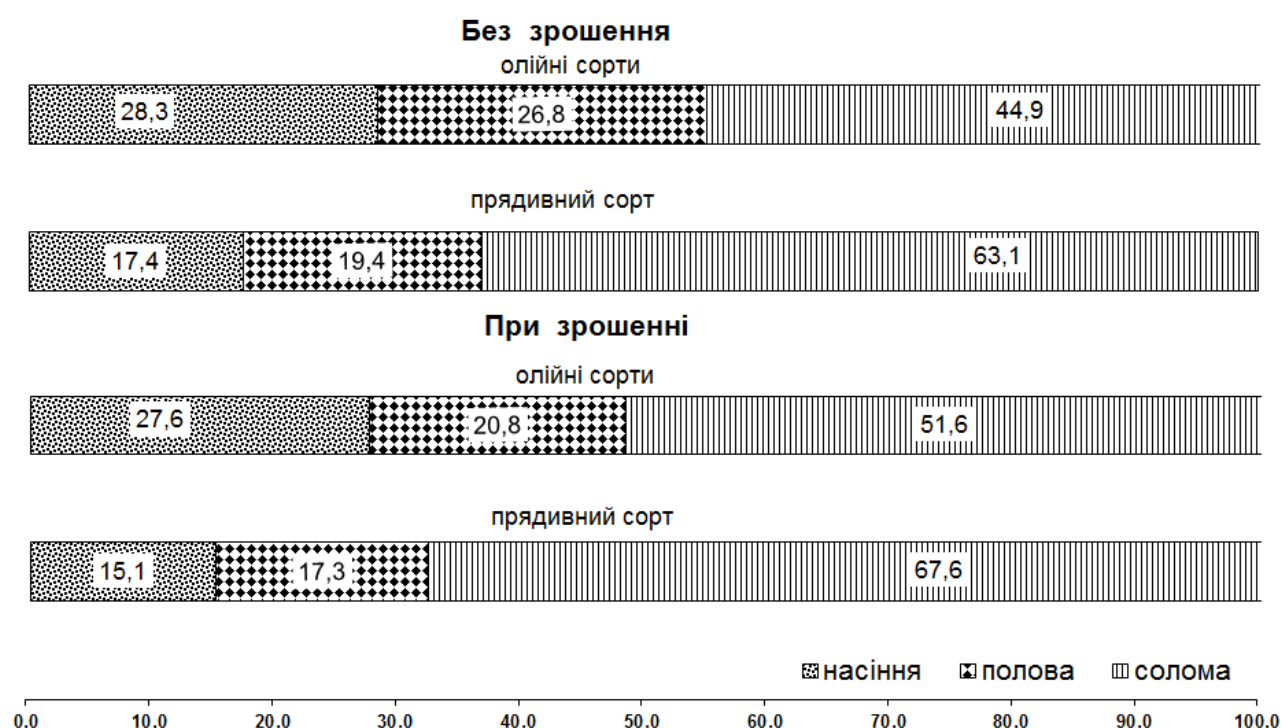


Рис. 5.1 Розподіл сухої маси між окремими частинами рослин льону олійного та довгунцевого типів (середнє за 2010–2013 рр.)

Селекційний добір, що був спрямований на різну продукцію, зумовив переважне формування відповідної частини органів рослини – стебла або насіння. Тому на природному фоні зволоження доля насіння у прядивного сорту є меншою на 10,9 в.п., а соломи вищою на 18,2 в.п., ніж у середньому для сортів олійного призначення. На фоні зрошення зазначена різниця складає 12,5 та 16,0 в.п., відповідно. Внаслідок зрошення доля соломи в олійних сортів збільшується на 6,7 в.п., тоді як у прядивного – на 4,5 в.п.

Кореляційний аналіз зв'язків між урожайністю культури та відсотком окремих частин рослини до загальної маси, свідчить про зворотну залежність із часткою полови $R_{Бз}=-0,63$ та $R_{Пз}=-0,51$, відповідно для досліджуваних умов зволоження, а також в умовах природного зволоження про прямий зв'язок із часткою соломи $R_{Бз} = 0,54$. Останнє може свідчити про екстремальність умов вирощування, внаслідок чого більш пластичні сорти, що краще використовують запаси вологи, формують більшу наземну масу та вищу продуктивність.

Окремі внутрішньовидові групи та навіть сорти льону мають індивідуальні особливості формування та розподілу біологічної маси між окремими органами рослин [278].

Зміна лінійних розмірів є одним із показників, що відображає, як їх генетичні особливості рослин, так й характеризує умови зовнішнього середовища. Для рослин льону, незалежно від підвиду, притаманний повільний ріст протягом ювенільного вікового стану та швидке зростання впродовж іматурного та віргінільного вікового періоду. Тому на початок фази бутонізація висота рослин збільшилася із 2,7–3,8 см. у фазі ялинка, до 26,9–35,7 см (додаток Е.3). На фоні зрошення сорти олійного призначення були вищими у середньому на 4,1 см. За умов природного зволоження найвищими були сорти Надійний, Дебют, Лірина та Евріка, а при зрошенні – Лірина, Ківіка та Надійний.

У фазі цвітіння висота олійних сортів на незрошуваних ділянках в середньому складала 40,2 см, а при зрошенні – 46,7 см. У дану фазу, без зрошення, найвищими були сорти ВНІМК 620 Евріка, Надійний, Південна ніч, а при зрошенні Надійний, Ківіка, Південна ніч та ВНІМК 620.

До настання зеленої стиглості висота сортів збільшилася на 6,5–7,7 см, при цьому різниця між окремими із них при зрошенні у середньому складала 7,7 см. На початку дозрівання найбільш високорослими без зрошення були сорти Надійний – 50,5 см, Південна ніч – 49 см, ВНІМК 620 – 48,4 см. При зрошенні такими були сорти Надійний – 59,7 см, Південна ніч – 56,7 см, та Ківіка – 56,1 см. Кореляційний аналіз свідчить, про тісну залежність висоти рослин у фазу бутонізації із загальною та технічною довжиною після

дозрівання. Коефіцієнт кореляції складав для умов природного вологозабезпечення відповідно $R_3=0,87$ та $R_T=0,91$, а при зрошенні $R_3=0,97$ та $R_T=0,6$.

Сорт льону – довгунця Глінум, після фази бутонізація, був вищим за усі досліджувані сорти олійного призначення. На час зеленої стиглості його висота становила 56,0 см без зрошення та 83,3 см при зрошенні. Відповідно він був вищим за сорти олійного призначення, відповідно умовам зволоження, в 1,20 та 1,53 рази.

Різна швидкість лінійного росту є біологічною особливістю льону культурного, однак на ці процеси значний вплив здійснюють температурний режим та вологозабезпеченість посівів. Дослідження швидкості ростових процесів (додаток Е.4) свідчить, що у розрізі окремих об'єктів без зрошення високими темпами лінійного росту, до початку бутонізації, характеризувалися сорти Ківіка та Дебют, у міжфазний період цвітіння – зелена стиглість – ВНІМК 620 та Південна ніч. При зрошенні високим початковим ростом характеризувався сорт Ківіка і Дебют, а наприкінці вегетації – сорт Надійний. Сорт Айсберг мав високі темпи лінійного росту протягом періоду ялинка – цвітіння.

Від появи сходів до фази ялинка, та після цвітіння, льон-довгунець Глінум, незалежно від умов зволоження, характеризувався повільними темпами лінійного росту, порівняно із іншими сортами. Однак протягом періоду ялинка – бутонізація він приростав, відповідно до умов вологозабезпечення, в 1,29 та 1,78 рази швидше, ніж олійні сорти. У міжфазний період бутонізація – цвітіння темпи його росту також сповільнювалися, проте зберігалися вищими, порівняно із олійними сортами – відповідно в 1,16 т та 1,25 рази.

Найбільш наближеними до льону-довгунця за динамікою лінійного росту, при вирощуванні без зрошення, були сорти Блакитно помаранчевий, Надійний та Віра, а на фоні зрошення сорти – Лірина, Дебют та Віра.

5.2 Оцінка елементів загальної продуктивності сортів льону культурного

Культура льону олійного захищена від впливу несприятливих зовнішніх факторів багатьма складовими репродукційного процесу, що на різних етапах органогенезу забезпечують стабільно високу насінневу продуктивність. Такі ознаки мають риси спадковості, внаслідок чого різні сорти, за однакових умов, проявляють неоднакові господарсько-цінні ознаки та формують різну продуктивність.

Аналізуючи амплітуду коливань внутрішньовидової мінливості ознак й властивостей льону культурного Сізов О. І. [337] відмічав зміни в 10 разів для кількості коробочок, у 5 разів – для висоти рослин та кількості стебел на рослині, та у 4,8 разів – для маси 1000 насінин, указуючи на екстремальні коливання – 2,7 та 13,0 г.

Найбільш стабільними господарсько-цінними ознаками у сортів льону-довгунця є висота рослини та довжина технічної частини стебла, а найбільш мінливими – довжина суцвіття, кількість коробочок на рослині, маса технічної частини стебла, маса волокна з рослини та гнучкість волокна. Вираженому впливу погодних умов вирощування піддаються – діаметр стебла, довжина суцвіття, маса технічної частини стебла та маса волокна з рослини. Вміст волокна в технічній частині стебла та міцність волокна залежать від генетичних особливостей сорту [144]. Ознаки «висота рослин», «кількість бокових пагонів» у льону олійного характеризується високим рівнем спадковості ($R= 0,97; 0,94$ та $0,88$, відповідно), а в їх контролі, незалежно від умов оточуючого середовища, значну роль відіграють гени із неадитивними ефектами взаємодії [142].

Дані особливості повинні враховувати, також, щільність стеблостою. Аналіз елементів структури урожаю свідчить про значні відмінності, як між типами льону, так і окремими сортами (додаток Е.5).

За середньою кількістю коробочок на одній рослині значно переважали олійні сорти – в середньому 8,25 шт., проти 7,13 шт. у сорту Глінум.

Аналогічна ситуація спостерігалася при зрошенні, де ці показники склали 9,01 та 7,27 шт., відповідно. Таким чином, покращення умов зволоження сприяло збільшенню середньої кількості коробочок однієї рослини – у олійних сортів на 2%, а льону – довгунця на 9,2%. На природному фоні зволоження найвищу кількість коробочок формували сорти Лірина 9,41 шт., Ручеек 9,28, Айсберг 9,13, а при зрошенні – Надійний 9,99, Айсберг 9,7, та Ручеек 9,52 шт.

На природному фоні зволоження у середньому сорти олійного призначення утворювали в одній коробочці 6,5 насінин, проти 6,69 шт. у довгунцевого сорту. При зрошенні кількість насіння в суплідді зростала, і складала 6,95 та 7,02 шт.

Найвищою була кількість насіння в одній коробочці у сортів Блакитно помаранчевий, Надійний та Південна ніч – 6,92–6,78 г, а при зрошенні – у сортів Віра Південна ніч та Блакитно помаранчевий – 7,47–7,34 г.

Відомо, що для сортів прядивного типу характерне більш дрібне насіння. Без зрошення маса 1000 насінин у сорту Глінум складала 4,04 г, тоді як усереднено для олійних сортів – 5,98 г. Зрошення позитивно вплинуло на даний показник – маса 1000 насіння зростала до 4,42 г та 6,66 г, відповідно для прядивного та олійного сортів. Серед олійних вищою була маса 1000 насінин у сортів Евріка, Південна ніч, Надійний Орфей, відповідно до режиму зволоження 6,42–6,23 та 7,02–6,79 г. При цьому маса насіння окремих сортів без зрошення змінювалася в більш широкому діапазоні, ніж при зрошенні, що підтверджує стандартне відхилення – 0,31 г без зрошення та 0,23 г при зрошенні.

Закономірно, що сорти олійного призначення, у розрахунку на одну рослину, утворювали більшу масу насіння – у середньому 0,32 г без зрошення та 0,41 г при зрошенні. Для сорту Глінум цей показник становив 0,19 г та 0,23 г, відповідно.

Серед олійних сортів на природному фоні зволоження вищою була індивідуальна продуктивність у сортів ВНІМК 620 та Ручеек – 0,34 г/рослину, а при зрошенні Айсберг, Лірина, Надійний та Орфей – 0,43 г/рослину.

Розсіювання значень індивідуальної продуктивності сортів олійного призначення була вищою за умов природного зволоження. На незрошуваних ділянках стандартне відхилення складало 0,018 г, проти 0,016 г – при зрошенні.

У середньому серед сортів олійного призначення урожайність насіння складала 1,31 т/га без зрошення та 1,75 т/га при зрошенні (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Урожайність насіння сортів льону олійного за різних умов
вологозабезпечення, т/га**

Сорти (В)	Без зрошення (А)			При зрошенні (А)		
	урожайність, т/га	±st		урожайність, т/га	±st	
		т/га	%		т/га	%
	Середнє за 2009–2013 рр.					
Айсберг	1,37	0,09	7,3	1,82	0,09	5,2
Віра	1,31	0,03	2,5	1,73	0,00	0,1
ВНІМК 620	1,37	0,09	6,9	1,80	0,07	3,8
Дебют	1,25	-0,03	-2,3	1,72	-0,01	-0,6
Золотистий	1,13	-0,15	-11,4	1,60	-0,13	-7,7
Ківіка	1,22	-0,06	-4,7	1,62	-0,11	-6,1
Орфей	1,36	0,08	6,4	1,83	0,10	5,5
Південна ніч st	1,28	–	–	1,73	–	–
Ручеек	1,38	0,10	7,5	1,78	0,05	3,1
	НІР ₀₅ , т/га: А – 0,02–0,04; В – 0,05–0,09; АВ – 0,07–0,13					
	Середнє за 2011–2013 рр.					
Блакитно помаранчевий	1,33	0,04	3,4	1,72	0,04	2,2
Глінум	0,83	-0,46	-35,9	0,97	-0,71	-42,5
Евріка	1,33	0,04	3,1	1,77	0,09	5,2
Лірина	1,34	0,05	3,9	1,80	0,12	7,1
Надійний	1,34	0,05	3,9	1,79	0,11	6,3
Південна ніч st	1,29	–	–	1,68	–	–
	НІР ₀₅ , т/га: А – 0,03–0,06; В – 0,06–0,10; АВ – 0,08–0,14					

За рахунок зрошення урожайність зросла на 33,5%. На фоні природного зволоження вищою була урожайність насіння сортів Айсберг, ВНІМК 620 – 1,37 та Орфей – 1,36 т/га. Урожайність сортів Лірина та Надійний становила 1,34 т/га, що на 0,06 т/га вище стандарту сорту Південна ніч. Нижче контролю була урожайність у сортів Дебют, Ківіка й Золотистий.

При зрошенні найвищою була урожайність сортів Орфей – 1,83 т/га,

Айсберг – 1,82, ВНІМК 620 та Лірина – 1,8 т/га. Сорти Блакитно помаранчевий, Дебют, Золотистий та Ківіка формували урожайність насіння нижчу, ніж у стандарту. Урожайність сорту льону-довгунця Глінум як без зрошення так і при зрошенні, була достовірно нижчою – відповідно 0,83 та 0,97 т/га, що у середньому менше за олійні сорти на 36,6 та 44,5%.

Вміст жиру в насінні льону залежить від багатьох факторів таких як попередники [45] умови зволоження, сортовий склад [273] зона вирощування [99] погодні умови [49] та інших чинників.

У досліді вміст жиру в насінні, в середньому на природному фоні зволоження, складала 44,1%, а при зрошенні – 44,4%. У межах сортів вміст змінювалася від 41,0 до 46,9% – без зрошення, та від 42,0 до 46,4% – при зрошенні (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Вміст жиру в насінні сортів льону при зрошенні та без зрошення, %

Сорти (В)	Без зрошення (А)		При зрошенні (А)	
	вміст жиру, %	±st	вміст жиру,%	±st
Середнє за 2009–2013 рр.				
Айсберг	44,2	0,5	44,5	-0,4
Віра	44,5	0,8	45,2	0,3
ВНІМК 620	45,5	1,8	44,4	-0,5
Дебют	45,0	1,3	44,8	-0,1
Золотистий	46,9	3,2	44,6	-0,3
Ківіка	41,0	-2,7	42,3	-2,6
Орфей	43,6	-0,1	44,4	-0,5
Південна ніч st	43,7	–	44,9	–
Ручеек	44,3	0,6	46,4	1,5
НІР ₀₅ , т/га: А – 0,51–0,76; В – 1,09–1,60; АВ – 1,54–2,27				
Середнє за 2011–2013 рр.				
Блакитно помаранчевий	43,5	-0,2	44,0	-1,7
Глінум	41,6	-2,1	40,4	-5,3
Евріка	42,3	-1,4	42,0	-3,7
Лірина	45,2	1,5	45,6	-0,1
Надійний	43,4	-0,3	43,7	-2
Південна ніч st	43,7	–	45,7	–
НІР ₀₅ , т/га: А – 0,62–1,02; В – 1,07–1,77; АВ – 1,52–2,50				

У насінні льону-довгунця Глінум вміст жиру був меншим ніж середні значення та контролю, та становив відповідно 41,6 та 40,4%. Серед об'єктів олійного призначення без зрошення вищими були значення у сортів Золотистий, ВНІМК 620, Лірина, Дебют – 46,9–45%, а при зрошенні – Ручеек, Лірина, Віра, Дебют – 46,4–44,8%. При зрошенні спостерігалось достовірне збільшення, на 0,7–2,1 в.п., вмісту жиру у насінні сортів Орфей, Віра, Південна ніч, Ківіка, та Ручеек. Однак у сортів ВНІМК 620, Глінум та Золотистий його кількість зменшувалася на 1,1–2,3 в.п.

Відомо, що сортозразки льону різняться за вмістом жирних кислот в олії: пальмітинова – 1,5–9,5; стеаринова – 1,9–8,5; олеїнова – 9,6–21,7; лінолева – 11,2–22,3; ліноленова – 26,3–68,7%, що дозволяє вести селекцію зі створення визначеного жирнокислотного складу [322].

В результаті селекції створені сорти технічного призначення, із вищим вмістом ліноленової кислоти, та харчового використання, із підвищеним вмістом олеїнової та лінолевої кислоти [213]. Інститутом олійних культур НААН внесені до Державного реєстру сорти Ківіка та Золотистий [276].

В насінні досліджуваних нами сортів льону переважають ненасичені жирні кислоти: ліноленова, олеїнова та лінолева, частка насичених кислот, пальмітинової та стеаринової, не перевищує 10%. Цим зумовлена їх відмінність сортів традиційного жирно олійного складу (додаток Е.6). У середньому, серед сортів незміненого жирно кислотного складу, на пальмітинову кислоту припадало – 5,6%, стеаринову – 3,23, олеїнову – 21,1, лінолеву – 15,1 ліноленову – 55,0%. Внаслідок зрошення спостерігалось достовірне зменшення частки пальмітинової, стеаринової, олеїнової, лінолевої кислот відповідно до 5,2%; 2,8; 19,7 та 14,5%, за рахунок зростання ліноленової кислоти до 57,7%. У сорту Ківіка, що пропонується для харчового використання, частка олеїнової кислоти при зрошенні знизилася із 35,5% до 34,5%. При цьому частка лінолевої та ліноленової кислоти зросла на 1,3 та 0,6 в.п., відповідно.

При зрошенні у сорту Золотистий доля ліноленової кислоти збільшилася із 61,6 до 63,0%, а лінолевої із 12,5 до 13,7%, за рахунок зменшення пальметної,

стеаринової та олеїнової кислот на 0,8; 1,2 та 0,7 в.п.

У сорту льону-довгунця Глінум, унаслідок зрошення, збільшувалася доля ліноленової – із 53,8 до 56,1%, а також частка пальмітинової та стеаринової кислот.

Без зрошення, серед усього переліку сортів, найвищою є частка поліненасичених жирних кислот у сортів Золотистий – 74,1%, Віра – 72,8 та Ліринка – 71,6, а при зрошенні Золотистий – 76,7, Віра – 75,2 та Блакитно помаранчевий – 73,7%. У сорту Ківіка їх частка була найменшою – 55,7 та 57,6%, відповідно. Зростання поліненасичених жирних кислот при високій вологості ґрунту відмічали також інші науковці [428].

Розрахунки коефіцієнтів кореляції свідчать про спадковість якісного складу олії, оскільки виявлено прямий тісний зв'язок вмісту олеїнової та ліноленової кислот незалежно від умов зволоження – ($R_o = 0,92$, $R_{лн} = 0,83$) та середній для лінолевої кислоти – ($R_{л} = 0,49$).

5.3 Морфологічні особливості сортів льону за різних умов зволоження

Льон культурний характеризується значною мінливістю та сильною реакцією на природні умови [339]. Попередніми роботами в різних ґрунтово-кліматичних зонах України була встановлена значна варіабельність, по роках досліджень, ознак «висота рослин» «технічна довжина стебла» «кількість коробочок» «маса насіння із рослини» льону олійного, що зумовлює необхідність багаторічних спостережень [98, 384]. Проте значний вплив на ознаки, пов'язані із габітусом рослин, має спадковість [108, 143].

Встановлено, що в середньому загальна довжина сортів олійного призначення складала 48,3 см при коливаннях від 52,2 см у сорту Надійний до 46,6 см у сорту Золотистий (табл. 5.7). В групу найбільш високорослих входили також сорти ВНШМК 620, Південна ніч – 49,4 см та Дебют – 49 см. Загальна довжина стебла льону-довгунця Глінум на 10–17,1% перевищувала найбільш

високорослу групу, та досягала 57,4 см. При зрошенні загальна довжина стебла зростала в середньому на 13,1%, досягаючи 54,7 см. Групу найвищих рослин сформували сорти – Надійний – 60,3 см, Лірина – 56,3 см, та Південна ніч – 56,2 см. Найменшим показником характеризувався сорт Евріка 51,5 см.

Таблиця 5.7

Вплив умов вологозабезпечення на довжину стебла сортів льону, см

Сорти (В)	Довжина стебла без зрошення			Довжина стебла при зрошенні		
	загальна	технічна	$\frac{\text{технічна}}{\text{загальна}}$	загальна	технічна	$\frac{\text{технічна}}{\text{загальна}}$
Середнє за 2009–2013 рр.						
Айсберг	48,4	31,9	0,66	52,7	38,3	0,73
Віра	48,1	29,4	0,61	55,1	35,3	0,64
ВНІМК 620	49,4	31,5	0,64	53,2	38,6	0,73
Дебют	49	33,4	0,68	54	39,9	0,74
Золотистий	46,6	29	0,62	54,6	38,6	0,71
Ківіка	46,9	29,3	0,62	55,7	38,8	0,70
Орфей	46,8	31	0,66	54,3	36,7	0,68
Південна ніч st	49,4	31,6	0,64	56,2	37,5	0,67
Ручеек	47,7	32,3	0,68	51,9	35,1	0,68
НІР ₀₅ , т/га: загальна довжина стебла А – 0,8–1,1; В – 1,8–2,2; АВ – 0,6–0,8						
технічна довжина стебла А – 0,8–1,0; В – 1,7–2,0; АВ – 0,6–0,7						
Середнє за 2011–2013 рр.						
Блакитно помаранчевий	47,1	30,4	0,65	54,7	38	0,69
Глінум	57,4	42,6	0,74	84,3	66,6	0,79
Евріка	48,8	30,5	0,63	51,5	31,4	0,61
Лірина	47,8	33,3	0,70	56,3	38,6	0,69
Надійний	52,2	36,3	0,70	60,3	41,9	0,69
Південна ніч st	51	32	0,64	57	37	0,65
НІР ₀₅ , т/га: загальна довжина стебла А – 1,2–1,4; В – 2,1–2,4; АВ – 0,9–1,0						
технічна довжина стебла А – 1,2–1,3; В – 2,1–2,2; АВ – 0,9						

Сорт Глінум за умов зрошення досягав загальної довжини 84,3 см, що на 46,8% більше ніж без зрошення, та на 39,8–50% більше, ніж олійні сорти. На незрошуваних варіантах технічна довжина олійних сортів в середньому становила 31,5 см, із коливанням від 36,3 см у сорту Надійний, до 29 см у сорту Золотистий.

При зрошенні технічна довжина олійних сортів складала 37,6 см, із варіюванням від 41,9 см у сорту Надійний до 31,9 см у сорту Евріка. За умов зрошення більш суттєвим було зростання технічної довжини стебла – 19,1%, порівняно із загальною довжиною, де збільшення склало 13,1%.

Середнє співвідношення технічної довжини до загальної складало 0,65. Найбільшим це співвідношення було у сортів Лірина та Надійний – 0,7, тоді як у сорту Глінум воно становило 0,74. При зрошенні ростові процеси стебла переважали щодо його технічної частини, а тому середнє співвідношення збільшилося до 0,69. Найбільшим воно було у сортів Дебют – 0,74, ВНПМК 620, Айсберг – 0,73, тоді як у сорту Глінум воно досягло 0,79.

Статистичний аналіз свідчать про прямий тісний зв'язок між лінійними розмірами рослин. Сорти, що відрізнялися більшою загальною довжиною, мали переважно більшу технічну довжину стебла – коефіцієнти кореляції склали відповідно до умов вологозабезпечення $R_c = 0,77$ та $R_z = 0,69$. Кореляційний зв'язок загальної довжини стебла без зрошення та при зрошенні складав $R_z = 0,48$, а технічної – $R_r = 0,50$.

Подвійне використання продукції льону олійного призначення потребує відповідної методології оцінки якості волокнистої сировини, яка детально досліджена для льону-довгунця [262]. В даний час іде активна розробка методів автоматичного оцінювання [53, 399]. З певними особливостями такі методики можуть бути застосовані у системі оцінювання соломи льону олійного.

При стандартизації соломи, окрім основних, зважають на другорядні показники – діаметр стебла, миклість, збіжестість, які дозволяють прогнозувати наявність лубу та його якість (табл. 5.8).

Діаметр стебла олійних сортів в середньому складав 1,46 мм, зрошення зумовлювало потовщення стебла у середньому на 5,5%, що було математично достовірним для усіх сортів. У сорту Глінум діаметр стебла збільшувався на 15,4% становив відповідно 1,68 та 1,54 мм.

Незалежно від умов зволоження в групу сортів із стеблом великого діаметру входять Блакитно помаранчевий, Айсберг, Віра, Орфей, тоді як сорти

Лірина, Дебют, Південна ніч, Ручеек формували найтонші стебла. Коефіцієнт кореляції діаметру стебла сортів олійного призначення вирощених за різних умов зволоження складав $R = 0,79$. Це може бути також зумовлене сортовими особливостями базального галуження, оскільки нижні бокові пагони мають менший діаметр, ніж основне стебло.

Миклість, внаслідок зрошення, збільшувалася в середньому на 13,3% для олійних сортів із 216 до 244. Значно вищою вона була у соту льону-довгунця Глінум, відповідно 254 та 343, та зростала внаслідок зрошення на 35,0%.

Таблиця 5.8

Характеристики стебел сортів льону за різних умов зволоження

Сорти	Без зрошення			При зрошенні		
	діаметр, мм	миклість	відносна збіжестість, мм/м	діаметр, мм	миклість	відносна збіжестість, мм/м
Середнє за 2009–2013 рр.						
Айсберг	1,53	209	2,53	1,57	243	3,02
Віра	1,50	196	2,57	1,60	221	2,92
ВНІМК 620	1,47	214	2,25	1,53	253	2,37
Дебют	1,43	234	2,79	1,47	272	3,41
Золотистий	1,48	195	2,85	1,63	237	3,06
Ківіка	1,39	211	3,85	1,44	270	3,60
Орфей	1,49	209	3,09	1,56	234	3,60
Південна ніч st	1,40	225	2,80	1,52	247	2,97
Ручеек	1,41	229	1,99	1,49	235	2,87
НІР ₀₅ , т/га: діаметра стебла А – 0,008–0,011; В – 0,018–0,024; АВ – 0,006–0,009						
Середнє за 2011–2013 рр.						
Блакитно помаранчевий	1,53	199	2,20	1,66	229	2,43
Глінум	1,68	254	1,90	1,94	343	1,86
Евріка	1,48	206	2,12	1,55	202	2,14
Лірина	1,46	228	2,83	1,54	250	2,81
Надійний	1,47	247	2,08	1,48	283	2,46
Південна ніч st	1,44	224	2,50	1,55	238	2,70
НІР ₀₅ , т/га: діаметра стебла А – 0,011–0,012; В – 0,018–0,021; АВ – 0,008–0,009						

З позиції подвійного використання кращою була у соломи сортів Віра, Евріка та Блакитно помаранчевий, а гіршою у сортів Надійний та Дебют. Більше

Стебло льону від гузиря до верхівки зменшується в діаметрі, та являє собою витягнутий конус, що характеризується збіжестістю – різницею діаметрів на рівні сім'ядольного коліна та перед зоною розміщення коробочок. У льону прядивного чим рівніше стебло, та відповідно менша збіжестість тим краща якість волокна [398].

В середньому у сортів олійного призначення при зрошенні збіжестість зростала із 0,56 мм до 0,78 мм. У сорту Глінум даний показник був вищим, та складав відповідно 0,82 та 1,20 мм. Низькою збіжестістю відрізнялися сорти Ручеек та Евріка, а високою – Віра та Золотистий. Кореляційна залежність між діаметром та збіжестістю в умовах природного зволоження була середньою – $R_c = 0,45$, тоді як при зрошенні – високою ($R_z = 0,78$).

5.4 Особливості анатомічної будови стебел льону культурного

Анатомічна будова стебла льону олійного призначення представляє практичне зацікавлення лише за умови його подвійного використання. За аналогією із довгунцем зосередженість, форма, лінійні розміри елементарних волокон та пучків, товщина шару окремих тканин дають уяву про кількість та якість волокна [261, 365].

Стебло сортів льону олійного в поперечному розрізі переважно представлено шаром деревини, в середньому 31,1%, порожнини 27,2% та серцевини 19,9% (рис. 5.2).

Шар паренхіми, в якому зосереджені луб'яні волокна, займає 18,6%, а покривні тканини – 3,2%. У сорту льону-довгунця Глінум переважав шар порожнини – 36,3 та деревини – 27,1%, тоді як паренхіма та серцевина займали 18,9 та 14,6%, відповідно.

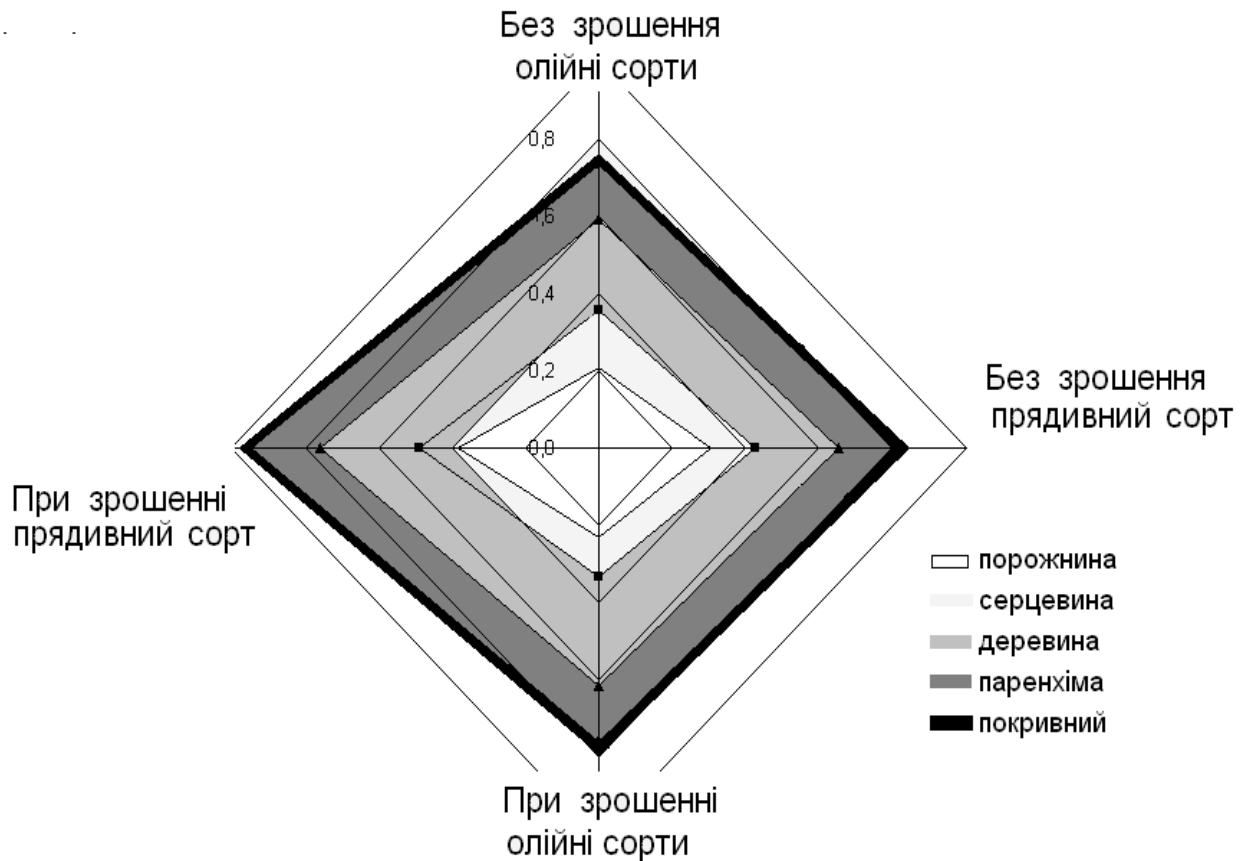


Рис. 5.2 Будова стебел льону під впливом умов зволоження, мм

Відмінність між ними полягала в суттєвому збільшенні в прядивного сорту порожнини та паренхіми, при меншій частці серцевини та деревини. Така особливість зумовлена вирощуванням сорту Глінум низьким загущенням рослин, що зумовило значне потовщення стебла та навіть галуження. При цьому розвинений лубовмісний шар паренхіми може бути наслідком спрямованої селекції.

При зрошенні у олійних сортів шар деревини зростав на 19,8%, порожнини – на 11,4% та паренхіми – на 5,1%. При цьому на 31,8% зменшилася товщина серцевини. Аналогічно сорту Глінум спостерігалось збільшення на 26,3% порожнини стебла, потовщення на 19,0% паренхіми та на 18,9% деревини, в той час як частка серцевини зменшилася на 13,9%.

До групи сортів із найбільш розвиненим шаром паренхіми належать Глінум, Південна ніч 0,158 мм, Надійний 0,149 мм. При зрошенні такими є сорти Глінум 0,188 мм, Дебют 0,178, Айсберг 0,162 мм (додаток Е.7).

Збільшення діаметру стебла переважно відбувається за рахунок зростання шару серцевини та деревини, коефіцієнти кореляції складають $R_c = 0,62$ та $R_d = 0,67$. При зрошенні такий зв'язок був на рівні відповідно $R_c = 0,51$ та $R_d = 0,66$. В умовах природного зволоження кореляція між товщиною шару деревини та паренхіми була на середньому рівні $R = -0,44$, тоді як при зрошенні такий зв'язок не простежувався.

Шар деревини у процесі переробки заважає вилученню волокна. На незрошуваних варіантах найменш розвиненим він був у сортів Лірина $0,203$ мм, Південна ніч $0,207$ та Надійний $0,21$, а при зрошенні – у сортів Дебют $0,234$ мм, Надійний $0,235$ та Лірина $0,239$ мм.

Щоб охарактеризувати стеблову масу як сировину, враховуючи радіальне розташування та різну товщину окремих тканин, була розрахована їх площа у поперечному перерізі стебла (додаток Е.8). В олійних сортів у середньому найбільшу частку площі стебла займає деревина – $39,0\%$, паренхіма – $32,4$, серцевина – $14,8\%$. При зрошенні збільшувалася частка деревини та паренхіми, відповідно до $43,0$ і $32,7\%$, проте частка серцевини зменшилася – до $9,3\%$. Прядивний сорт Глінум, порівнюючи із олійними сортами, відрізнявся більшим відсотком паренхіми – $33,0\%$ та $34,0\%$ відповідно до умов зволоження, та меншою присутністю серцевини та деревини. При цьому площа порожнини стебла була більшою, відповідно досліджуваним режимам зволоження, на $5,7$ та $7,1$ в.п.

Великою площею паренхіми характеризувалися сорти Айсберг $0,637$ мм², Орфей $0,621$, та Південна ніч $0,616$ мм². При зрошенні такими сортами були Айсберг – $0,720$, Дебют – $0,719$, Блакитно помаранчевий – $0,71$ мм². Найменшою площею деревини була у сортів Південна ніч – $0,571$ мм², Лірина – $0,589$, та Надійний – $0,61$ на незрошуваних варіантах, а при зрошенні – Дебют – $0,643$, Лірина – $0,70$, Надійний – $0,707$ мм².

Результати обліку та вимірювання пучків і елементарних волокон наведено в додатку Е.9.

Серед сортів олійного призначення коливання кількості пучків волокон

досягало 6,1% на фоні природного зволоження та 6,4% при зрошенні. У середньому в стеблах сортів олійного призначення їх налічувалося 24,7 шт., за умов природного зволоження, та 25,2 шт. при зрошенні. У сорті Глінум їх було достовірно більше – відповідно 26,8 та 28,0 шт. Найбільше пучків містилося в стеблах сортів Орфей, Айсберг, Південна ніч – 26,2; 26,0 та 25,9 шт., а при зрошенні – Орфей, Айсберг та Ківіка 26,8; 26,5 та 26,3 шт.

Кількість волокон в пучку окремих сортів змінювалася у більш широких межах – до 26,7% без зрошення та до 13,5% – при зрошенні. В середньому в сортів олійного призначення їх налічувалося 21,7 та 24,4 шт. відповідно до умов зволоження, тоді як у сорту Глінум – 27,4 та 32 шт.

У середньому, для олійних сортів, розрахункова кількість волокон на зрізі складала 534 шт., тоді як при зрошенні їх кількість зростала на 15,2% до 616 шт. Значно вищою вона була у льону-довгунця Глінум, відповідно 733 та 896 шт. Реакція прядивного сорту на покращення умов зволоження була більш вираженою, а перевищення становило 22,2%. Найбільшу кількість волокон, без зрошення, формували сорти Золотистий, Віра та Ківіка, відповідно 690, 616 та 601 шт., при зрошенні – Золотистий, Ківіка та Айсберг 704; 682 та 677 шт. Переваги прядивного сорту генетично зумовлені іншим напрямком селекційного добору, що проявляється навіть у неоднакових ґрунтово-кліматичних умовах вирощування.

В лінійних розмірах елементарного волокна проявлялися сортові та групові відмінності. В незрошуваних умовах, у середньому, олійні сорти формували елементарні волокна 25,8 мкм в перерізі із товщиною стінки 8,46 мкм та порожниною 8,91 мкм. При зрошенні елементарне волокно збільшувалося до 29,8 мкм, а його стінка потовщувалася до 11,0 мкм, а діаметр порожнини зменшувався до 7,68 мкм. Кращими були лінійні розміри волокна сорту Глінум – його середня січна складала 26,7 мкм, товщина стінки – 9,17, порожнина – 8,36 мкм. При зрошенні, подібно до олійних сортів, збільшувалися розмір волокна, товщина його стінки до 30,2 та 11,7 мкм відповідно, при зменшенні діаметру порожнини волокна до 6,86 мкм. Такі зміни

опосередковано свідчать про покращення технологічних властивостей соломи льону-довгунця та олійного при зрошенні.

Без зрошення товщою була стінка елементарного волокна у сортів Ківіка, Лірина – 9,86 мкм, та Ручеек – 9,71, а при зрошенні Блакитно помаранчевий – 12,6. Золотистий – 12,43 та Ручеек – 12,42 мкм. У сортів олійного призначення спостерігалася висока кореляційна залежність загального розміру елементарного волокна із товщиною його стінки, яка складала відповідно до умов зволоження $R_c=0,82$ та $R_3=0,92$. Зв'язок між перерізами волокна та його порожнини був середній $R_c=0,38$ та $R_3=0,39$.

Незалежно від виробничого призначення при зрошенні збільшення діаметру елементарного волокна переважно відбувався за рахунок потовщення його стінки. Так у сортів олійного призначення її частка в загальному розмірі волокна, внаслідок зрошення, зростала із 32,8 до 37,1%, а у сорту Глінум із 34,3 до 38,6%.

Стебла сортів льону мали також кількісні відмінності щільності розміщення механічних тканин (додаток Е.10). Кількість волокон на зрізі стебла в середньому для сортів олійного призначення при зрошенні зростала із 97,5 до 121,6 шт./м². У сорту Глінум їх було в 1,68 та 2,2 рази більше, відповідно 164 та 270 шт./м². Більшою була кількість волокон у сортів Золотистий 139 шт./м², Айсберг – 118, Віра – 115, а при зрошенні Золотистий – 151, Віра – 142 та Айсберг – 141 шт./м².

При зрошенні кількість волокнистих пучків по довжині кола паренхіми у олійних сортів зменшувалася із 5,39 до 5,3 шт./мм. У сорту Глінум таке зменшення було більшим – 5,26 та 4,71 шт./мм. Тобто при зрошенні відстань між окремими пучками зросла, а вони розташовувалися більш розосереджено, хоча кількість волокон, навпаки – зростала. У олійних сортів їх налічувалося в середньому 117 та 129 шт./мм, у сорту Глінум 144 та 151 шт./мм.

Площа пучка в середньому для олійних сортів складала 0,016 мм², тоді як сорту Глінум 0,019 мм². При зрошенні площа пучків збільшувалася й складала 0,02 та 0,026 мм², відповідно. Більш суттєво такі зміни відбувалися у сорту

Глінум – на 33,1%, порівняно із олійними сортами, де зростання склало 20,5%. Враховуючи меншу динаміку зростання кількості елементарних волокон в пучку – 8,6 та 10,9% при зрошенні, елементарні волокна в межах пучків розташовуються більш розпорошено, а відстань між ними стає більшою.

Анатомо-морфологічні особливості сортів та їх реакція на зовнішні умови визначають різну величину рослин, довжину стебел та відповідно масу соломи, що сформувалася. Як правило більш високорослі сорти, до яких належать об'єкти селекції північних екотипів, формують потужнішу стеблову масу (додаток Е.11). Без зрошення ця група представлена сортами Надійній – 2,12 т/га, Ліріна, Ручеек – 2,00 т/га, Блакитно помаранчевий 1,93 т/га. При зрошенні до сортів, що забезпечували найвищу урожайність соломи належать Надійній – 3,59 т/га, Ліріна – 2,97, а також Ручеек – 2,89 т/га. У середньому сорти олійного призначення забезпечували урожай соломи на рівні 1,79 т/га за природних умов зволоження та в 1,57 рази більше (2,81 т/га) – при зрошенні.

Сорт прядивного призначення Глінум забезпечував отримання найвищої у досліді урожайності соломи – 2,54 т/га на фоні природного зволоження, та 3,74 т/га при зрошенні. У підсумку без зрошення його урожайність була в 1,42 рази вищою, ніж середня урожайність сортів льону олійного, а на фоні зрошення перевищення було в 1,33 рази. Дисперсійний аналіз за ряд років свідчить, що зрошення на 87,4% визначає рівень урожайності соломи, тоді як сорти впливали лише на 8,2%.

Сорти, що підлягали вивченню суттєво відрізнялися за наявністю лубу в соломі. Без зрошення, при середньому значенні в групі олійних сортів 14,0%, максимальним вміст лубу був у стеблах сортів Ліріна 15,9%, Айсберг та Віра – 15,6%, а при зрошенні, при середньому значенні 21,3%, найбільше лубу містилося в соломі сортів Орфей – 24,6%, Айсберг Дебют та Ліріна – 22,7%. У групі сортів олійного призначення, за рахунок покращення вологозабезпечення, вміст лубу в соломі збільшився 1,52 рази. У льону-довгунця сорту Глінум вміст лубу був найвищим у досліді, як без зрошення – 17,4%, так і при зрошенні – 28,5%, а перевищення становило 64%.

Відмічається значне коливання вмісту лубу в соломі окремих сортів як на фоні зрошення – до 7,2 в.п., так і без зрошення – до 5,2 в.п. Найменшим на незрошуваних варіантах був міст лубу у сортів Надійний – 10,7%, Ручеек – 11,2, та Евріка – 13,1%, а при зрошенні – у сортів Евріка – 17,4%, Віра – 19,4, та Надійний – 19,8%.

Найбільший розрахунковий вихід лубу забезпечував сорт льону-довгунця Глінум, відповідно 442 кг/га без зрошення та 1070 кг/га при зрошенні. У середньому по олійним сортам умовний вихід лубу становив 249 та 598 кг/га. У розрізі досліджуваних об'єктів без зрошення найвищий вихід лубу забезпечували сорти Лірина – 318 кг/га, Айсберг – 293 та Орфей – 266 кг/га, а при зрошенні Орфей – 763 кг/га, Надійний – 711 та Лірина – 674 кг/га. За рахунок зрошення умовний вихід лубу у сортів льону культурного зростав у середньому в 2,4 рази.

Міцність є однією із визначальних фізико-механічних властивостей волокна. У олійних сортів без зрошення міцність лубу, в середньому, складала 7,25 даН, зростаючи до 12,8 даН при зрошенні. У льону-довгунця Глінум луб був міцнішим, відповідно 9,32 та 16,9 даН. Внаслідок зрошення міцність лубу олійних сортів в середньому зросла в 1,77 рази, та в 1,81 рази у прядивного сорту. Без зрошення найвищою була міцність лубу в сортів Лірина – 9,03 даН, Ківіка – 8,1 та Орфей – 7,91 даН, при зрошенні – у сортів Орфей – 15,1 даН, Лірина – 14,6 та Надійний – 13,3 даН.

Сорти олійного та прядивного спрямування відрізняються співвідношенням маси утворених насіння та стебел. Олійні сорти забезпечують високу насіннєву продуктивність, а тому коефіцієнт солома/насіння складав 1,35 без зрошення, підвищуючись до 1,61 при зрошенні. У сорту Глінум такий коефіцієнт був вищим – 3,09 та 3,90, відповідно до умов зволоження. Серед олійних сортів високою часткою соломи в біологічній масі відрізнялися Надійний, Лірина, Ручеек. Їх коефіцієнти співвідношення побічної та основної продукції склали відповідно 1,58; 1,49 та 1,47. На фоні зрошення такими були сорти Надійний 2,01, Орфей 1,7 та Ківіка 1,66.

Для узагальненої оцінки неспівставних величин (насіння та волокно) була використана методика розрахунку умовних зернових одиниць. Серед олійних сортів переважна частина продуктивності забезпечувалася насінням – 72,1% без зрошення та 58,8% при зрошенні. У сорту льону-довгунця Глінум частка насіння була меншою – 57,3 та 39,4%.

На незрошуваних варіантах найвищою продуктивністю в зернових одиницях характеризувалися сорти Лірина – 3,44 т/га, Айсберг – 3,40 та Орфей – 3,27 т/га, при середньому значенні в цій групі – 3,12 т/га. При зрошенні такими були сорти Орфей – 5,94 т/га, Надійний – 5,69 та Лірина – 5,59 т/га, при середньому значенні – 5,19 т/га. Рівень продуктивності льону-довгунця Глінум складав 3,06 без зрошення та 5,68 т/га при зрошенні.

5.5 Структура продуктивності та якісні показники сировини льону олійного в умовах природно-сільськогосподарських зон

Розміщення посівів льону культурного має чітко виражений зональний характер, що із об'єктивних причин відображається на якості продукції та економічній ефективності вирощування [24, 95, 412].

З метою дослідження окремих зональних особливостей формування продуктивності та якості сировини льону низького були визначені базові майданчики спостереження для відбору рослинних зразків (додаток Е.12).

Ґрунтово-кліматичні умови місця вирощування відобразилися на лінійних розмірах рослин льону (додаток Е.13).

При зміщенні із Півночі на Південь загальна та технічна довжина рослин достовірно зменшувалася. Так, у середньому, різниця загальної довжини між рослинами вирощеними в Лісостеповій Правобережній провінції та Сухостеповій Присивашській провінції складала – 20,2 см, або 32,1%. Для технічної довжини дана різниця складала 16,8 см, що становило 37,0%.

Відмінність між рослинами із базових майданчиків у межах зони Лісостепу були менш вираженою. Найбільшими були відхилення між

рослинами Західної Лісостепової провінції та Лісостепової Правобережної провінції, які складала – 5,0 для загальної довжини та 2,4 см для технічної.

Дисперсійний аналіз даних методом за ряд років, дозволяє стверджувати про достовірність даних відмінностей. У розрізі сортового складу, на більшості опорних пунктів максимальною була загальна довжина рослин сорту Лірина, а також Надійний. Відмінності між сортами Еврика та Південна ніч в окремих випадках не співпадали.

Відношення технічної і загальної довжини рослин на окремих опорних пунктах, порівняно із лінійними розмірами, різнилося у вузьких межах від 61,8 до 67,9 %. Це опосередковано свідчить, що висота рослин при зміщенні із Півдня на Північ збільшується, як за рахунок зони галуження так і внаслідок подовження стебла. У сортів Лірина і Надійний згадане співвідношення було більшим, порівняно із сортами Еврика та Південна ніч.

Отримані результати підтверджуються дослідженнями О. Ю. Калініної [141], яка прийшла до висновку, що фенотиповий прояв ознак «висота рослини», а також міцність кореляційних зв'язків між кількісними ознаками габітусу, суттєво залежить від умов навколишнього середовища. Нею була відмічена також значна роль генотипу у варіюванні ознак «висота рослини».

Умови вирощування зумовлювали зміни структури наземної маси рослин (додаток Е.14). В цілому за переміщення із Півдня на Північ спостерігається збільшення частки стебла та зменшення відсотка половини і насіння. Так, якщо в середньому зразки із Степу південного містили – 44,7% стебел, 23,3% половини та 32,0% насіння, то в Лісостепу північному правобережної провінції їх було 61,1%, 14,0% та 24,9%, відповідно.

В межах зони Лісостепу найбільш високою частка насіння була в південній частині – на майданчику Лісостепу правобережного – 27,6%. Частка соломи тут складала в середньому по сортах – 55,2%. При переміщенні у напрямку Схід – Захід у межах західної, північної та лівобережної провінцій відмінності у частці стебел були близькими та не перевищували 1,56 в.п., а насіння – 1,31 в.п. Внаслідок зазначених змін, закономірно у напрямку із Півдня

на Північ, збільшується співвідношення стебло/насіння у середньому із 1,41 в зоні Степу південного до 2,56 – в лівобережній провінції Лісостепу. Зазначені зміни лінійних характеристик рослин та структури наземної маси, свідчать про збільшення цінності соломи льону олійного, як сировини, при зміщенні зони його вирощування із Півдня на Північ.

Вміст та міцність лубу стебел сортів льону представлені в додатку Е.15.

Відповідно, до зміщення зони вирощування льону олійного із Півдня на Північ, відбувалося підвищення вмісту лубу та його міцності. Так, у середньому серед сортів, у Зоні Степу південного вміст лубу складав 13,8 %, а міцність 7,3 даН, у зоні Лісостепу правобережного – 19,9 та 11,7, при цьому в зоні Лісостепу північного правобережної провінції – 21,3% та 15,8 даН, відповідно.

Серед опорних майданчиків північного поясу України, більш високий вміст лубу спостерігався в Лісостепу західної провінції – 22,9%. У північній правобережній та лівобережній провінціях його містилося – 21,3 та 20,8%. Аналогічно змінювалася і міцність лубу, яка складала для зазначених опорних майданчиків 17,3 даН, 15,8 та 15,6 даН.

У розрізі сортового складу, у більшості випадків, вищим є вміст лубу в рослинах сорту Лірина та Надійний порівняно із Еврика та Південна ніч. Різниця між окремими сортами в опорних майданчиках Лісостепу була дещо вищою, 4,0–7,7%, порівняно із ділянками зони Степу 3,0–3,8%.

Можна спрогнозувати, що зміщення в умови достатнього зволоження та помірного температурного режиму сприяє реалізації генетично зумовлених сортових особливостей льону олійного.

Серед досліджуваних сортів, за виключенням зони Лісостепу лівобережної провінції, вищою є міцність лубу у сорту Південна ніч. У сорту Надійний, на більшості площадок відбору, міцність лубу була найменшою. При цьому найбільша різниця міцності лубу між окремими сортами була в зразках із зони Степу – в межах 15,8–17,4%, а найменшою у зразках із зони Лісостепу – 5,7–10,5%.

Результати кореляційного аналізу свідчать про сильну залежність між вмістом лубу та його міцністю, $R=0,86$. Це може бути свідченнями, що межа значень оптимальних умов для формування цих показників якості льону олійного є близькою.

Висновки до розділу 5

1. За результатами дослідження сортовий склад льону олійного проявляє однакову динаміку процесів росту й розвитку, на покращення умов зволоження. Зміни лінійних розмірів рослин, активність продукційного процесу та розподіл сухої маси між окремими органами відображають генетичні особливості об'єктів різного призначення, та пов'язані із умовами зовнішнього середовища. Порівняно із сортами олійного призначення льон-довгунець Глінум має триваліший період вегетативного та коротший період генеративного розвитку.

2. Рослини льону культурного реагують на умови зрошення подібною зміною співвідношення між окремими частинами рослини. Продукційний процес сортів різного призначення генетично спрямований на формування основного виду продукції. Унаслідок зрошення частка стебел в наземній масі льону-довгунця зростає із 63,1 до 67,6%, а насіння – зменшується із 17,4 до 15,1%. У олійних сортів при зрошенні частка стебел підвищується із 44,9 до 51,6%, а насіння відповідно зменшується – з 28,3 до 27,6%

3. Оцінка прядивного та олійних сортів свідчить, що за ознаками: загальна та технічна довжина, вміст лубу, міцність лубу – переваги має сорт льону-довгунця Глінум, а за елементами насінневої продуктивності – сорти олійного призначення. Без зрошення вищою є індивідуальна продуктивність сортів ВНІМК 620 та Ручеек – 0,34 г/рослину, при зрошенні – Айсберг, Лірина, Надійний та Орфей – 0,43 г/рослину. Без зрошення вищу урожайність насіння забезпечують сорти Айсберг, ВНІМК 620 – 1,37 та Орфей – 1,36 т/га, а при зрошенні – Орфей – 1,83 т/га, Айсберг – 1,82, ВНІМК 620 та Лірина – 1,8 т/га. За рахунок зрошення вміст лубу в соломі олійних сортів збільшується в середньому в 1,52 рази – від 14,0% до 21,3%, а умовний вихід лубу – в 2,4 рази.

Без зрошення найвищий вихід лубу забезпечують сорти льону олійного Лірина – 318 кг/га, Айсберг – 293 та Орфей – 266 кг/га, а при зрошенні Орфей – 763 кг/га, Надійний – 711 та Лірина – 674 кг/га.

4. В умовах півдня України, при вирощуванні за зональною технологією, сорт льону-довгунця Глінум набуває ознак олійних сортів та погіршує технологічні властивості соломи. Без зрошення та при зрошенні він за насінневою продуктивністю на 36,6 та 44,5% поступається сортам олійного призначення, однак переважає їх за урожайністю соломи в 1,42 та 1,33 рази.

5. Наявний сортовий склад льону олійного за сукупністю технологічних показників соломи поступаються сорту льону-довгунця Глінум. Відмінність будови стебла у сортів різного призначення полягає в суттєвому збільшенні в прядивних – порожнини та паренхіми, при меншій частці серцевини та деревини. За умов зрошення проявляються анатомічні переваги стебел олійних сортів у розмірі, кількості та розвиненості волокнистих пучків та елементарних луб'яних волокон. Сорти олійного та прядивного спрямування відрізняються співвідношенням маси насіння та стебла, що змінюється у олійних сортів від 1,35 до 1,61 та у прядивних – від 3,09 до 3,90, відповідно умовам зволоження. Більшою є часткою соломи у сортів Надійний, Лірина, Ручеек, а при зрошенні – у сортів Надійний, Орфей та Ківіка. Зміщення вирощування льону олійного із Півдня на Північ зумовлює зменшення співвідношення стебло/насіння, збільшення в стеблах вмісту лубу та його міцності, що підвищує цінність соломи як сировини.

РОЗДІЛ 6

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Пріоритети оцінки та вимоги до продукції отримуваної із льону культурного, зумовлюють відмінності в технологіях збирання. Сорти олійного призначення збирають аналогічно зерновим колосовим культурам – прямим комбайнуванням або двофазним способом [105, 157, 424]. Збирання льону-довгунця спрямоване на максимальне збереження стебла та переважно передбачає висмикування стебел із ґрунту (спеціальної технологічної операції «брання» рослин). В цій зоні за такою технологією можливе збирання льону олійного [327], що є неможливим в інших регіонах через її відсутність таких засобів.

Технологія подвійного використання льону олійного повинна забезпечувати максимальне збереження маси та технологічних властивостей, як насіння, так і стебел рослин, оскільки за традиційного збирання спостерігаються значні втрати [297]. Роботами І. М. Дударєв, В. А. Сай та інших учених, обґрунтовані різні технології та засоби для збирання льону олійного, що передбачають використання стеблової маси для технічного використання [106, 326].

Щоб отримати високий номер льняної тести льон-довгунець слід почати збирати у ранню жовту стиглість, щоб закінчити збирати не пізніше жовтої стиглості [135]. При вирощуванні льону олійного дотримуються іншої методики визначення оптимальних строків збирання. При застосуванні двофазної технології, скошування розпочинають при дозріванні 50–75% коробочок, що збігається із часом досягнення найвищої маси 1000 насінин. Збирання прямим комбайнуванням здійснюють при вологості насіння не вище 15% – коли стан вологості стебел допускає якісне скошування та обмолот. Це відповідає фазам відповідно пізньої жовтої та повної стиглості.

Дослідженнями, проведеними в ННЦ «Інститут землеробства» НААН

встановлено, що найвищий вихід волокна сортами льону олійного забезпечувався, аналогічно як у льону-довгунця, при збиранні у фазі жовтої стиглості [239].

6.1 Відмінності структури стеблостою культури внаслідок застосування десикантів та способів збирання урожаю

Можна передбачити, що скошування льону олійного у фазі жовтої стиглості у валки або проведення десикації позитивно відображається на якості волокна, порівнюючи із його збиранням у фазі повної стиглості або за перестою, а висота скошування буде безпосередньо визначати втрати маси стебел. Такі особливості пов'язані із розподілом окремих частин льону по висоті стеблостою (додатки Ж.1, Ж.2). За умов природного зволоження внесення добрив зумовлює збільшення частки стебла в зоні його технічної довжини у середньому на 1,37 та 0,34 в.п. відповідно при вирощуванні культури із міжряддями 15 та 45 см. В цілому частка стебел в масі рослин зростала на 2,17 та 0,92 в.п. Репродуктивні органи, незалежно від досліджуваних факторів, зосереджувалися в шарах вище 25 см. Сівба культури з міжряддям 45 см, та удобрення зумовлювала певне зниження висоти розташування репродуктивної частини рослин та більш щільне її розташування по профілю.

При зрошенні, на удобреному фоні, частка стебел у масі рослини при міжрядді 15 см не змінювалася, тоді як на широкорядних посівах зросла на 0,95 в.п. Репродуктивні органи розміщувалися на посівах із міжряддям 15 см вище 25 см, проте на широкорядних посівах зосереджувалися, розпочинаючи із шару 20–25 см. Удобрення не впливало на розташування репродуктивних органів, але при міжряддях 45 см розміщення їх було вищим. Таким чином, центр маси репродуктивних органів під впливом досліджуваних факторів коливався в межах 36–38 см. В зоні мінімальної висоти скошування (0–10 см)

розташовується від 10 до 12,9% маси рослин, що складає від 16,7 до 23,3% маси стебла. За сівби із міжряддями 45 см формуються гірші умови для збирання і використання соломи льону олійного.

На структуру маси впливали також строки сівби і загущення рослин (додатки Ж.3, Ж.4). Зміщення часу сівби від набуття ґрунтом стану фізичної стиглості на 20 діб зумовлювало зменшення в біологічній масі частки соломи – в середньому на 1,53 в.п. та збільшення частки насіння – на 0,66 та 0,87 в.п., відповідно строкам. Внаслідок формування більш високорослих рослин при ранній сівбі стеблова маса розташована більш видовжено за профілем стеблостою, тому в зоні зрізу було зосереджено 11,8% стебел, проти 15,4% при висіві через 20 діб.

Збільшення норми висіву із 4 до 8 та 12 млн шт./га, зумовлювало збільшення частки соломи на 0,38 та 0,32 в.п., а половини на – 0,36 та 0,76 в.п., при зменшенні частки насіння на 0,74 та 1,07 в.п. Більша різниця між варіантами різних норм висіву спостерігалися у перший строк сівби, порівнюючи із останнім. Тому ранні строки сівби і вищі норми висіву є більш сприятливими для технології подвійного використанні культури.

Цілеспрямованій добір рослин на довге стебло чи переважно розвинені генеративні органи, зумовили різне співвідношення цих частин рослин (додаток Ж.5). У льону-довгунця Глінум спостерігається виражена перевага частка стебла, яке складає 61,2% без зрошення та 64% при зрошенні, порівнюючи із олійним сортом Айсберг – відповідно із 48,1 та 43,0%. При цьому частка насіння має зворотну закономірність. Вищою вона була у олійного сорту Айсберг 36,1 та 35,1% відповідно умовам вологозабезпечення, порівняно із 18,1 та 16,6% у сорту льону-довгунця Глінум.

Переваги у довжині стебла льону-довгунця більше проявилось на фоні зрошення. В зоні потенційного скошування рослин (0–10 см), без зрошення було зосереджено 14,5% маси стебел у сорту Айсберг, та 13,7% у сорту Глінум. При зрошенні частка стебел в зоні зрізу зменшилася, і складала 12,0 та 10,7%, відповідно.

Перед обмолотом, унаслідок скошування стеблостою, при формуванні валка, стеблова маса зменшувалася в середньому на 22,5% (рис. 6.1).

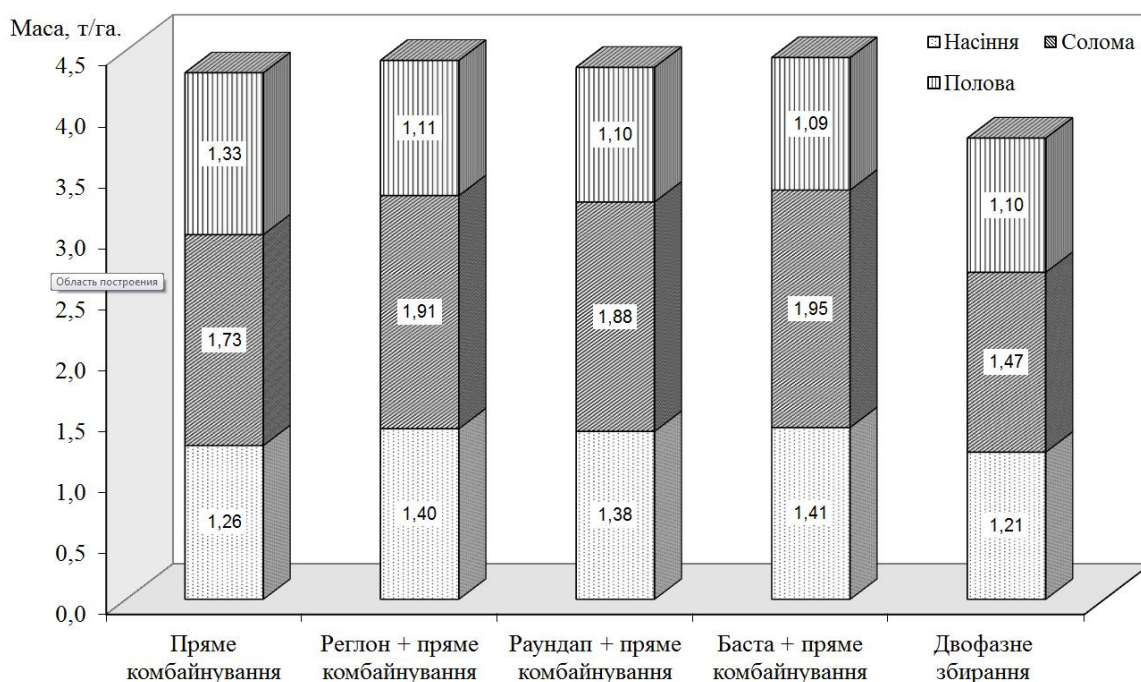


Рис. 6.1 Біологічна маса льону сорту Південна ніч перед обмолотом, т/га (середнє за 2009–2013 рр.)

Спостерігалось зменшення частки насіння, що могло бути пов'язано із прямими втратами коробочок, тоді як маса полови залишалася на попередньому рівні. Внаслідок десикації відбувалося зменшення маси полови, що було зумовлене більш швидким відмиранням листкової маси, порівняно із дозріванням рослин на кореню. Вплив препаратів для підсушування на біологічну масу рослин був у межах похибки дослідів.

6.2 Вологовіддача посівів льону за різних технологій збирання культури

Однією із головних проблем при збиранні льону є неодноразове фізіологічне і технологічне дозрівання рослин, та можливість повторного відновлення вегетації. За оптимальної для обмолоту вологості вороху (16–18%)

у стебел вона може перевищувати 60%. При повній стиглості коробочок вологість стебел складає 37–40%. Тому до скошування у валки приступають при дозріванні 75% коробочок, за таких умов вологість насіння складає 20–25%, коробочок – 40–45%, а стебел – понад 60% [411].

Тому для запобігання втрат врожаю і забезпечення високої якості рекомендують роздільний спосіб збирання льону олійного із висушуванням всієї біомаси до обмолочування валка або обробіток посівів десикантами із проведенням цих операцій у фазі завершення наливу насіння [105].

У фазі пізньої жовтої стиглості, на час проведення робіт по збиранню культури, вологість окремих органів рослин залежала від повноти дозрівання (додаток Ж.6).

У роки, коли спостерігалось поновлення вегетації вологість стебел, коробочок та насіння була вищою, порівнюючи із роками коли відбувалось повне припинення вегетації. Незалежно від стану посівів вищою була вологість стебел, у середньому по досліді – 60,0 та 51,4%, та коробочок – 38,6 та 32,7%. Вологість насіння при цьому становило відповідно 30,4 та 28,0%.

Унаслідок штучного висушування маси у хімічний спосіб чи скошуванням у валки спостерігалось прискорення втрат вологи, порівнюючи із висиханням посіву на кореню. Так, вологість коробочок на 12 добу спостереження при проведенні десикації Реглон Супер (3 л/га) складала 10,3%, Раундап (3 л/га) 13,5% Баста (2 л/га) 10,5%, тоді як за скошування маси у валок вологість коробочок знизилася до 14,3% проти 19,6% на контролі без обробки. Подібна ситуація складалася і в роки повного дозрівання льону олійного. Вологість коробочок, завдяки проведенню десикації, була на 1,8–4,2 в.п. нижчою, а при скошуванні у валки на 0,9 в.п. нижчою порівнюючи із контролем.

Судячи із вологості насіння, сприятливі умови для обмолоту льону олійного формуються не раніше чотирьох діб від проведення обробки посівів десикантами. У роки коли спостерігалось подовження вегетації льону відбувається зміщення даного строку на 1–2 доби. Найбільш ранні строки збирання забезпечує десикація посівів препаратами Баста 2 л/га та Реглон

Супер 3 л/га. Обробка посівів Раундап 3 л/га та скошування посівів у валки за прискоренням дозрівання є близькими, проте технологічно ефективнішим є десикація, оскільки зменшує вплив на збирання надходження опадів.

Незалежно від умов року та технології збирання в часі спостерігається сповільнення процесу втрати вологи рослинами (рис. 6.2 та 6.3).

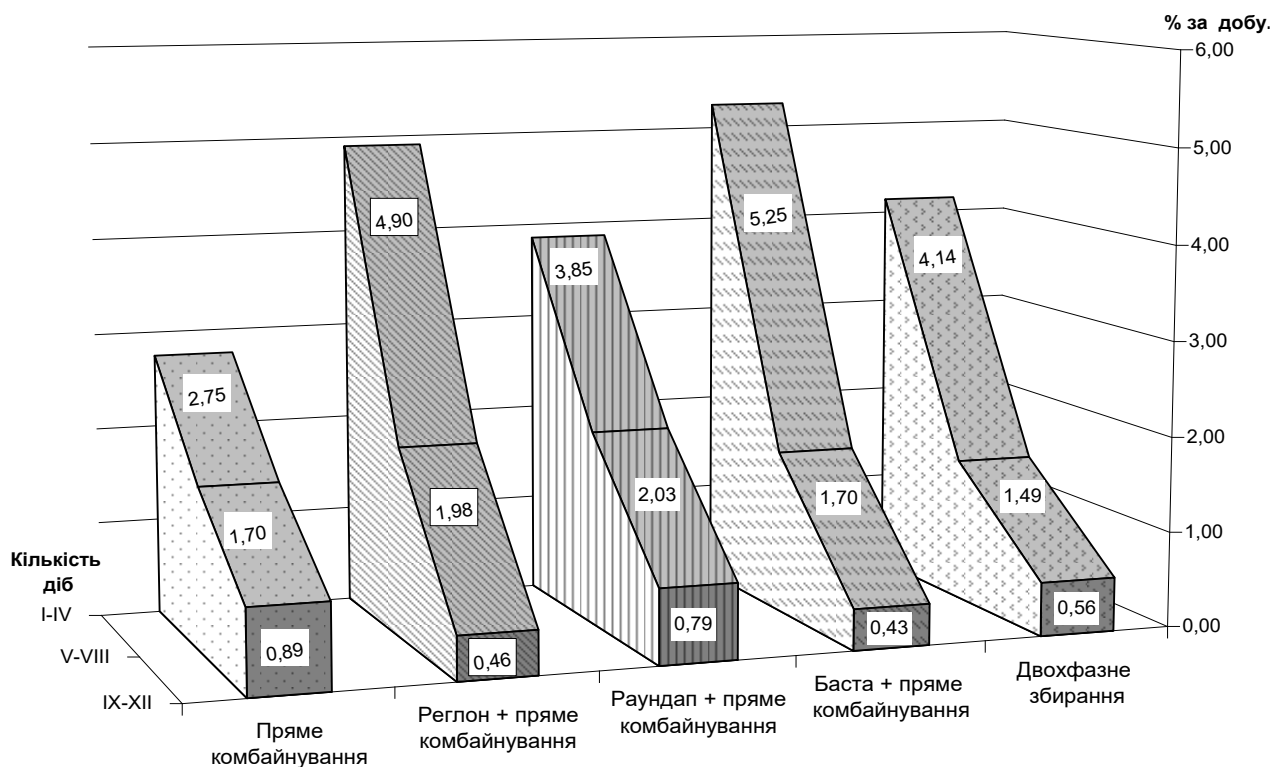


Рис. 6.2 Добові втрати вологи рослинами льону олійного сорту Південна ніч за звичайних умов завершення вегетації, %/добу

Десикація та скошування посівів у валки, якщо спостерігалось поновлення вегетації культури, значно прискорює процес, порівнюючи із роками, звичайного їх визрівання. Цим зумовлена висока потреба в проведенні десикації у роки, коли погодні умови провокують дозріваючі рослини до нової хвилі формування репродуктивних органів.

За умов, сприятливих для завершення вегетації протягом перших 4 діб найвищими були втрати вологи посівами при проведенні десикації препаратами Баста 2 л/га та Реглон Супер 3 л/га – відповідно 5,25 та 4,9% за добу, що в 1,91 та 1,78 рази швидше, ніж при визріванні рослин на кореню та в 1,27 і 1,18 рази скоріше, ніж при скошуванні маси у валки. У подальшому темпи втрати вологи

сповільнилися до 1,7 та 1,98% за добу, а різниця між окремими варіантами зменшилася.

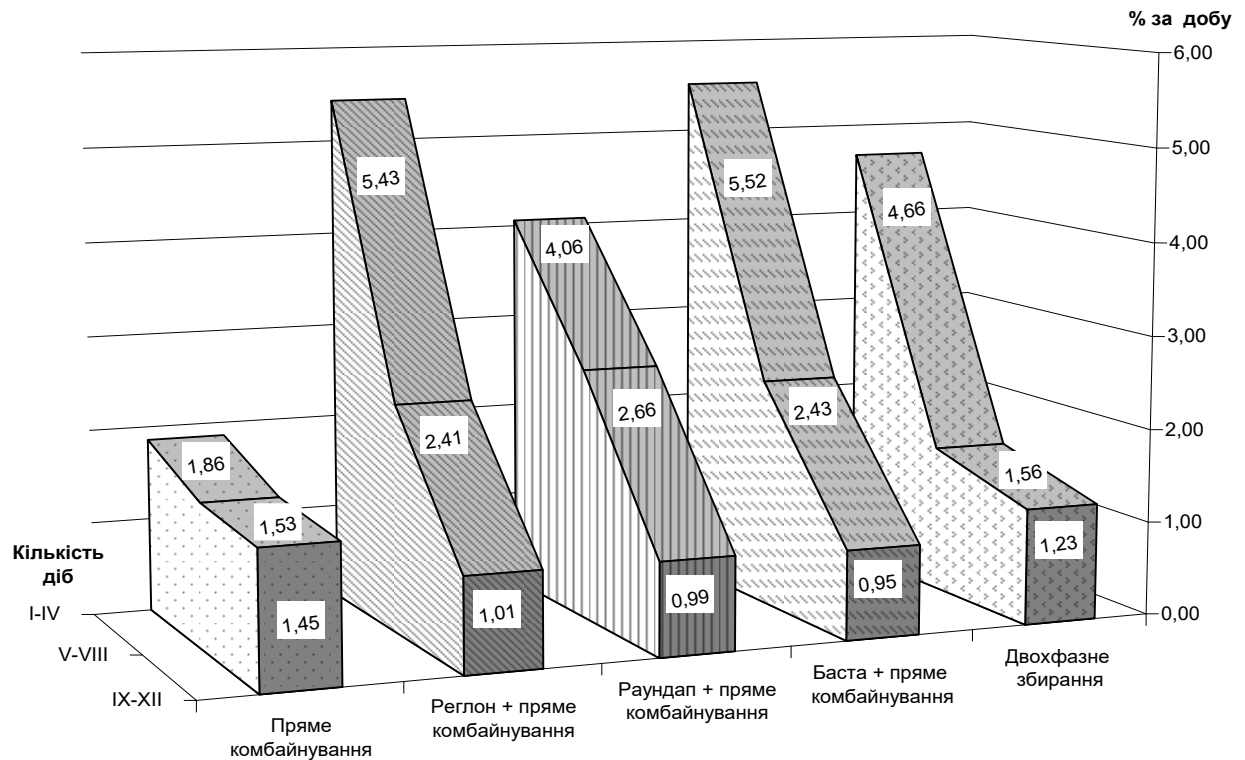


Рис 6.3 Добові втрати вологи рослинами льону олійного сорту Південна ніч за умов поновлення вегетації культури, %/добу

Особливістю років, коли спостерігалось поновлення вегетації льону олійного, було зменшення добових втрат вологи дозріваючими на кореню посівами в 1,48 та 1,11 рази відповідно за перші та наступні чотири доби. За швидкістю зневоднення, відразу після обробки, виявлялися переваги проведення десикації препаратами Баста 2 л/га та Реглон Супер 3 л/га. Добові втрати вологи складали 5,52 та 5,43% за добу протягом перших чотирьох діб та відповідно 2,43 та 2,41% протягом наступного облікового періоду.

За таких умов при десикації посівів Раундап 3 л/га зневоднення рослин до стану сприятливого для збирання, відбувалося швидше на 0,5% за добу, ніж при скошуванні у валки, хоча за перші чотири доби втрати вологи були вищими саме у скошених у валки рослин.

Біологічною особливістю льону є нерівномірність втрати вологи окремими органами рослини, стебло – найбільш тривалий час залишається

вологим, зумовлюючи проблеми при збиранні. Поновлення вегетації впливає на швидкість природного висушування усіх органів рослин (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

**Швидкість втрати вологи окремими органами рослин льону сорту
Південна ніч за різних технологій збирання культури, % за добу
(середнє за 2009–2013 рр.)**

Діб після обробки	Технологія збирання (А)				
	пряме комбайнування				двофазне збирання
	без обробки	Реглон Супер (3 л/га)	Раундап (3 л/га)	Баста (2 л/га)	
У роки поновлення вегетації культури (2010; 2013)					
Насіння					
4	2,2	3,0	1,9	3,1	2,1
8	1,0	2,0	2,2	2,0	1,7
12	1,3	0,3	0,4	0,2	0,8
Коробочки					
4	2,1	4,1	2,8	4,2	3,4
8	1,7	2,1	2,3	2,2	1,7
12	1,1	0,9	0,9	0,7	1,0
Стебла					
4	1,1	7,1	5,6	7,1	6,5
8	1,3	2,8	3,0	2,7	1,3
12	2,0	1,1	1,1	1,3	1,7
У роки звичайного завершення вегетації (2009; 2011; 2012)					
Насіння					
4	2,9	4,1	3,5	4,2	3,5
8	0,7	0,6	1,0	0,4	1,0
12	0,9	0,0	0,1	0,1	0,3
Коробочки					
4	2,6	4,3	3,0	4,4	3,4
8	1,7	1,4	1,8	1,3	1,4
12	0,6	0,1	0,3	0,1	0,2
Стебла					
4	2,9	5,6	4,8	6,2	5,0
8	1,8	2,5	2,2	2,1	1,7
12	1,2	0,9	1,3	0,8	1,0

Незалежно від умов найбільш рівномірно відбувалася втрата вологи насінням, тоді як зневоднення стебел рослин, що відновлювали вегетації відбувалося значно повільніше. Так, якщо в середньому різниця втрат вологи насінням в роки із різними умовами не перевищувала 1,4%, то підсихання стебел за таких умов різнилося на 36,1%.

Така особливість зумовлена фізіологічною природою втрат вологи насінням в процесі його дозрівання, тоді як механічна та транспортуюча функції стебла зумовлені життєдіяльністю рослини в цілому. Найвищі темпи втрати вологи, незалежно від умов дозрівання, забезпечувала десикація посівів у фазі пізньої жовтої стиглості препаратами Баста (2 л/га) та Реглон Супер (3 л/га). Ефективність десикації Раундап (3 л/га), та скошування рослин у валки, за швидкістю зневоднення були співставними, однак за різних способів збирання існують ризики негативного впливу погодних умов, які зумовлюють технологічну перевагу проведення десикації.

6.3 Вплив технології збирання на урожайність та якість продукції льону

Умови дозрівання культури та технологія збирання зумовлюють відмінності в урожайності та якості продукції (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Елементи структури врожаю льону олійного сорту Південна ніч залежно від технології збирання (середнє за 2009–2013 рр.)

Показники	Технологія збирання				
	пряме комбайнування				двофазне збирання
	без обробки	Реглон Супер 3 л/га	Раундап 3 л/га	Баста 2 л/га	
Урожайність, т/га	1,26	1,40	1,38	1,41	1,21
Коливання НІР ₀₅ від 0,06 до 0,08					
Маса 1000 насінин, г	6,55	6,58	6,57	6,63	6,56
Коливання НІР ₀₅ від 0,15 до 0,41					
Кількість насіння в коробочці, шт.	7,22	7,21	7,25	7,20	7,25
Коливання НІР ₀₅ від 0,19 до 0,23					
Кількість коробочок на рослині, шт.	7,04	6,84	6,82	6,87	6,37
Коливання НІР ₀₅ від 0,35 до 0,43					
Маса насіння із однієї рослини, г	0,333	0,324	0,325	0,328	0,303
Біологічна урожайність перед обмолотом, т/га	1,43	1,43	1,40	1,44	1,31
Умовні втрати насіння при обмолоті, т/га	0,17	0,03	0,02	0,03	0,10

Найвищу урожайність в досліді, в середньому по фактору, отримано за умов проведення десикації – 1,4 т/га, проти 1,26 – при прямому комбайнуванні, та 1,21 т/га – при роздільному збиранні. У більшості років достовірно вищою була урожайність насіння при прямому комбайнуванні, проте в 2010 році таке спостерігалось при роздільному збиранні культури. В окремі роки досліджень та в середньому відмінність між варіантами, де застосовувалися різні десиканти була меншою за HP_{05} .

Перед обмолотом маси вона була зумовлена як випадковим чинникам так і втратами при скошуванні та обмолоті чи в процесі дозрівання. Під впливом досліджуваних факторів маса 1000 насінин змінювалася в межах від 6,55 до 6,63 г, що менше HP_{05} . Аналогічно недостовірною була відмінність між кількістю насіння в коробочці, де коливання були в межах 7,2–7,25 шт. Середня кількість коробочок на рослині змінювалася від 7,04 шт./рослину на контрольному варіанті, до 6,37 при двофазному збиранні, що було зумовлено закономірними їх втратами під час скошування маси у валки. Різниця в кількості коробочок між ділянками дозрівання рослин на кореню та хімічного підсушування не перевищувала HP_{05} , тоді як між ними та при двофазному збиранні – була достовірною.

Відмінність між варіантами застосування окремих десикантів була в межах похибки досліді. Внаслідок зазначеного найбільшою була маса насіння із однієї рослини при прямому комбайнуванні – 0,33 г, та при застосуванні десикації – 0,324–0,328 г, а найменшою – при двофазному збиранні – 0,303 г.

При двофазному збиранні біологічний урожай перед обмолотом культури був на 7–10% нижчим, ніж при прямому комбайнуванні та застосуванні десикації, тоді як відмінність між варіантами хімічного підсушування не перевищувала 3%. Порівняння біологічного та облікованого урожаю свідчить, що найвищі умовні втрати насіння при обмолоті спостерігалися при прямому комбайнуванні – 0,17 т/га та при двофазному збиранні – 0,1 т/га, тоді як при застосуванні десикації вони склали 0,02–0,03 т/га.

Найвищу урожайність соломи, на рівні 1,88–1,95 т/га, забезпечувало обмолочування посівів після застосування десикації (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

**Вплив технології збирання на урожайність соломи льону олійного сорту
Південна ніч (середнє за 2009–2013 рр.)**

Показники	Технологія збирання				
	пряме комбайнування				двофазне збирання
	без обробки	Реглон Супер 3 л/га	Раундап 3 л/га	Баста 2 л/га	
Урожайність, т/га	1,73	1,91	1,88	1,95	1,47
Коливання НІР ₀₅ від 0,07 до 0,14					
Коефіцієнт солома/насіння	1,37	1,37	1,37	1,38	1,22
Частка соломи в наземній біомасі, %	37,9	40,2	40,1	40,9	36,7
Діаметр, мм.	1,83	1,82	1,82	1,84	1,82
Коливання НІР ₀₅ від 0,06 до 0,08					
Довжина жмені, см	32,8	33,3	32,9	33,9	28,9
Коливання НІР ₀₅ від 1,14 до 1,36					
Вміст лубу в стеблах (до обмолоту), %	16,3	16,8	16,4	16,4	17,3
Коливання НІР ₀₅ від 0,31 до 0,57					
Вміст лубу в соломі (після обмолоту), %	17,5	18,0	17,8	17,6	18,5
Коливання НІР ₀₅ від 0,46 до 0,88					
Міцність лубу, даН (кг/с)	6,5	7,6	7,8	7,5	7,3
Коливання НІР ₀₅ від 0,29 до 0,4					

Відмінності між варіантами використання різних препаратів були в межах похибки дослідження. За природнього дозрівання льону на кореню урожайність соломи була у середньому на 9,6% меншою, проте при двофазному збиранні зменшення досягало 23,2%.

Втрати продукції під час збирання зумовлювали різне співвідношення між соломною та насінням. Найбільш вузьким воно було за технології двофазного збирання – 1,22, а за прямого комбайнування, незалежно від природного чи хімічного способу підсушування маси, було стабільним і складало 1,37–1,38.

Більш об'єктивно рівень втрат стеблової маси під час збирання відображає співвідношення соломи до загальної наземної маси. При дозріванні

льону на кореню втрати стебел зростали в середньому на 2,5 в.п. Це могло бути зумовлено вищою вологістю стеблової маси на час обмолоту. При двофазному збиранні частка соломи у загальній наземній масі була найнижчою в досліді 36,7%, що на 1,2 в.п. менше, ніж при прямому комбайнуванні.

Досліджувані технології збирання не впливали на діаметр стебел, відмінність між окремими варіантами не перевищували 0,02 мм та були меншими за НІР₀₅. Проте довжина жмені, за абсолютними значеннями, була вищою при застосуванні десикації (32,9–33,9 см), при цьому різниця між ними та варіантом прямого комбайнування (32,9 см) – не досягала рівня НІР₀₅. Порівняно із двофазною технологією (28,9 см) при прямому комбайнуванні довжина жмені була достовірно вищою.

Перед обмолотом вміст лубу був вищим в стеблах льону скошеного у валки – 17,3, проти 16,5% в середньому по варіантах, де підсушування маси здійснювалося природним та хімічним способом на кореню. Відмінність між останньою групою варіантів була в межах похибки досліду. Така особливість зумовлена нерівномірністю розподілу волокон в стеблах льону по довжині, оскільки прикоренева частина стебла, що лишається як стерня, міститься менше волокон, ніж його середина.

Скошування та обмолочування маси зумовлювали втрати прикореневої частини стебла та його верхівки, де міститься менше лубу [367, 378]

Дана особливість, а також механічне пошкодження та втрати деревини стебла під час обмолоту, зумовлюють збільшення частки лубу в соломі в середньому на 1,2 в.п. Найбільше його за абсолютними значеннями містилося в соломі при двофазному збиранні 18,5%, що достовірно вище, ніж у варіантах прямого комбайнування та при проведенні десикації Баста 2 л/га. Різниця із іншими варіантами десикації була в межах похибки досліду.

Амплітуда коливань значень міцності лубу під впливом досліджуваних факторів складала 1,3 даН (кг/с). При цьому різниця між окремими варіантами була несуттєвою. Найнижчою була міцність лубу при прямому комбайнуванні льону за природного дозрівання на кореню – 6,5 даН (кг/с). При двофазному

збиранні міцність лубу була вищою на 0,8 даН (кг/с). Найвищу міцність лубу забезпечувало збирання льону олійного із застосуванням десикації, де відмінність між окремими препаратами була несуттєвою.

Максимальний умовний вихід лубу – 342–344 кг/га, забезпечувало збирання льону олійного прямим комбайнуванням на мінімальному зрізі після попередньої десикації посівів Реглон Супер (3 л/га) та Баста (2 л/га) (рис. 6.4).

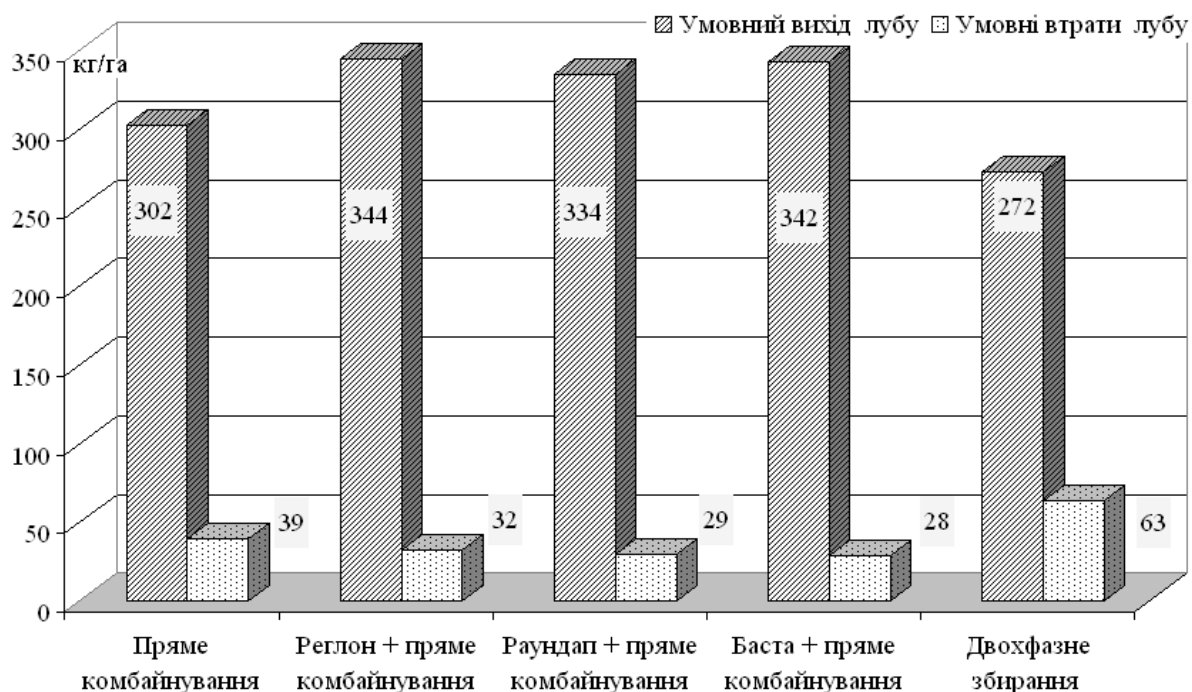


Рис 6.4 Умовні вихід та втрати лубу за різних технологій збирання льону олійного сорту Південна ніч, кг/га

Різниця відносно варіанту, де обробіток здійснювали Раундап (3 л/га) була в межах 2,4–3%. Порівняно із прямим комбайнуванням, варіанти, де відбувалося хімічне підсушування посівів, забезпечували вихід лубу вищий на 12,6%, а відносно скошування у валки – менший на 9,9%. Відповідно найбільші умовні втрати спостерігалися у варіанті двофазного збирання – 63 кг/га, а найнижчі – при десикації – 28–32 кг/га.

Однією із визначальних відмінностей стеблової маси льону-довгунця та олійного є те, що у останнього вона являє собою сильно сплутану дезорієнтовану сукупність цілих та пошкоджених стебел різної довжини. Однак, для зламу стебел в м'яльних парах бажано перпендикулярне розміщення

стебел до рифлів робочих органів [369].

Це потребує урахування рівня орієнтації стеблової маси (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

Орієнтація стебел льону олійного в рулоні

Сегмент відносно повздожньої лінії рулону (В)	Технологія збирання (А)				
	пряме комбайнування				двофазне збирання
	без обробки	Реглон Супер 3 л/га	Раундап 3 л/га	Баста 2 л/га	
Розташування стебел в рулоні, %					
0–10°	17,3	16,0	15,8	16,2	11,2
10–30°	27,3	27,5	26,7	27,2	28,8
30–50°	29,8	29,7	30,0	29,3	30,5
> 50°	25,5	26,8	27,5	27,3	29,5
НІР ₀₅	А – 1,2	В – 1,0	АВ – 2,3		
Середньозважений кут розташування стебел в сегменті та стандартне відхилення, °					
0–10°	5,1 (2,7)	5,5 (3,0)	5,4 (2,8)	5,3 (2,8)	5,7 (3,2)
10–30°	20,6 (5,8)	20,4 (5,7)	19,8 (5,7)	20,5 (5,8)	21,5 (5,8)
30–50°	40,6 (5,5)	40,6 (5,7)	40,8 (5,6)	40,3 (5,6)	41,4 (5,4)
> 50°	64,4 (9,0)	63,9 (9,8)	64,3 (9,3)	63,5 (9,0)	66,0 (9,7)
Середнє	32,6(21,9)	32,6(21,9)	32,6(22,1)	32,4(21,7)	33,7(21,8)

Дослідження свідчать, що в процесі скошування стебла розміщуються у валку хаотично, що впливає на їх орієнтацію в рулоні. За величиною кута відхилення, стебла було розділено на 4 групи: 0–10; 10–30; від 30–50 та понад 50° від перпендикуляра до центральної осі рулону в одну чи іншу сторони.

Кількість стебел із мінімальним відхиленням зростала з 11,2% – при двофазному збиранні, до 17,3% – на посівах, що дозрівали природнім шляхом. При застосуванні десикації частка таких стебел, у порівнянні із контролем, була меншою на 1,1–1,5 в.п.

При двофазному збиранні частка стебел в групах із відхиленням більше 10° була найвищою, порівнюючи із іншими варіантами.

При прямому комбайнуванні посівів, що дозрівали природнім шляхом, частка стебел, що відхилялися понад 50° була достовірно нижчою, ніж у варіантах із десикацією. У решті випадків, та між технологіями, які передбачали

хімічне підсушування рослин відмінності були в межах похибки досліду. Тобто внаслідок подвійного впливу скошування та обмолоту на масу рослин дезорієнтація стебел була найвищою.

В усіх групах розташування та в середньому, найбільшим середньозважений кут розміщення стебел був при двофазному збиранні культури. Відмінності між рештою варіантів були незначними і спостерігалися лише в межах окремих сегментів кута розташування. Представлені дані свідчать, що додаткова технологічна операція скошування із формуванням валка та його підбирання, збільшила хаотичність розташування стебел, зменшення частки тих, що розташовані вздовж роботи рулонного підбирача, що небажано для наступних технологічних операцій переробки соломи.

Особливості розподілу технічних волокон льону олійного за довжиною представлено в табл. 6.5.

Таблиця 6.5

Вплив технології збирання на розподіл технічних волокон за довжиною в соломі льону олійного сорту Південна ніч

Показники	Технологія збирання				
	пряме комбайнування				двофазне збирання
	без обробки	Реглон Супер 3 л/га	Раундап 3 л/га	Баста 2 л/га	
Частка волокон в групі довжиною:					
0–100 мм	32	32	32	31	37
100–200 мм	38	36	38	37	39
200–300 мм	23	23	23	26	22
>300 мм	7	9	7	6	2
середньозважена, мм	150	153	151	152	139
Стандартне відхилення (S)	92,4	93,8	89,9	90,5	80,7
Коефіцієнт варіації, % (V)	61,7	61,3	59,4	59,5	58,1
Масова частка волокон (%):					
до 200 мм	70	68	70	68	76
більше 200 мм	30	32	30	32	24
Засміченість, %	0,91	0,32	0,35	0,3	0,44

Зважаючи на морфологічні ознаки та особливості технології збирання,

волокно льону олійного значно коротше, та у більшості випадків не перевищує 300 мм. Незалежно від технології збирання, найбільшу частку займають волокна довжиною до 200 мм, із деяким домінуванням волокон фракції 100–200 мм. За двофазного збирання частка волокон 0–100 мм зростала на 5–6 в.п., відносно, як прямого комбайнування, так і десикації. Різниця між фракціями 100–200 та 200–300 мм була менш вираженою, та не перевищувала 4 в.п. У результаті середньозважена довжина волокон змінювалася від 139 мм, у варіанті двофазного збирання, до 150–153 мм – при прямому комбайнуванні із застосуванням та без застосування десикації.

У соломі льону олійного природно спостерігається значне коливання довжини волокон. Двофазне збирання льону олійного, зменшуючи середньозважену довжину волокон, зумовлює зменшення відхилень довжини технічних волокон відносно усіх інших варіантів. Тут показники варіювання були найменшими, стандартне відхилення становило 80,7, а коефіцієнт варіації склав 58,1.

Серед варіантів, де збирання відбувалося прямим комбайнуванням стандартне відхилення різнилося в межах до 4,3%, а різниця між значеннями коефіцієнту варіації не перевищувала 3,9%. Враховуючи, що із позиції виробничого застосування більш цінними є довші волокна кращим є збирання культури прямим комбайнуванням, що забезпечує вищу якість соломи та краще для технології перобки розташування стебел.

Важливим показником якості льоносоломки є присутність домішок, норма засміченості соломи льону не передбачена нормативними документами, проте для трести обмежена 5%. Залежно від технології збирання засміченість маси змінювалася від 0,3 до 0,91%, та була значно нижчою базисного рівня. Попередня десикація зумовлювала зменшення частки бур'янів у масі соломи у 2,6–3 рази, до найменших значень у досліді 0,3–0,35%. За двофазного збирання частка маси бур'янів була вищою – 0,44%.

Висновки до розділу 6

1. Пріоритети оцінки та вимоги до продукції отримуваної із льону культурного, зумовлюють відмінності в технологіях збирання льону-довгунця та олійного. Класичні технології збирання льону олійного не передбачають контроль втрат соломи при збиранні.

2. В зоні мінімальної висоти скошування (0–10 см) льону олійного розташовується від 10 до 12,9% маси рослин, що складає від 16,7 до 23,3% маси стебла. Зрошення, внесення добрив, ранні строки сівби та загушення, які сприяють збільшенню висоти рослин, зменшують частку маси, яка втрачається внаслідок скошування.

3. Під час збиральних робіт, вологість окремих органів льону олійного залежить від повноти дозрівання, що визначається наявністю продуктивної вологи, яка провокує відновлення вегетації культури. Десикація посівів льону олійного, або скошування у валки прискорює втрат вологи незалежно від погодних умов порівнюючи із висиханням посіву на кореню. Найшвидші втрати вологи посівами льону забезпечує десикація Баста (2 л/га) та Реглон Супер (3 л/га) у фазу пізньої жовтої стиглості.

4. Двофазне збирання або проведення десикації позитивно впливає на якість волокна, порівнюючи із збиранням прямим комбайнуванням. 5. Десикація посівів льону зменшує умовні втрати насіння та соломи при збиранні, зменшує засміченість соломи бур'янами та позитивно впливає на її фізико-механічні показники. Двофазне збирання збільшує дезорієнтацію стебел в рулоні. За наявного технічного забезпечення господарств півдня України збирання льону олійного подвійного призначення повинно передбачати десикацію посівів у фазі жовтої стиглості та скошування на мінімально можливій висоті зрізу, із укладанням соломи у валок для подальшого тюкування у рулони.

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНЕ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ПОДВІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ

В умовах формування ринкової економіки України змінюються вимоги щодо прийняття господарських рішень з питань організації та реалізації технологій виробництва. Значення абсолютних показників, які відображають об'єми виробництва зменшується, тоді як зростає роль критеріїв, що пов'язані із економічною результативністю, якістю та екологічною безпечністю підприємства [123, 251, 396]. Це потребує економічного аналізу та застосування спеціальних методів дослідження функціонування систем взаємопов'язаних економічних процесів та господарських комплексів, темпів, пропорцій, та тенденцій їх розвитку, виявлення глибинної суті окремих елементів технології, що спричиняють різні відхилення та впливи.

7.1 Агроекономічне обґрунтування виробництва основної та побічної продукції

Олійні культури складають основу аграрної економіки України, забезпечуючи як внутрішні потреби, так й формуючи експортний потенціал вітчизняного агропромислового комплексу. На думку фахівців у галузі економіки [387], головним напрямком підйому ефективності вирощування насіння олійних культур має стати зниження собівартості виробництва, в основному за рахунок зменшення частки загально виробничих витрат у загальній структурі собівартості продукції. Через високу ринкову ціну насіння льону, є предметом експорту, що зумовлює його прибутковість близьку до рівня соняшника. Не менш привабливі перспективи відкриваються для переробників льону, особливо для льонозаводів. Резервом підвищення

рентабельності може бути диверсифікація його виробництва, націленість на випуск різноманітних видів кінцевої продукції для споживачів різних галузей господарства України і зарубіжжя [332, 359, 388].

Економічний аналіз, на підставі розрахунку технологічних карт, демонструє, що найбільш витратними агротехнологічними заходами є зрошення та внесення мінеральних добрив. Безпосередньо додаткові витрати пов'язані із зрошенням складають близько 3,9 тис. грн/га. Застосування добрив нормою $N_{45}P_{30}K_{30}$ потребувало додатково 2,15 тис. грн/га, та 2,99 тис. грн/га за норми $N_{60}P_{45}K_{45}$ й 4,25 тис. грн/га при зростанні норми до $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Виробничі витрати, залежно від інтенсивності технології, змінюються в межах 5,72–11,8 тис. грн/га при вирощуванні культури в умовах природного зволоження та 10,8–17,0 тис. грн/га при зрошенні (рис. 7.1 та 7.2).

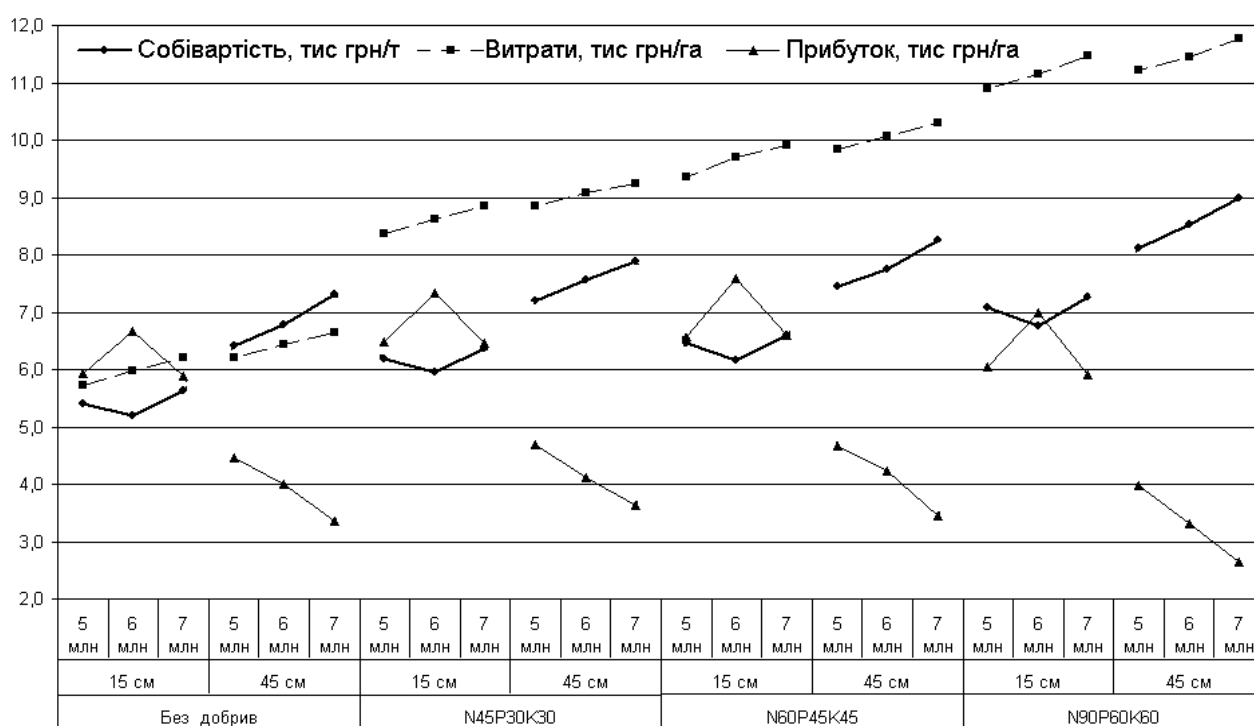


Рис. 7.1 Економічна ефективність заходів вирощування льону сорту Південна ніч в умовах природного зволоження (середнє за 2009–2013 рр.)

Закономірно, що внаслідок додаткових заходів більш витратним було вирощування льону олійного із міжряддям 45 см, та при зростанні норми висіву.

Розрахунки собівартості свідчать про її зростання внаслідок застосування усіх досліджуваних засобів інтенсифікації. Найбільш суттєво на собівартості відобразилися зміни ширини міжряддя культури та зрошення (див. рис. 8.2). В умовах природного зволоження, за сівби із міжряддям 15 см найменшу собівартість забезпечувала норма висіву 6 млн шт./га. В умовах зрошення на фоні внесення добрив такою була норма висіву 7 млн шт./га.

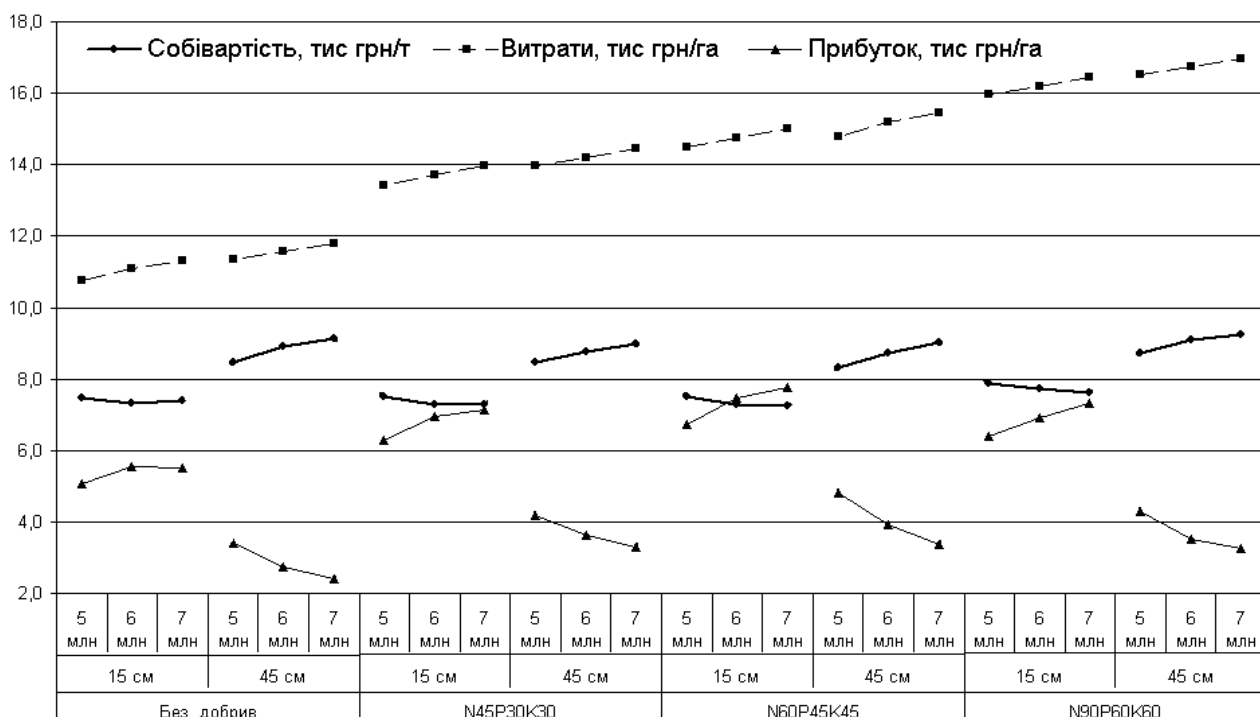


Рис. 7.2 Економічна ефективність заходів вирощування льону олійного сорту Південна ніч при зрошенні (середнє за 2009–2013 рр.)

Без зрошення, внесення мінеральних добрив сприяє стійкому зростанню собівартості насіння, тоді як при зрошенні такі зміни проявляються лише на максимальному фоні живлення.

Без зрошення величина прибутку змінювалася від 2,65 тис. грн/га на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ за сівби нормою 7 млн шт./га із міжряддям 45 см, до 7,58 тис. грн/га на фоні застосування $N_{60}P_{45}K_{45}$ й сівбі на 15 см нормою 6 млн шт./га. При зрошенні прибуток змінювався у межах від 2,40 тис. грн/га на контролі без добрив за сівби нормою 7 млн шт./га із міжряддям 45 см, до 7,78 тис. грн/га при застосуванні $N_{60}P_{45}K_{45}$ й сівбі на 15 см нормою 7 млн шт./га. У середньому, при зрошенні льону олійного та застосуванні добрив, виробничі

витрати зросли на 51,7%, собівартість збільшилася на 12,8 %, а прибуток – на 2,6 %.

Аналіз структури витрат свідчить про зростання, у ході посилення інтенсивності технологій вирощування льону, частки агрохімікатів – від 4,3 до 40,6 % (рис. 7.3).

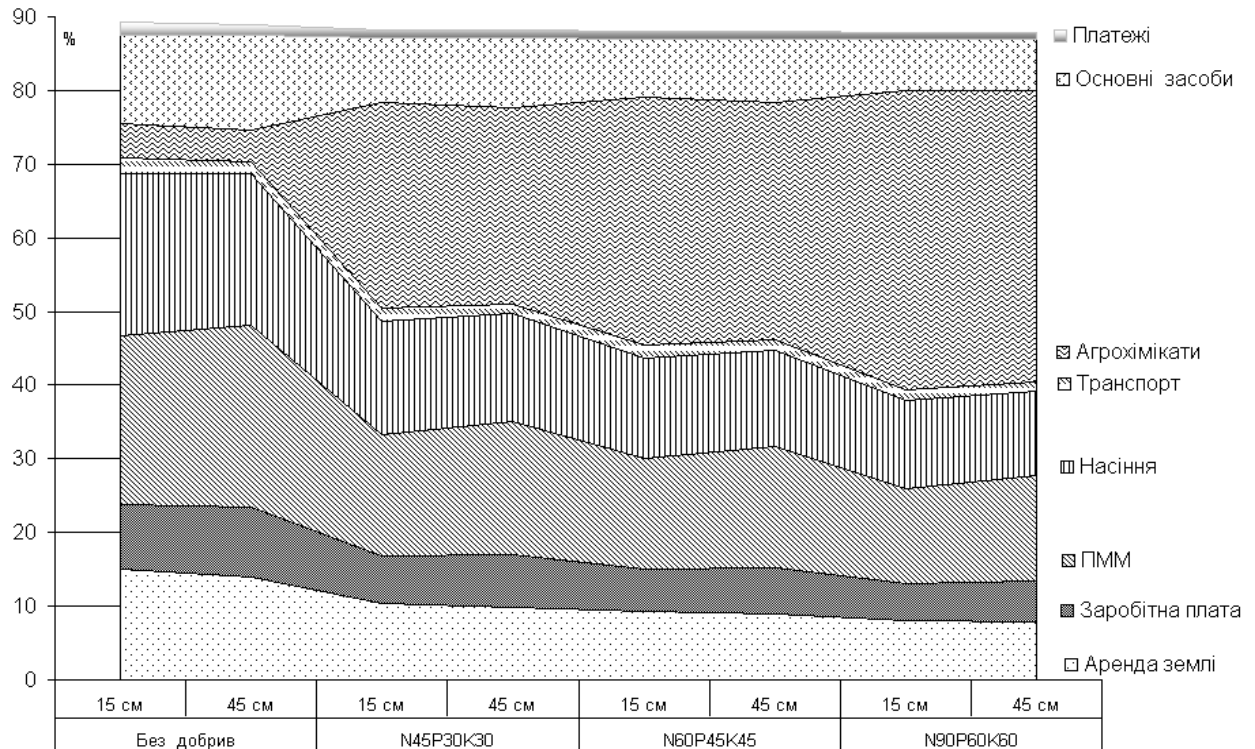


Рис. 7.3 Структура витрат при вирощуванні льону олійного сорту Південна ніч в умовах природного зволоження, %

Стабільно високою в структурі витрат є питома вага паливно-мастильних матеріалів – 12,6–25,6 %, та вартість якісного насіння – 9,8–25,0%, залежно від інших елементів технології. При посиленні інтенсивності технології питома часта заробітної плати зменшується від 4,9 до 9,9 %.

При зрошенні поява витрат на меліорацію, на фоні загального зростання, призводить до зменшення в структурі витрат інших статей видатків. Після агрохімікатів, питома вага яких становить 2,4–28,3%, другу позицію займають меліоративні витрати з питоמוю вагою в структурі витрат 19,5–12,4%. Частка витрат на паливно-мастильні матеріали, при посиленні інтенсивності технології, зменшується з 15,3% до 9,7%. Відповідно, заходи обґрунтування рівня мінерального живлення рослин, режиму зрошення та управління засобами

механізації є головними елементами оптимізації виробничих витрат при вирощуванні льону олійного (рис. 7.4).

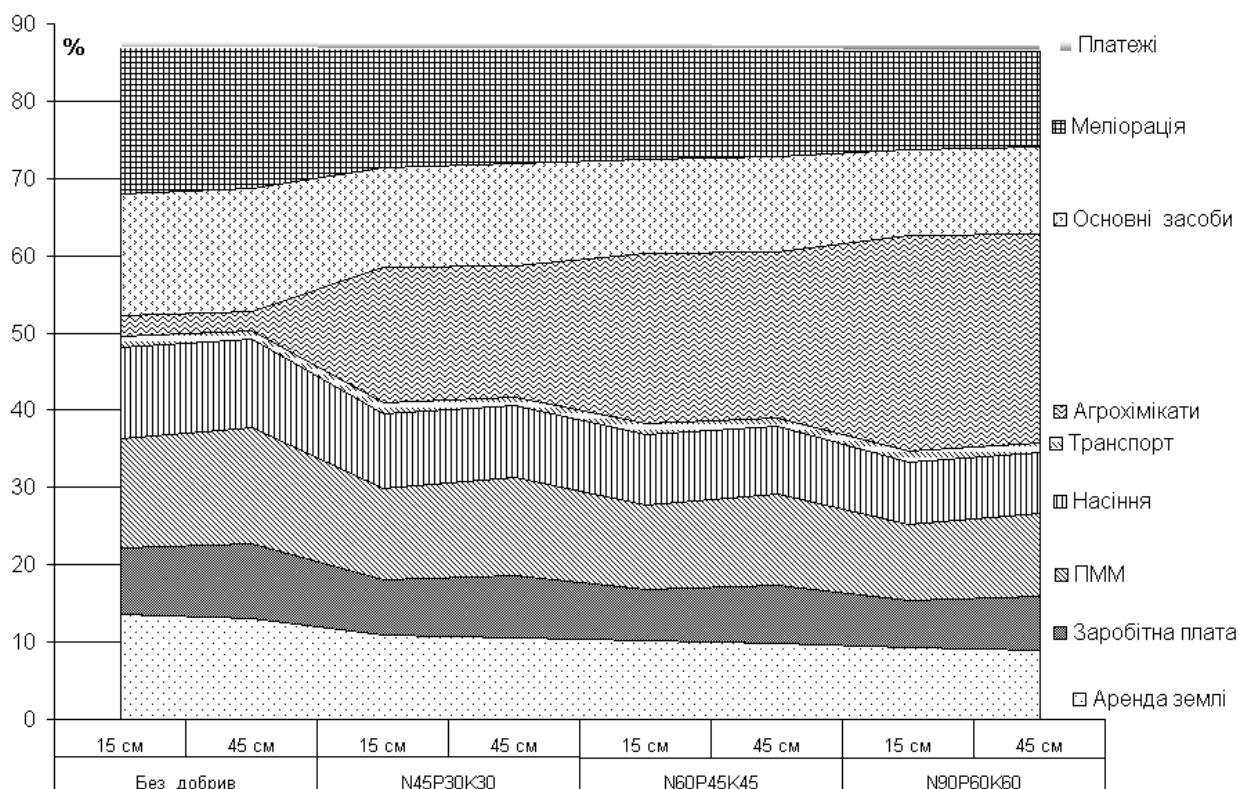


Рис. 7.4 Структура витрат вирощування льону олійного сорту Південна ніч при зрошенні, % (середнє за 2009–2013 рр.)

Економічний аналіз строків та норм висіву свідчить про значимість визначення строку сівби, що надає економічні переваги, хоча не потребує додаткових технологічних витрат. Вони зумовлені збиранням та транспортуванням додаткової продукції, а у більш пізній період із додатковим поверхневим обробітком ґрунту.

При збільшенні норми висіву на кожну градацію, витрати зростали у середньому на 46 грн/га. Собівартість насіння при перевищенні норми висіву понад 6 млн шт./га мала тенденцію до зростання. Тому найбільший прибуток 6,43 тис. грн/га був отриманий за сівби у ранній строк, (настання ґрунтом стану фізичної стиглості) за встановлення норми висіву 6 млн шт./га. Зміщення часу сівби на 10 діб спричиняло зменшення прибутковості до 5,95 тис. грн/га, на 20 діб – до 3,79 тис. грн/га (рис. 7.5).

Таким чином, звоління із сівбою понад 10 діб від набуття ґрунтом стану фізичної стиглості, спричиняє різке зменшення прибутковості вирощування культури. Структура виробничих витрат внаслідок зміни строків сівби не зазнає суттєвих змін. Проте при підвищенні норми висіву від 4 до 12 млн шт./га, питома вага витрат на насіння в структурі витрат зростає із 11,2 до 27,5%.

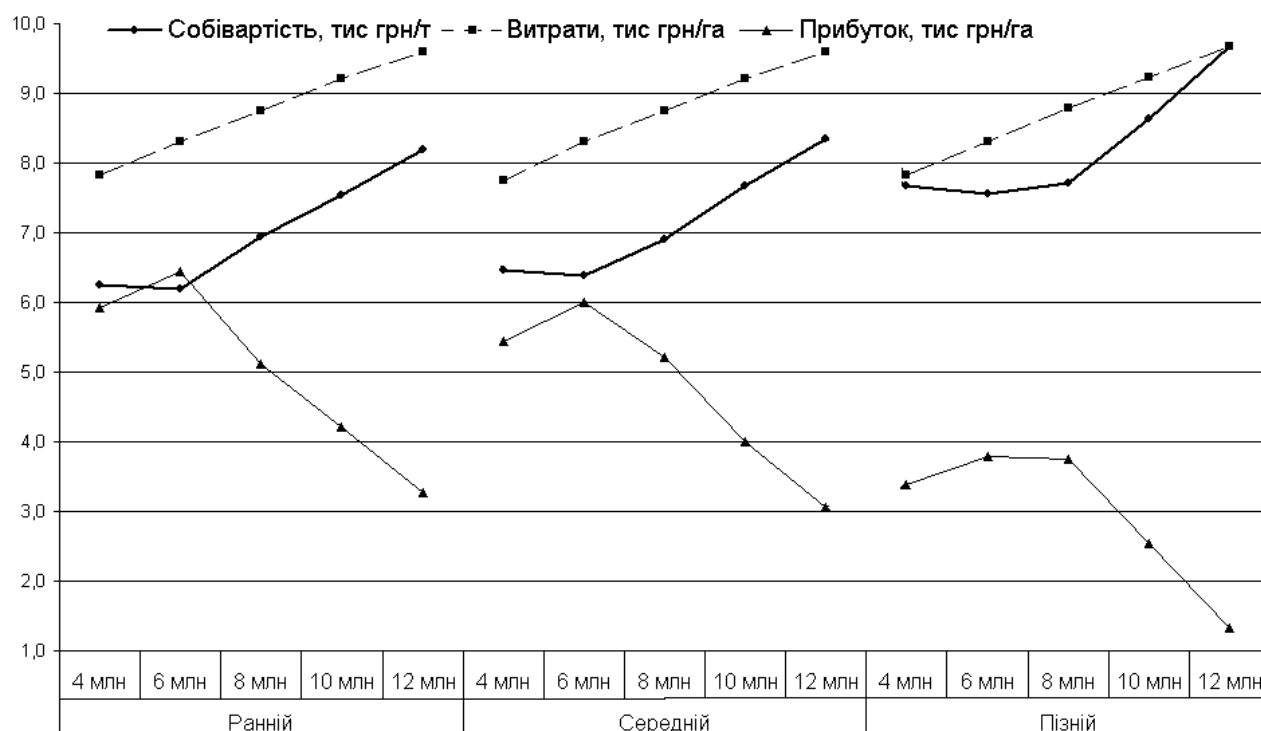


Рис. 7.5 Економічна ефективність вирощування льону сорту Південна ніч залежно від строків сівби та норм висіву (середнє за 2009–2013 рр.)

Економічний аналіз сортового складу культури свідчить про визначальне значення потенціалу їх урожайності. За однакових інших умов, сорти, що формували вищу урожайність насіння потребували більших витрат на вирощування, та забезпечували вищий прибуток і меншу собівартість насіння. В умовах природного зволоження найвищий прибуток забезпечувало вирощування сортів Айсберг, ВНІМК 620 – 6,88 тис. грн/га та Орфей – 6,78 тис. грн/га.

Встановлено, що серед олійних сортів найменший прибуток забезпечувало вирощування об'єктів із зміненим жиролійним складом сорту технічного використання зі підвищеним вмістом ліноленової кислоти

Золотистий – 4,36 тис. грн/га, та сорту харчового призначення із підвищеним вмістом олеїнової кислоти Ківіка – 5,26 тис. грн/га. При зрошенні краці економічні результати отримані при вирощуванні сортів Орфей, Айсберг, а також ВНІМК 620 та Лірина. Вони забезпечували отримання прибутку – 6,74; 6,63 та 6,41 тис. грн/га відповідно (рис. 7.6).

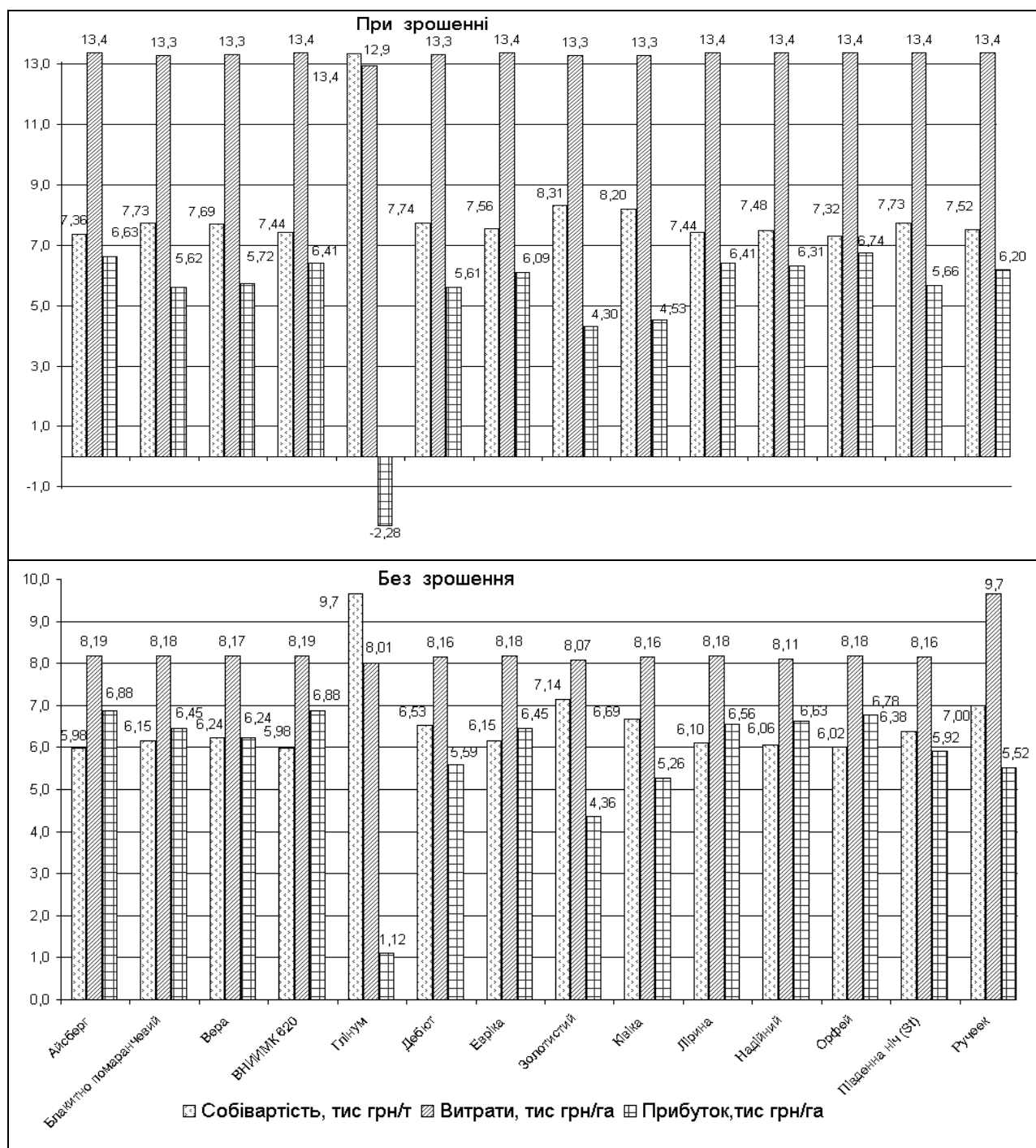


Рис. 7.6 Економічна ефективність вирощування сортів льону (середнє за 2009–2013 рр.)

Олійне використання сорту льону-довгунця Глінум є економічно недоцільним. В умовах природного зволоження собівартість його насіння була найвищою в досліді – 9,7 тис. грн/т, а прибуток склав 1,12 тис. грн/га. При зрошенні його собівартість склала 13,4 тис. грн/га, при цьому збиток від вирощування складав 2,28 тис. грн/га.

Схеми збирання льону потребують різних за кількістю та змістом технологічних заходів, що впливає на економічні результати (рис. 7.7). Тому різниця виробничих витрат між варіантами досліду була істотною та досягала 16,7%.

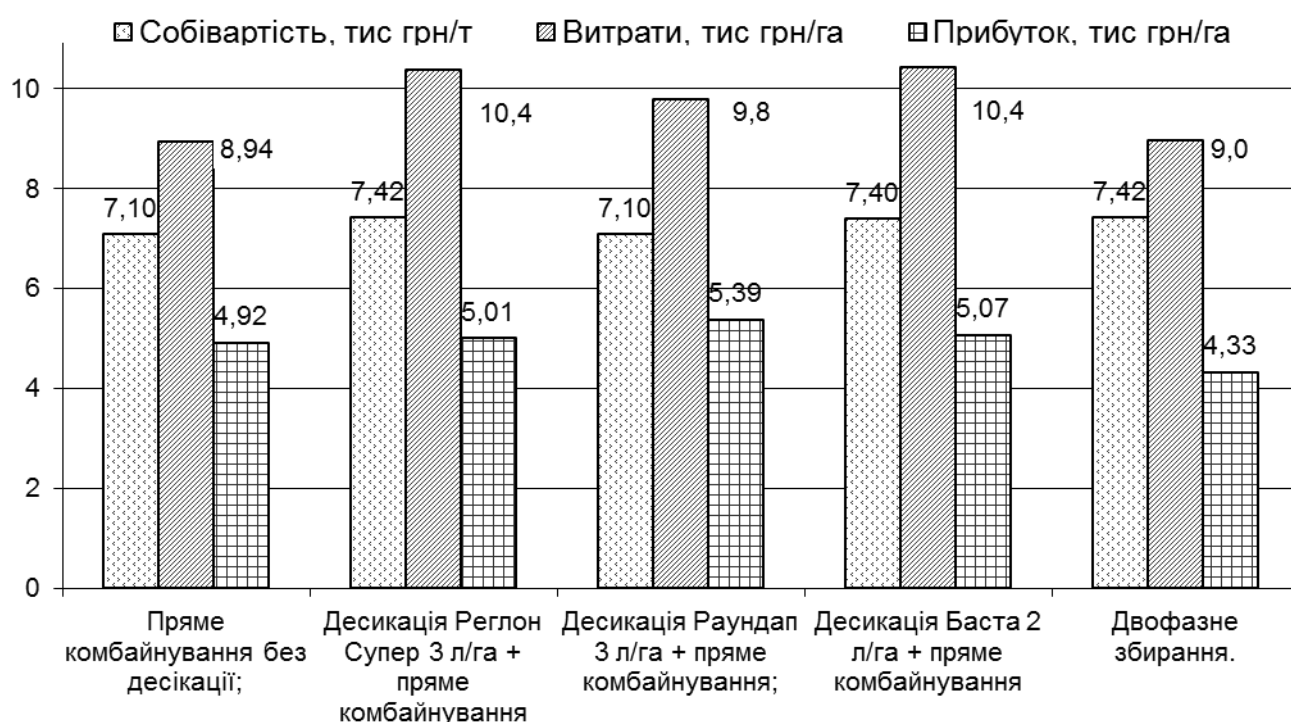


Рис. 7.7 Економічна ефективність вирощування льону сорту Південна ніч залежно від технології збирання (середнє за 2009–2013 рр.)

При вирощуванні льону олійного із збиранням прямим комбайнуванням без десикації, витрати склали 8,94 тис. грн/га. У випадку проведення двофазного збирання виробничі витрати зросли на 60 грн/га. Найбільш вартісним є вирощування льону олійного із застосуванням попередньої десикації.

При використанні для підсушування маси препаратів Реглон Супер (3 л/га) та Баста (2 л/га) витрати збільшилися до 10,4 тис. грн/га, а Раундап

(3 л/га) до 9,8 тис. грн/га, що було обумовлено переважно вартістю препарату. При цьому, собівартість вирощування льону змінювалася від 7,1 тис. грн/т у варіанті прямого комбайнування без обробки, та десикації Раундап (3 л/га) + пряме комбайнування до 7,42 тис. грн/т при двофазному збиранні. У підсумку максимальний чистий прибуток 5,39 тис. грн/га було отримано при десикації Раундап (3 л/га) + пряме комбайнування, а найменший при двофазному збиранні – 4,19 тис. грн/га. Різниця у величині прибутку між варіантами застосування для десикації різних препаратів не перевищувала 7,5%.

Застосування десикації не спричиняло значні зміни в структурі витрат (рис. 7.8). Проте питома вага в структурі матеріальних витрат на агрохімікати збільшувалася з 28,7 до 30,8–34,2%, а паливно-мастильних матеріалів – зменшилася з 17,8 до 16,2–17,2%.

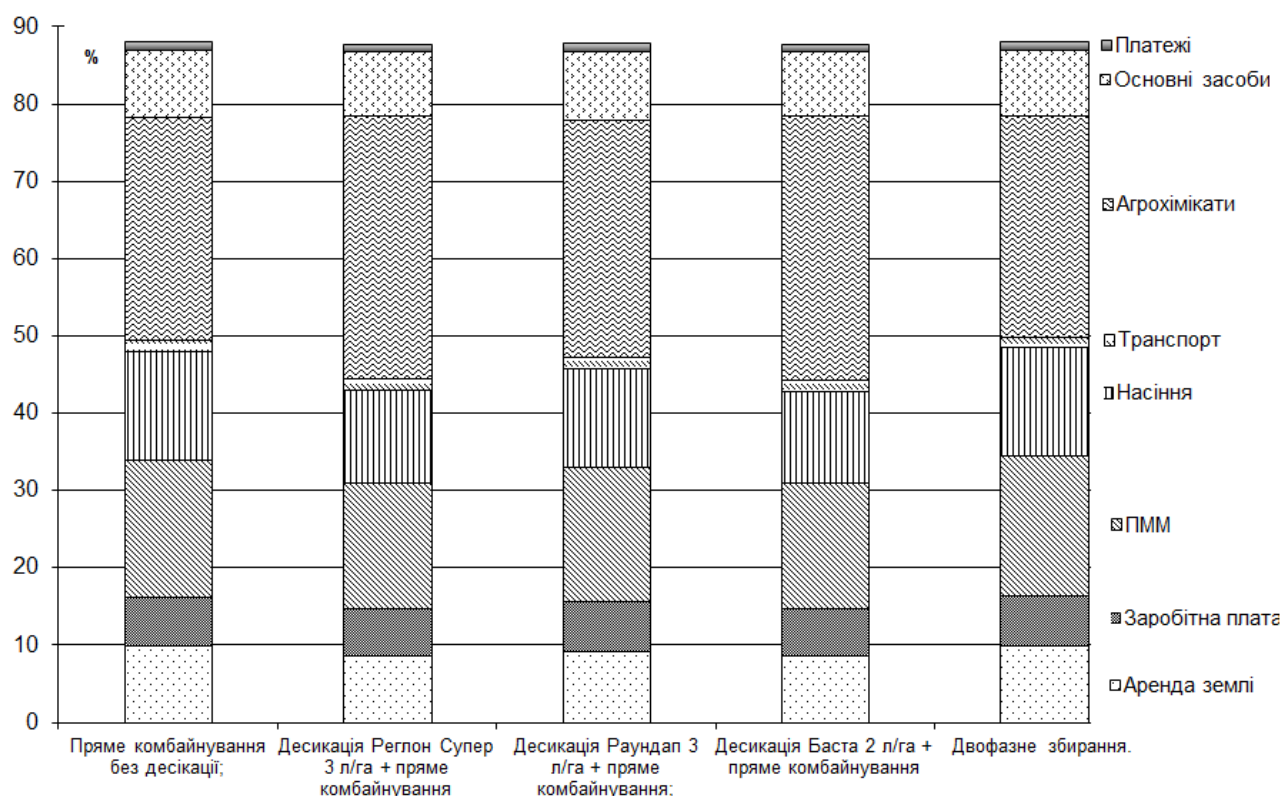


Рис. 7.8 Структура витрат залежно від технології збирання льону олійного сорту Південна ніч, % (середнє за 2009–2013 рр.)

За традиційної технології вирощування льону олійного, солома не використовується, а заходи по її збиранню не проводяться та не обліковуються.

Потреба в соломі, як сировині, формує необхідність розробки технології збирання цієї культури та засобів для її реалізації, що дозволять отримувати як насіння так і льоносировину придатну для виділення з неї волокна. На півдні України, де льон олійний використовується як попередник для озимих культур, а погодні умови унеможливають отримання трести способом росяного мочіння, обґрунтованим є збирання соломи в рулони. Наступне приготування трести відбувається за інноваційними технологіями або в штучних умовах [36, 376]. Подібні методи нашли застосування в зарубіжних країнах. Так, наприклад у Польщі, Румунії, Угорщині лляну солому в тресту переробляють на льонозаводах тепловим мочінням.

Технологічний процес збирання соломи передбачав безпосереднє пресування в рулони та їх транспортування на різні відстані до пунктів переробки. Впровадження технології переробки соломи можливе лише за встановлення економічно обґрунтованої справедливої ціни на соломі. Розрахунки свідчать, що при підборі стебел із валка прес-підбирачем рулонного типу ПРП-1,6 питомі витрати залежатимуть від урожайності насіння (рис. 7.9).

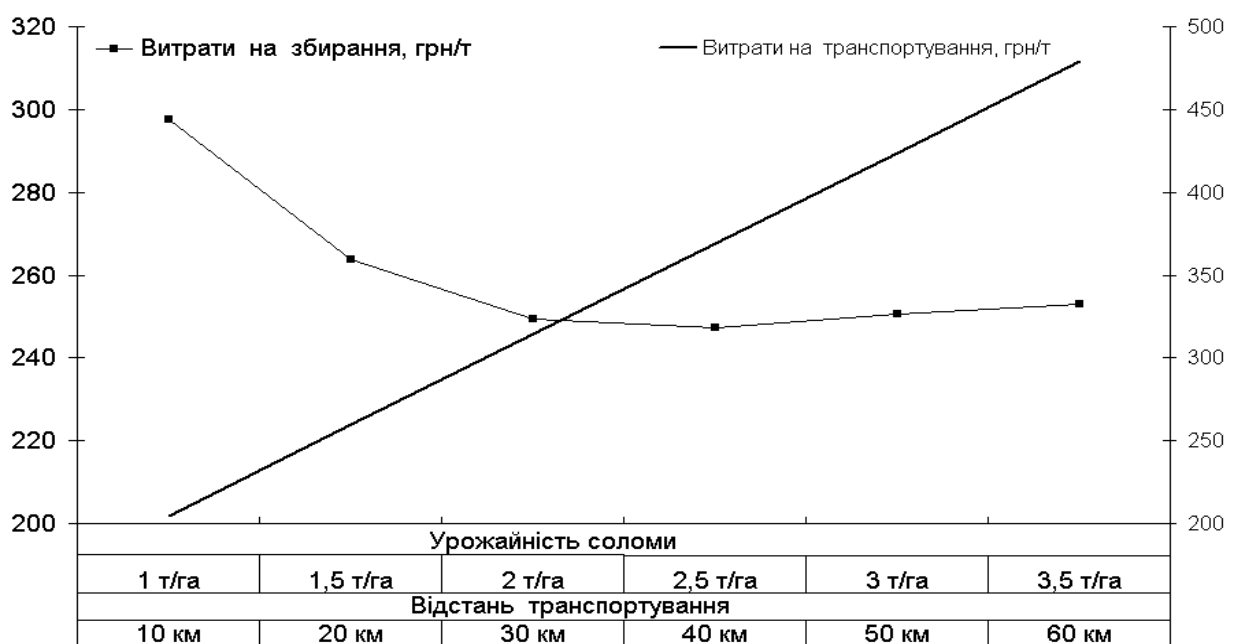


Рис. 7.9 Вплив урожайності соломи та відстані транспортування на виробничі витрати, грн/т

За урожайності на рівні 1 т/га витрати на збирання соломи складатимуть 297 грн/т. При підвищенні урожайності до 1,5 т/га витрати різко зменшуються до 264 грн/т та в подальшому коливаються в межах 245–255 грн/т.

Іншою важливою складовою є транспортні витрати. Вони лінійно залежать від відстані транспортування. Так, при перевезенні на відстань 10 км вартість соломи зростатиме на 205 грн/т, а на 60 км досягне 480 грн/т.

Собівартість збирання та доставки соломи залежно від урожайності та відстані перевезення представлено на рис. 7.10.

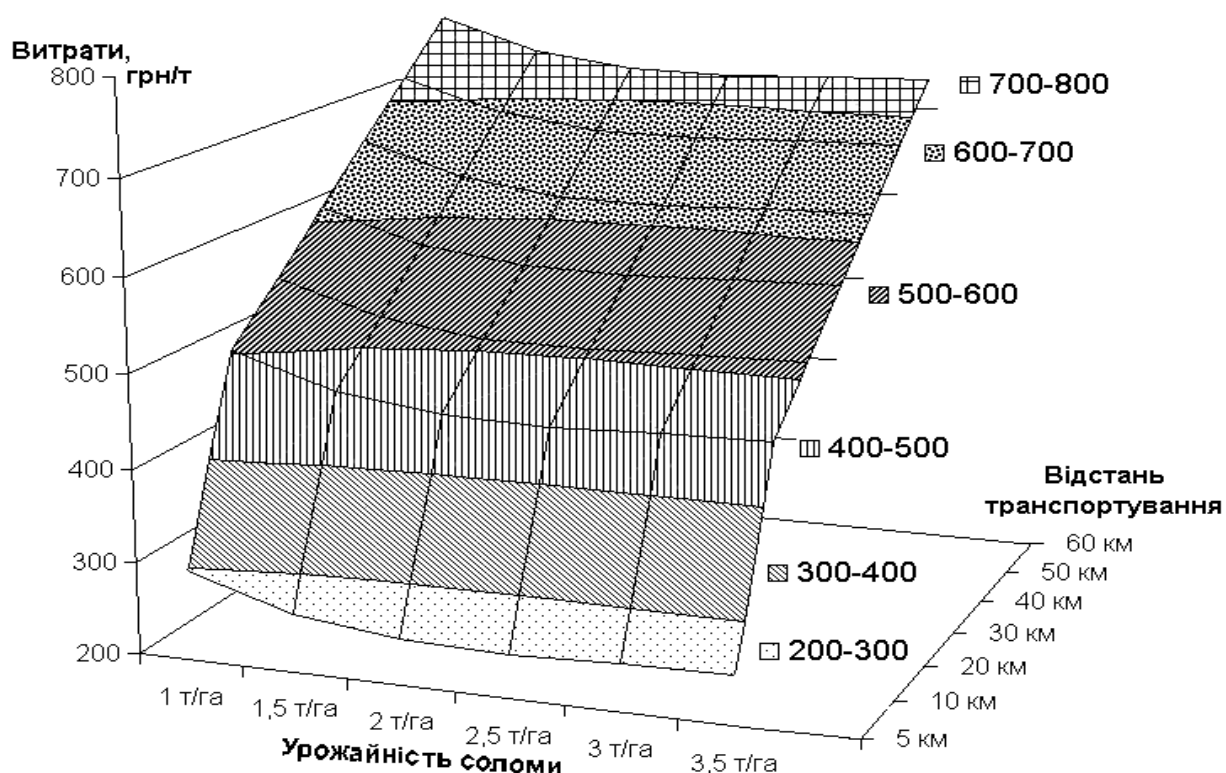


Рис. 7.10 Залежність виробничих витрат від урожайності соломи та відстані транспортування, грн/т

При середній урожайності соломи на рівні 2,0–2,5 т/га за відстані перевезення в 10 км собівартість соломи зростає на 80%, а на 40 км – в 2,5 рази.

Таким чином, в інноваційних технологіях для збереження прибутковості, місця первинної переробки сировини повинні бути розташовані безпосередньо в зоні вирощування культури, щоб транспортні перевезення не перевищували 40 км.

Після узагальнення експериментальних даних за результатами математичного аналізу сформовано нейронну мережу яка відображає вплив розроблених складових елементів технології вирощування на формування умовного чистого прибутку залежно від рівнів урожайності льону олійного, які були зумовлені комплексним впливом агротехнологічних (I) та економічних (II) факторів (рис. 7.11).

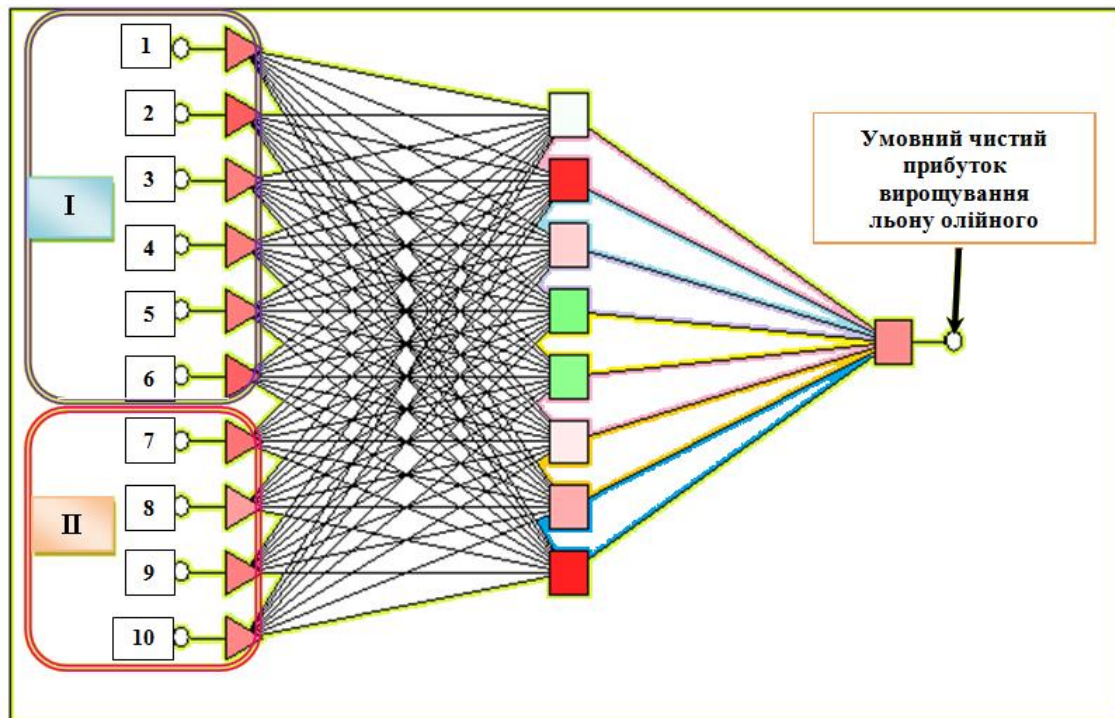


Рис. 7.11 Нейронна мережа формування продуктивності та господарсько-економічної ефективності технології вирощування льону олійного в умовах півдня України

Примітка: архітектура: МП 10:10-8-1:1, N=10, продуктивність навчальна – 0,1059, продуктивність контрольна – 1,0247, продуктивність тестова – 0,1877

Архітектура мережі побудована на десяти нейронах, які мають вплив на інтенсивність ростових процесів. Усі входні нейрони сформували блоки технологічних та господарсько-економічних чинників.

Технологічні чинники включають: сорт (1); добрива (2); зрошення (3); строки сівби (4); ширину міжряддя (5); норму висіву (6). Господарсько-економічні чинники були включають: вихід зернових одиниць, т/га (7); вартість

валової продукції, тис. грн/га (8); виробничі витрати, тис. грн/га; собівартість насіння, грн/т.

За результатами аналізу сформованої нейронної мережі максимальну пряму дію на величину умовного чистого прибутку мають мінеральні добрива, який на моделі має найінтенсивніше червоне забарвлення. За взаємодією вхідних чинників моделі проявилася взаємодія мінеральних добрив та зрошення, а також вартості валової продукції, виробничих витрат та, особливо, собівартості насіння досліджуваної культури.

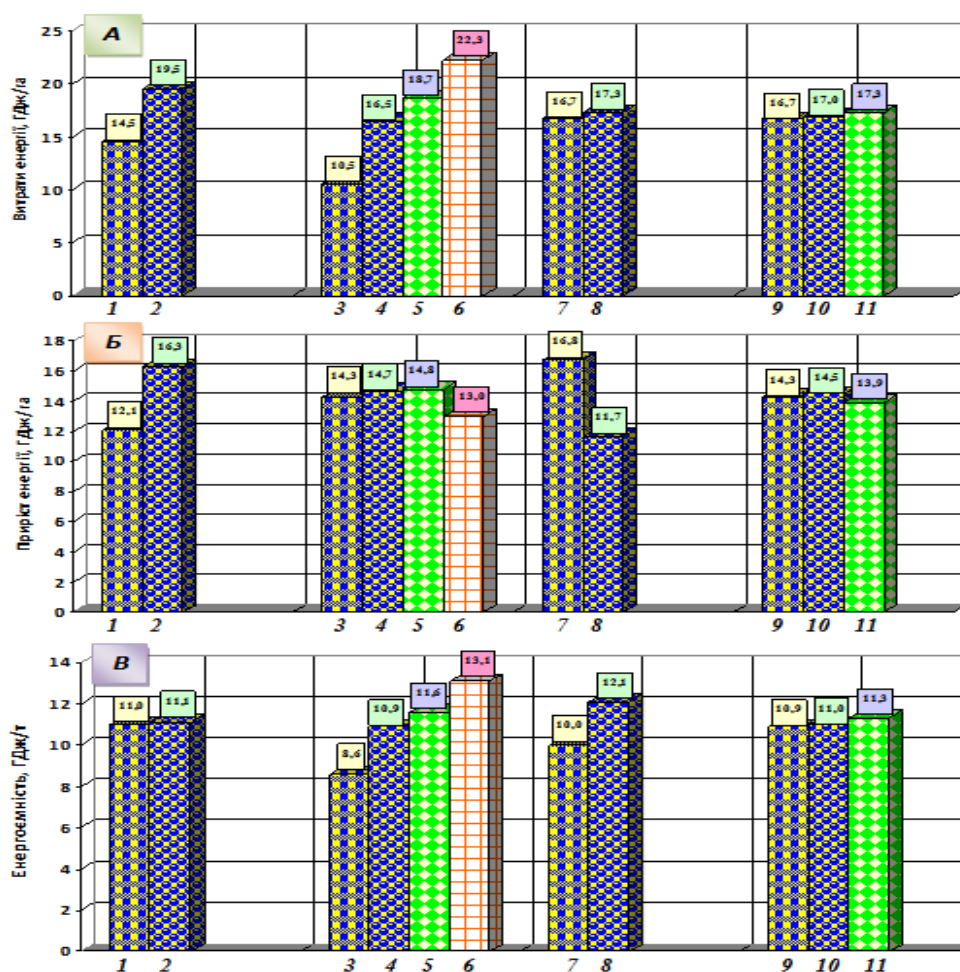
Таким чином, за результатами моделювання з використанням методу нейронних мереж доведено, що при вирощуванні льону олійного на півдні України визначальний вплив на прибутковість мають мінеральні добрива у взаємодії зі зрошенням.

7.2 Енергетичний аналіз технологій вирощування льону олійного із різними схемами використання продукції

Значні коливання вартості енергетичних та матеріальних ресурсів, технічних засобів, послуг, продукції рослинництва, зумовлюють необхідність застосування більш об'єктивної та універсальної оцінки технології, як наприклад біоенергетичної – у формі співставлення обсягу отриманої енергії та енергії, витраченої на вирощування та первинну переробку культури.

Проведена біоенергетична оцінка технології вирощування льону свідчить, що витрати знаходяться на рівні більшості ярих польових культур не інтенсивного типу [228].

Найбільш суттєво витрати енергії зростали за внесення мінеральних добрив, а також унаслідок зрошення (рис. 7.12, додаток К.1). Так, в умовах природного зволоження від застосування $N_{45}P_{30}K_{30}$ витрати збільшилися на 5,9 ГДж/га, $N_{90}P_{60}K_{60}$ – на 11,7 ГДж/га. Зрошення в середньому потребувало додатково 5,1 ГДж/га загальної енергії.



Примітки: Умови зволоження: 1 – без зрошення, 2 – при зрошенні;
 Фон живлення: 3 – без добрив, 4 – $N_{45}P_{30}K_{30}$, 5 – $N_{60}P_{45}K_{45}$, 6 – $N_{90}P_{60}K_{60}$;
 Ширина міжряддя, см: 15, 8 – 45; Норма висіву, млн шт./га: 9 – 5, 10 – 6, 11 – 7

Рис. 7.12 Середньофакторіальні показники витрат енергії (А), приросту енергії (Б) та енергоємності продукції (В) залежно від досліджуваних елементів технології вирощування льону олійного (середнє за 2009–2013 рр.)

Збільшення норми висіву із 5 до 6 та 7 млн шт./га у середньому потребувало додатково відповідно – 0,4 та 0,7 ГДж/га, а вирощування культури із міжряддям 45 см – 0,6 ГДж/га не відновлювальної енергії. Внаслідок реалізації досліджуваних заходів із насінням було отримано від 6,6 до 21,1 ГДж/га додаткової енергії. Найбільшу прибавку забезпечували найбільш енергоємні фактори. Незалежно від умов зволоження та способу посіву, окупність норми добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ була меншою, ніж попередніх, тоді як ефективність зрошення зростала.

Найменшу енергоємність в досліді забезпечували екстенсивні технології. Внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ та підвищення норми до $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$ підвищували енергоємність вирощування в 1,37, 1,48 та 1,72 рази, відповідно в умовах

природного зволоження та – в 1,17, 1,22 та 1,35 рази при зрошенні. Зрошення без застосування добрив суттєво, в середньому на 23,1%, підвищує енергоємність вирощування насіння. На фоні їх внесення коливання даного показник не перевищувало 4,6%.

Аналіз динаміки коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ee}), демонструє його зменшення при окремому застосуванні заходів інтенсифікації (табл. 7.1). Так, на фоні природної родючості внаслідок зрошення K_{ee} зменшувався на 16,5%, тоді як на фоні внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ лише на 1,7 %, а в подальшому зростав на 2,4 та 7,1%.

Таблиця 7.1

**Енергетична ефективність технологій вирощування та використання
льону олійного (середнє за 2009–2013 рр.)**

Режим зволоження (А)	Фон живлення (В)	Ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га					
		15 см			45 см		
		5	6	7	5	6	7
<i>Енергетичний коефіцієнт при використанні насіння</i>							
Без зрошення	Без добрив	2,97	3,08	2,83	2,48	2,33	2,16
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,08	2,18	2,04	1,80	1,72	1,67
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	1,92	2,01	1,88	1,67	1,62	1,53
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	1,65	1,73	1,64	1,44	1,38	1,33
При зрошенні	Без добрив	2,41	2,41	2,39	2,10	1,99	1,93
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,01	2,05	2,06	1,78	1,71	1,68
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	1,92	1,98	1,99	1,72	1,66	1,61
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	1,73	1,76	1,79	1,56	1,50	1,48
<i>Енергетичний коефіцієнт при подвійному використанні</i>							
Без зрошення	Без добрив	3,29	3,35	3,20	2,64	2,55	2,43
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,78	2,86	2,75	2,34	2,26	2,21
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	2,63	2,70	2,60	2,22	2,16	2,07
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,43	2,50	2,40	2,06	1,94	1,87
При зрошенні	Без добрив	2,85	2,85	2,83	2,74	2,53	2,47
	$N_{45}P_{30}K_{30}$	2,80	2,89	2,89	2,41	2,34	2,30
	$N_{60}P_{45}K_{45}$	2,75	2,81	2,82	2,35	2,28	2,22
	$N_{90}P_{60}K_{60}$	2,56	2,59	2,62	2,22	2,10	2,07

За сівби із міжряддям 45 см, незалежно від інших факторів, вищою є ефективність технології при встановленні норми висіву 5 млн шт./га. На посівах із міжряддям 15 см без зрошення K_{ee} зростав при встановленні норми висіву 6 млн шт./га, тоді як на фоні зрошення відмічається тенденція до підвищення при встановленні норми висіву 7 млн шт./га.

Технічне використання соломи позитивно відображається на енергетичній ефективності виробництва в цілому. Залежно від урожайності, збирання соломи в тюки та її транспортування в межах 5 км, потребує енергетичних витрат від 2,6 до 4,8 ГДж/т. Підвищення урожайності соломи від 1,5 до 2,5 т/га зменшує питомі витрати енергії в 1,28 рази. Однак, при збільшенні відстані транспортування від 20 до 40 км витрати енергії зростають з 7,56 до 13,1 ГДж/т. Використання соломи підвищує K_{ee} на 0,16–0,83 одиниці. В незрошуваних умовах, удобрення, незалежно від інших факторів, зумовлює його зниження на 0,22–0,86 одиниці, проте поєднання зрошення та внесення мінеральних добрив підвищує енергетичний коефіцієнт.

Із біоенергетичної точки зору широкорядні посіви льону олійного менш придатні для технології його подвійного використання. На фоні природного зволоження та посіву з міжряддям 15 см коефіцієнт K_{ee} зростав при встановленні норми висіву 6 млн шт./га, тоді як за умов зрошення на фонах мінерального живлення $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$ переваги має норма висіву 7 млн шт./га.

Строки сівби несуттєво впливали на витрати енергії, тоді як внаслідок підвищення норм висіву вони, із урахуванням суміжних витрат, зростали в середньому на 0,34 ГДж/га (додаток К.2). Найбільшого приросту енергії було досягнуто внаслідок сівби при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості. Найбільшою була відмінність пізнього строку сівби із раннім 41,6% та середнім 35,6%. Вищими приріст енергії та K_{ee} були у варіантах із нормою висіву 6 млн шт./га. За сівби в пізній строк відмінності між нормами 6 та 8 млн шт./га були незначними.

Включення до використання соломи, позитивно вплинуло на енергетичний баланс технології в цілому. Якщо внаслідок збирання та транспортування соломи витрати енергії в середньому зросли на 28,3 %, то приріст енергії збільшився в 2,6 рази. Це спричинило підвищення K_{ee} в середньому на 47,8 %. Загальні закономірності щодо окремих варіантів зберігалися. Вищими були значення K_{ee} за сівби в ранній строк нормою

6 млн шт./га. За сівби через 20 діб, норму висіву доцільно збільшувати до 8 млн шт./га.

Аналіз сортового складу свідчить, що вплив цього фактору в об'єктів олійного призначення не перевищує 1,5% від середнього значення на незрошуваних ділянках та 1,2 % при зрошенні (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Енергетична ефективність вирощування сортів льону олійного (середнє за 2009–2013 рр.)

Сорти	При використанні насіння				При подвійному використанні			
	витрати енергії, ГДж/га		енергетичний коефіцієнт		витрати енергії, ГДж/га		енергетичний коефіцієнт	
	без зрошення	при зрошенні	без зрошення	при зрошенні	без зрошення	при зрошенні	без зрошення	при зрошенні
Айсберг	12,1	18,5	2,32	2,02	18,2	26,2	2,95	2,78
Блакитно помаранчевий*	12,1	18,3	2,25	1,93	18,4	26,0	2,9	2,83
Віра	12,1	18,3	2,21	1,94	18,2	26,3	2,70	2,76
ВНІМК 620	12,1	18,5	2,31	2,00	18,1	26,3	2,94	2,77
Глінум*	11,8	17,7	1,44	1,13	19,3	27,5	2,68	2,58
Дебют	12,1	18,3	2,11	1,93	18,2	25,4	2,63	2,69
Евріка*	12,1	18,5	2,25	1,97	18,2	26,3	2,90	2,85
Золотистий	11,9	18,4	1,95	1,79	17,2	25,7	2,48	2,60
Ківіка	12,1	18,2	2,06	1,82	17,9	26,2	2,58	2,67
Лірина*	12,1	18,5	2,26	2,00	18,6	26,7	2,94	2,90
Надійний*	11,9	18,5	2,31	1,99	18,8	27,9	3,00	3,07
Орфей	12,1	18,5	2,30	2,03	17,9	27,1	2,91	2,95
Південна ніч (St)	12,1	18,5	2,16	1,92	18,2	26,3	2,66	2,82
Ручеек	12,2	18,5	2,33	1,98	18,7	26,5	2,98	2,87

При насінневому використанні вищим К_е є на фоні природного зволоження у сортів Ручеек – 2,33, Айсберг – 2,32, ВНІМК 620 та Надійний – 2,31, а при зрошенні у сортів Орфей – 2,03, Айсберг – 2,02 ВНІМК 620 та Лірина – 2,00. У сорту льону- довгунця Глінум К_е за продуктивністю насіння є найнижчим, і складає – 1,44 без зрошення та – 1,13 при зрошенні.

За подвійного використання він підвищувався відповідно до 2,68 та 2,58. Серед сортів олійного призначення без зрошення найвищим був цей показник був у сортів Надійний – 3,0, Ручеек – 2,98 Айсберг – 2,95, при зрошенні у сортів Надійний – 3,07, Орфей – 2,95 та Лірина – 2,90.

Варіанти технології збирання культури на насіння різнилися за витратами

енергії до 7,1% (додаток К.3). Проведення десикації потребувало 0,7–1,0 ГДж/га додаткової енергії. Прихід енергії змінювався від 24,8 ГДж/га при двофазному збиранні до 28,9 ГДж/га при прямому комбайнуванні після десикації Баста (2 л/га). Варіанти, де передбачалося хімічне підсушування рослин забезпечували прихід енергії, залежно від препарату, більший на 12,7–20,3%. Найменша енергоємність 10,4 ГДж/т, та найвищий К_е 1,97 були отримані при проведенні прямого комбайнування після десикації Баста (2 л/га).

Технологія заготівлі соломи вимагає збільшення потреби у енергії в 1,39–1,46 рази, однак прихід енергії в 2,38–2,47 рази перевищував витрати. у технології подвійного використання льону олійного найбільш доцільним, з позиції енергетичного балансу, є проведення попередньої десикації препаратами Баста (2 л/га) та Реглон Супер (3 л/га), де енергетичний коефіцієнт складав 2,64 та 2,62, відповідно.

Переробка соломи не зумовлює накопичення додаткової енергії але дозволяє раціонально використати наявну рослинну масу. В процесі переробки соломи льону відходами виробництва виступає костриця, яка може бути застосована для виготовлення плит, утеплювачів, будівельних матеріалів або, після гранулювання, спожита як відновлювальне паливо. Враховуючи її кількість енергоємність, спалювання забезпечує надходження енергії близько 18,5 ГДж/га при вирощуванні культури без зрошення до 44,8 ГДж/га при її вирощуванні при зрошенні.

Оскільки при подвійному використанні льону олійного отримується неспівставна продукція (насіння, луб, костриця) для узагальнення продуктивності рослин були проведені розрахунки виходу агроенергетичних одиниць загальної товарної продукції. При цьому враховувалася енергетична цінність валової господарсько корисної продукції. За результатами проведеного кореляційно-регресійного моделювання встановлено, що без зрошення підвищення фону мінерального живлення до 175 кг д.р./га спостерігається значне підвищення виходу агроенергетичних одиниць до 61–63 ГДж/га. За

подальшого зростання фону живлення темпи приросту виходу агроенергетичних одиниць зменшуються (рис. 7.13).

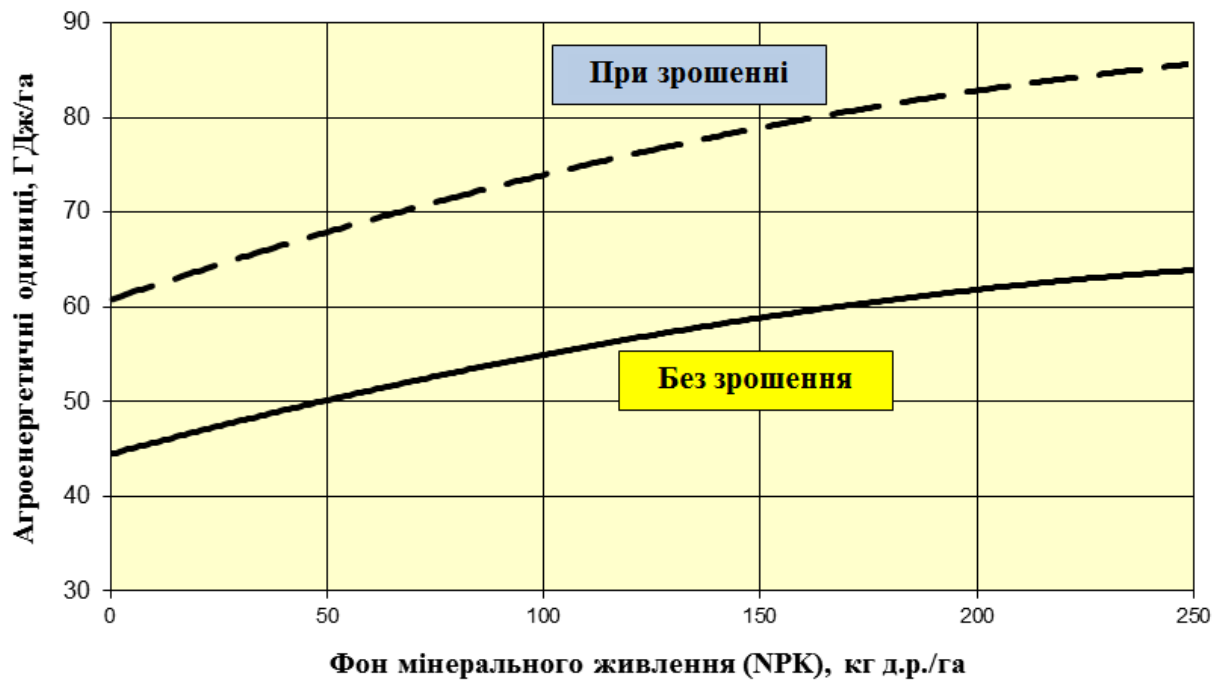


Рис. 7.13 Вихід агроенергетичних одиниць льону олійного подвійного призначення залежно від фону мінерального живлення та умов зволоження:

А (без зрошення) – $y = -0,0002x^2 + 0,1232x + 44,457$; $R^2 = 0,9988$;

Б (при зрошенні) – $y = -0,0002x^2 + 0,1534x + 60,656$; $R^2 = 0,9992$

де x – фон мінерального живлення (NPK), кг д.р./га..

Застосування зрошення призводить до істотного збільшення агроенергетичної продуктивності рослин льону олійного. При цьому, інтенсивне підвищення досліджуваного показника спостерігається за зростання фону живлення до 200 кг д.р./га і складає 82,5 ГДж/га, а за внесення максимальної норми (250 кг д.р./га) вихід агроенергетичних одиниць сягає 86 ГДж/га.

Доведено, що зрошення та внесення підвищених норм мінеральних добрив, як основні заходи інтенсифікації в сучасному рослинництві, повною мірою відповідають вимогам щодо подвійного використання льону олійного і забезпечують максимальну енергетичну продуктивність. Розроблені моделі виходу агроенергетичних одиниць характеризуються високою точністю (R^2 – близький до одиниці), тому їх можна використовувати в умовах

виробництва для програмування енергетичної ефективності технології вирощування льону олійного подвійного використання на незрошуваних та зрошуваних землях.

Аналіз впливу строків сівби та норм висіву свідчить про високу ступінь впливу на вихід агроенергетичних одиниць (рис. 7.14).

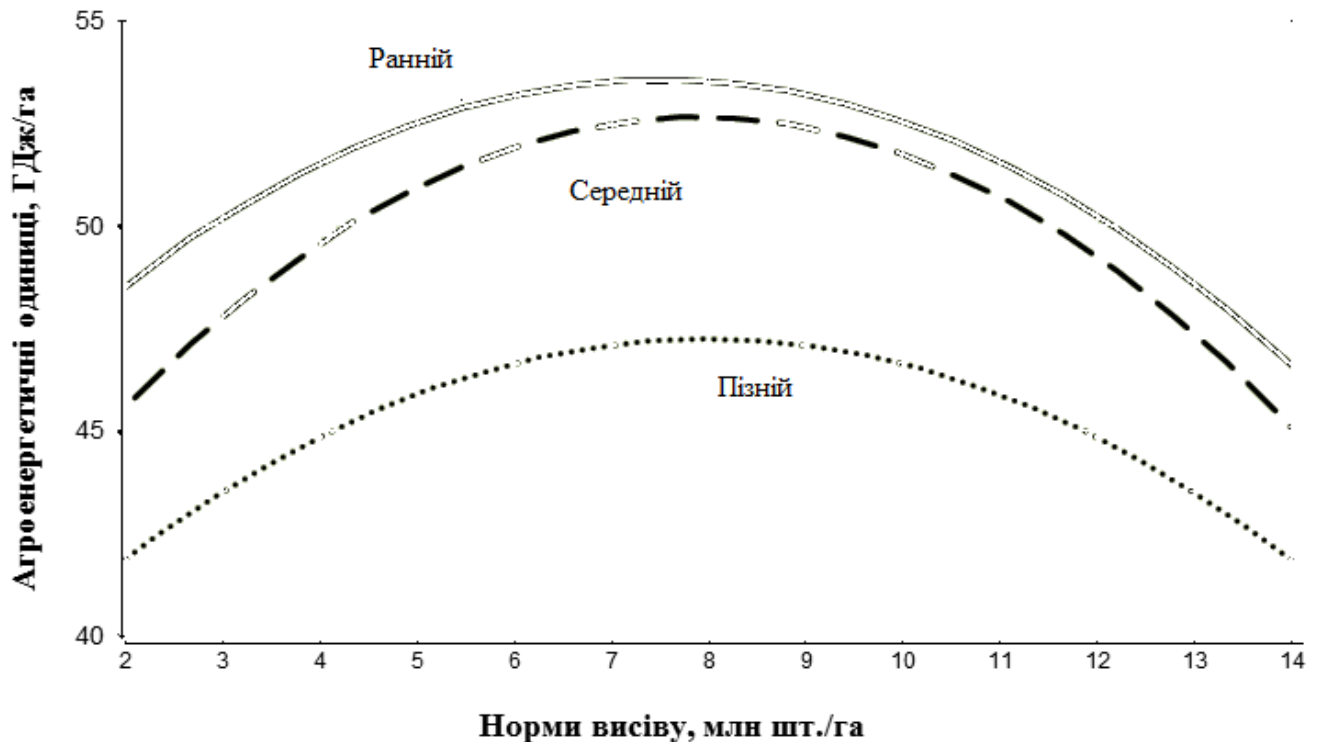


Рис. 7.14 Вихід агроенергетичних одиниць льону олійного подвійного призначення залежно від строків сівби та норми висіву:

А (ранній) – $y = -0,1655x^2 + 2,4881x + 44,21$; $R^2 = 0,6332$;

Б (середній) – $y = -0,2032x^2 + 3,2104x + 39,286$; $R^2 = 0,8099$;

В (пізній) – $y = -0,2329x^2 + 3,8527x + 30,05$; $R^2 = 0,9086$

де x – норма висіву, млн шт./га.

Найвищу продуктивність в умовах півдня України забезпечує ранній строк сівби, при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості. В середньому по фактору сівба в ранній строк забезпечує вихід агроенергетичних одиниць на 3,6% більше, ніж при сівбі в середній строк та 15,5%, ніж у пізній. Отже, встановлено, що строки сівби льону олійного подвійного призначення не повинні перевищувати 10 днів від набуття ґрунтом стану фізичної стиглості.

Стосовно норм висіву доведено, що при ранньому строку сівби найвищу продуктивність в агроенергетичних одиницях забезпечує встановлення норми в

межах 7–8 млн шт./га. При зміщенні строків сівби на 10 та 20 днів оптимальною нормою висіву виявилися 7–9 млн шт./га.

Внаслідок широкої межі коливань температур повітря за раннього строку сівби відзначено середню ступінь достовірності математичної моделі ($R^2 = 0,6332$), а в середній та пізній строки, коли відбувається стале наростання температур вище біологічного мінімуму для культури, достовірність моделі суттєво зростає ($R^2 = 0,8–0,9$).

Висновки до розділу 7

1. Льон олійний при побудові технологічного процесу вирощування за принципами системності та адаптивності забезпечує високу економічну та енергетичну окупність факторів інтенсифікації. Використання соломи для технічної переробки підвищує загальну ефективність вирощування, та забезпечує високий екологічний ефект.

2. Максимальну прибутковість забезпечує вирощування насіння льону олійного при застосуванні $N_{60}P_{45}K_{45}$, сівбі із міжряддями 15 см, без зрошення – 7,58 тис. грн/га за норми висіву 6 млн шт./га, при зрошенні – 7,78 тис. грн/га за норми висіву 7 млн шт./га.

3. Оптимальні строки посіву забезпечують економічні переваги без додаткових витрат. Найбільший прибуток – 6,43 тис. грн/га забезпечує сівба льону олійного при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості нормою 6 млн шт./га. Зміщення сівби на 10 діб зменшує прибутковість та підвищує собівартість насіння. В умовах природного зволоження найвищий прибуток – 6,78–6,88 тис. грн/га, забезпечує вирощування насіння сортів Айсберг, ВНПМК 620 та Орфей. При зрошенні більш прибутковим є вирощування сортів Орфей, Айсберг, ВНПМК 620 та Лірина – 6,41–6,74 тис. грн/га. Олійне використання льону-довгунця Глінум є економічно недоцільним, а при зрошенні – збитковим.

4. В умовах півдня України максимальний чистий прибуток – 5,39 тис. грн/га забезпечує збиральний комплекс, що передбачає десикацію посівів + пряме комбайнування, а найменший двофазне збирання –

4,19 тис. грн/га. Коливання прибутку, при застосування різних десикантів, не перевищує 7,5%.

5. При збиранні соломи прес-підбирачем рулонного типу виробничі витрати зменшуються при підвищенні урожайності та складають 247–297 грн/т. Для отримання прибутковості, первинну переробку сировини доцільно проводити безпосередньо в зоні вирощування культури. Прогнозована вартість соломи льону олійного, залежно від якості, повинна складати не менше 35–45 доларів США за тонну, що забезпечує прибутковість як вирощування так і переробки.

6. Найбільш витратними технологічними заходами є внесення мінеральних добрив 5,9–11,7 ГДж/га, та зрошення 5,1 ГДж/га. Вищий приріст енергії та К_ее забезпечує сівба при досягнення ґрунтом стану фізичної стиглості нормою висіву 6 млн шт./га. Застосування адаптованих до зональних умов, високоврожайних сортів льону забезпечує підвищення енергетичної ефективності вирощування.

7. Десикація посівів є енергетично обґрунтованою, найвищий К_ее – 1,97 забезпечує пряме комбайнування після десикації Баста (2 л/га). Збирання соломи збільшує витрат енергії в 1,39–1,46 рази, однак прихід енергії в 2,38–2,47 рази перевищує витрати. Використання соломи підвищує К_ее на 0,16–0,83 одиниці.

8. Технологічні заходи, що сприяли підвищенню врожаю насіння, одночасно збільшували і врожайність соломи. Без зрошення підвищення норми добрив до 175 кг д.р./га забезпечує вихід агроенергетичних одиниць 61–63 ГДж/га. При зрошенні, за зростання фону живлення до 200 кг д.р./га підвищення досліджуваного показника досягає 82,5 ГДж/га, а за внесення максимальної норми (250 кг д.р./га) становить 86 ГДж/га. При ранньому строку сівби найвищу продуктивність в агроенергетичних одиницях забезпечує встановлення норми в межах 7–8 млн шт./га. При зміщенні строків сівби на 10 та 20 днів оптимальною нормою висіву є 7–9 млн шт./га.

РОЗДІЛ 8

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ РОСЛИН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ ТА АГРОТЕХНІЧНИХ ЧИННИКІВ

У формуванні стабільної галузі рослинництва важлива роль відводиться сорту, серед головних вимог до яких є стійкість у змінних екологічних умовах середовища [20]. Це досягається методами адаптивної селекції, що передбачає створення сортів із високим адаптивним потенціалом. Адаптивність сорту залежить не лише від генетично зумовленої пристосованості до абіотичних та біотичних умов середовища, а й екологічних умов, які формуються в агроценозі агротехнічними заходами. В технологіях подвійного використання оцінка сорту повинна враховувати зміни обох видів продукції [251]. Моделювання продукційних процесів залежно від впливу чинників природного та агротехнологічного характеру забезпечує можливість нормування витрат, підвищення окупності використання поливної води та мінеральних добрив, дозволяє підвищити врожайність та економічну ефективність сільськогосподарського виробництва [321].

8.1 Кореляційно-регресійні моделі врожайності та якості льону олійного

Фактичні умови росту й розвитку рослин за надходженням тепла протягом вегетаційного періоду характеризують динамікою та сумами середніх добових температур, а також спеціальними узагальнюючими індексами. Для визначення сум температур, необхідних для розвитку сільськогосподарських культур, переходу в іншу фазі найчастіше використовуються суми активних і ефективних температур. Сума активних температур – це сума середніх за добу температур після переходу їх через біологічний мінімум. Сума ефективних

температур – це сума середніх за добу температур, зменшена на величину біологічного мінімуму [350].

Враховуючи об'єктивну циклічність зміни метеорологічних умов протягом року, перенесення строку сівби з раннього, при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості, на 10 та 20 діб, позначилося на гідротермічних умовах (додатки Л.1, Л.2).

Середня температура повітря протягом основних міжфазних періодів культури мала тенденцію до постійного підвищення від 6,8–10,7°C протягом появи сходів льону до 23,4–24,4°C при дозріванні культури. Зміщення часу сівби супроводжувалося підвищенням середніх температур за окремі міжфазні періоди, що було характерно для усіх етапів спостереження.

При цьому найбільшою була відмінність між строками сівби протягом періодів сходи – ялинка та сівба – ялинка, де стандартне відхилення (s) складало 2,69 та 1,95, відповідно. Після бутонізації відмінності температурних режимів у варіантах різних строків сівби культури істотно зменшилися. Враховуючи закономірності формування генеративних та репродуктивних органів та біологічних вимог культури до умов середовища такі відмінності визначали структуру врожаю та якість продукції. Призначення початку сівби забезпечувало граничну відмінність температурного режиму пізнього строку із раннім та середнім упродовж періоду сівба – бутонізація, що є визначальним у формуванні продуктивності насіння і соломи [111, 416].

У подальшому відмінності температурного режиму були менш вираженими, що безумовно впливало на формування репродуктивних органів та досягання посівів. Враховуючи, що оптимальними для росту й розвитку культури є значення температур 9–11°C під час проростання та протягом морфотипу ялинка, 15–18° – у період формування стебла, та 20–22 °C – під час цвітіння і утворення насіння [44, 349]. Найбільш сприятливими умови росту й розвитку льону характеризувалися ранній та середній строки сівби.

При забезпеченні шару ґрунту 0–10 см, більше, ніж 20 мм продуктивної вологи, швидкість проростання насіння залежить визначально від температури

грунту [4]. Для льону культурного біологічний мінімум на час проростання складає $+5-6^{\circ}\text{C}$, а для періоду формування генеративних органів $+10-12^{\circ}\text{C}$ [363]. В більш сучасних джерелах мінімальна біологічна температура повітря для початку росту визначена як $+7^{\circ}\text{C}$, а початку дозрівання $+10^{\circ}\text{C}$ [383].

Для оцінки агроекологічних умов протікання фізіологічних процесів та фенологічних фаз необхідно оцінювати кількість тепла, яку отримують рослини, задля чого використовують значення суми активних та ефективних температур.

Нами були визначені суми температур відносно біологічного мінімуму для культури на етапі проростання та вегетативного розвитку відповідно 5 та 10°C . Більш значимими були відмінності суми активних температур за біологічним мінімумом періоду проростання ($>5^{\circ}\text{C}$) між раннім та середнім строками сівби, 0,9–11,9%, порівняно із середнім та пізнім строком 0,9–21,6%. Визначення строку сівби найбільш вагомо впливало на теплозабезпеченість посівів протягом періоду від сходів до бутонізації, коли переважно формуються вегетативні органи. Значно більшу суму активних температур ($>10^{\circ}\text{C}$) посіви отримували при відтермінуванні сівби на другий та особливо третій період. Проте розпочинаючи із фази цвітіння температурний режим варіантів був більш подібним та визначався особливостями року.

Аналогічні відмінності спостерігалися щодо ефективних температур. Відомо, що підвищення середньодобової температури до оптимальних для культури значень не сприяє прискоренню її розвитку, внаслідок чого їх оцінюють баластними [89].

Відносно раннього строку сівби сума ефективних температур $>5^{\circ}\text{C}$ зростала в середньому за період вегетації на 5,5% при середньому та на 10,2% при пізньому. Об'єктивно, що більшими були відмінності стосовно суми ефективних температур $>10^{\circ}\text{C}$, де перевищення дорівнювало 8,5 та 42,2%, відповідно.

Динаміка температур протягом окремих міжфазних періодів графічно представлена в додатках Л.3-Л.8. У середньому за роки спостережень період

сівба-сходи при ранній сівбі характеризувався різким наростанням середньодобових температур, тоді як середній та пізній більш стабільною динамікою поступового наростання.

У міжфазний період сходи – ялинка при ранньому та середньому строках сівби наростання середньодобової температур повітря відбувалося більш повільно, на відміну від пізнього строку. У подальші міжфазні періоди відмінності температурних режимів посівів різних строків мали менш виражені відмінності, хоча спостерігається тенденція до менш жорсткого температурного режиму більш ранніх строків сівби.

Математичні моделі динаміки температур в окремі міжфазні періоди відповідних строків сівби наведено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Модель динаміки середньодобової температури повітря протягом окремих міжфазних періодів льону олійного різних строків сівби

Періоди росту й розвитку	Строки сівби		
	ранній	середній	пізній
Сівба – сходи	$Y=0,331x+3,67$	$Y=0,023x+8,75$	$Y=0,010x+10,5$
Сходи – ялинка	$Y= -0,021x+9,32$	$Y=0,295x+9,31$	$Y=0,977x+10,8$
ялинка – бутонізація	$Y=0,277x+10,5$	$Y=0,218x+12,9$	$Y=0,161x+15,3$
Бутонізація – цвітіння	$Y=0,037x+18,3$	$Y=0,187x+18,0$	$Y=0,314x+17,4$
Цвітіння – зелена стиглість	$Y=0,240x+18,3$	$Y=0,200x+19,1$	$Y=0,080x+21,8$
Зелена – повна стиглість	$Y=0,101x+21,9$	$Y=0,151x+21,8$	$Y=0,141x+22,6$

Вільний член математичної моделі свідчить, що на етапі проростання зростання середньої температури повітря на час сівби від 3,67°C при ранньому до 8,75°C при середньому та до 10,48°C – при пізньому строку. У той же час кутовий коефіцієнт відображає зростаючу тенденцію функції динаміки температури повітря, а його зменшення із 0,331 до 0,023 та 0,01 про більш повільне наростання температур.

В період сходи – ялинка спостерігається близькість початкових температур раннього та середнього строків сівби, на відміну від пізнього строку, що було обумовлено тривалістю періоду отримання сходів. Проте кутові коефіцієнти моделей свідчать про швидке зростання температур повітря при зміщенні часу сівби. Міжфазний період ялинка – бутонізація при ранніх строках сівби проходив за нижчих температур, що більш відповідає процесу формування стебла та волокон. У решті міжфазних періодів переважно більшими були температури повітря при пізньому та середньому строку сівби.

Продуктивність сільськогосподарських культур залежить від вологозабезпеченості посівів, фактору, що є найбільш мінливими у часі, та зумовлює значні коливання продуктивності. В посушливих зонах та районах нестійкого зволоження умови зростання рослин та формування врожаю визначає саме забезпеченість посівів вологою. Льон культурний чутко реагує на умови зволоження і хоча, у зв'язку з наявністю розвиненої кореневої системи, олійні форми краще, ніж довгунцеві витримують посушливі періоди вегетації, саме вологозабезпечення принципово визначає рівень урожайності [89]. Проведені раніше дослідження умов вологозабезпеченості льону в агрофітоценозах свідчать про різну ступінь значення таких факторів як попередник, запаси ґрунтової вологи, надходження опадів, обробітку ґрунту тощо, та їх подальшого впливу на продуктивність посіву [286, 390].

Надходження опадів характеризується високою нестабільністю та нерівномірністю. Їх кількість, що надійшла за період вегетації культури істотно не змінилася. При ранній сівбі їх випало 137 мм, тоді як при середній та пізній – на 4 та 5 мм більше. Істотними були відмінності в проміжку від сівби до появи повних сходів.

При ранній сівбі їх надходження складало 23,7 мм, тоді як при середньому та пізньому відповідно 11,8 та 5,8 мм. Враховуючи, що за результатами системних метеорологічних спостережень надходження опадів у березні та квітні в зоні досліджень суттєво не відрізняється, це збільшення недоцільно вважати закономірним.

Відповідно до змісту показника, гідротермічний коефіцієнт визначався від періоду стабільного переходу температури повітря через 10°C, що співпадало із міжфазним періодом ялінка – бутонізація. Його коливання протягом окремих між періодів росту й розвитку переважно визначалося надходженням опадів, а тому зміни не мали закономірного характеру. Проте в середньому від початку обліку зміщення строку сівби супроводжувалося зменшенням ГТК від 0,82 до 0,81 та 0,76, відповідно, що є несприятливим для льону культурного з позиції насінневої та прядивної продуктивності.

Розрахункова випаровуваність протягом окремих міжфазних періодів при ранньому строку сівби була стабільно нижчою, порівнюючи із середнім та пізнім строками. Проявлялася також перевага середнього строку відносно пізнього, за виключенням періоду ялінка – бутонізація, коли значення випаровуваності складали 3,88 та 3,64 мм/добу. Відтак в середньому за період вегетації випаровуваність зростала при зміщенні сівби від раннього 4,31 мм/добу до 4,56 мм/добу при середньому та 4,85 мм/добу за пізньої сівби.

Оцінку вологозабезпеченості періодів вегетації культури оцінювали за коефіцієнтом зволоження. Згідно цієї методики показники в межах 0,33–0,12 відповідають посушливим умовам, менше 0,12 – дуже посушливим [129].

Протягом появи сходів та у фазі ялінка кращими умови зволоження формувалися за ранньої сівби, та погіршувалися при його перенесенні. Більш близькими вони були при ранньому та середньому строках, порівнюючи із пізнім. У цілому, по значенню коефіцієнту зволоження, умови періоду вирощування більше відповідали біології культури при ранньому висіві, та погіршувалися при зміщенні сівби на 10 та 20 діб. Зазначений висновок підтверджує динаміка вологості повітря. Вищою вона була при ранньому 64,8% та середньому строку сівби культури 63,4%, порівняно з пізнім – 62,0%.

На відміну від ГТК розрахунок водно-термічного коефіцієнту дозволяє оцінити посушливість умов за температур нижче 10°C. Менші значення цього коефіцієнта відповідають посиленню посушливості. Близькими за значеннями були умови природного вологозабезпечення культур при ранньому та

середньому строках сівби, де коефіцієнт складав 1,30 та 1,38.

За пізньої сівби, відповідно до екстремального коливання надходження опадів, посушливість суттєво змінювалася в окремі періоди, а водно-термічний коефіцієнт складав 1,46. В той же час більш сприятливими умови отримання сходів та проходження фази ялинка були при ранній сівбі, також при середньому, повірюючи із пізнім.

У науковій літературі відображено, що льон рослина довгого дня і що саме довжина доби визначає структурні характеристик рослини та приналежність їх до олійного чи довгунцевого типу. При цьому відмічається сильна реакція росли, зміною тривалості окремих періодів росту й розвитку, на погодні умови, переважно на температурний режим та вологозабезпеченість [97, 241]. Цим пояснюється суттєвий вплив строків сівби та норми висіву на ріст, розвиток рослин, споживання вологи та урожайність культури [99, 322].

Строки сівби та загушення суттєво впливають на проходження процесів росту й розвитку рослин льону олійного (додаток Л.9). Зміщення часу сівби від раннього, при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості на 10 та 20 діб прискорило отримання сходів культури із 18 діб на 5 та 2 діб, відповідно. Протягом міжфазних періодів сходи – ялинка та ялинка – бутонізація різниця між варіантами не перевищувала однієї доби.

Підвищення температури повітря та посушливість найбільше прискорювало проходження фаз бутонізація – цвітіння та цвітіння зелена стиглість, до 3 діб, тоді як різниця між варіантами при дозріванні культури була у межах однієї доби. У підсумку період вегетації льону олійного другого та третього строків сівби у середньому зменшився відповідно на 3 та 7 діб.

При збільшенні норми висіву із 4 до 12 млн шт./га, незалежно від строку сівби, тривалість міжфазних періодів від початку бутонізації до зеленої стиглості скорочувалася на 1–2 доби, а міжфазного періоду лимонна – повна стиглість на 2–3 доби.

При цьому скорочення вегетації від загушення рослин на фоні пізньої сівби було більш вираженим, порівнюючи як із раннім так, і з середнім. Це

об'єктивний процес, оскільки загушення посівів зумовлює зменшення базального та верхнього бокового галуження рослин, що проявляється подовженням вегетації, та в подальшому змінює структуру урожаю культури. В цілому збільшення норми висіву із 4 до 12 млн шт./га призводило до скорочення вегетаційного періоду культури на 6 діб при ранній сівбі, і на 8 та 9 діб при середньому та пізньому строках. Найбільш виражене й прискорене скорочення вегетаційного періоду спостерігалось при зростанні норми висіву від 6 до 8 млн шт./га, що є відображенням інтенсивності внутрішньовидової конкуренції у посівах. Унаслідок загушення вегетаційний період льону олійного зменшувався при ранній сівбі з 93 до 87 діб, середньому із 91 до 83 діб, а пізньому із 88 до 79 діб. Погодні умови проявляють вагомий вплив на формування елементів урожаю [38].

Хоча динаміка показників погодних умов носить випадковий характер, кореляційний аналіз свідчить про вагомий вплив саме метеорологічних чинників процесу формування структури фітоценозу (табл. 8.2).

Таблиця 8.2

Кореляційні зв'язки польової схожості та виживання рослин льону з погодними умовами окремих періодів росту й розвитку

Показники	Вживання			Польова схожість
	сходи – бутонізація	бутонізація – зелена стиглість	сходи – повна стиглість	сівба – сходи
Середня температурна повітря, °С	0,57	0,28	0,556	-0,63
Опади, мм	-0,41	0,79	0,841	0,75
Випаровуваність (за М. М. Івановим), мм/добу	0,51	0,38	0,143	-0,30
Коефіцієнт зволоження (за М. М. Івановим)	-0,60	0,79	0,665	0,76
Середня відносна вологість повітря, %	-0,52	0,22	0,128	0,59
Водно-термічний коефіцієнт (за В. П. Дмитренком)	-0,22	0,79	0,839	0,69

Польова схожість має зворотній середній зв'язок із середньою температурою повітря за період, ($R=-0,63$), та прямий середній та тісний зв'язок із вологістю повітря ($R= 0,59$), водно-термічним коефіцієнтом ($R = 0,69$) та коефіцієнтом зволоження М. М. Іванова ($R = 0,76$), як пов'язані із вологозабезпеченістю періоду.

На виживання рослин суттєво впливали умови забезпеченість посівів вологою протягом генеративного періоду та періоду вегетації, про що свідчить кореляція із водно термічним коефіцієнтом та коефіцієнтом зволоження. Зворотній зв'язок показників упродовж фази сходи – бутонізація може бути зумовлений різким погіршенням стану рослин при різкому зростанні дефіциту вологи протягом генеративного періоду розвитку.

Коефіцієнти кореляції між окремими жирними кислотами у сортів традиційного складу за різних умов зволоження наведено в табл. 8.3.

Таблиця 8.3

Кореляційні зв'язки між вмістом основних жирних кислот у насінні льону олійного сорту Південна ніч за різних умов вологозабезпечення

Жирні кислоти	Кислоти				
	пальмітинова	стеаринова	Олеїнова	лінолева	ліноленова
Пальмітинова	–	0,46	0,24	-0,45	-0,22
Стеаринова	<u>0,35</u>	–	0,23	-0,17	-0,51
Олеїнова	<u>0,35</u>	<u>0,77</u>	–	-0,26	-0,62
Лінолева	<u>-0,38</u>	<u>-0,55</u>	<u>-0,41</u>	–	-0,42
Ліноленова	<u>-0,36</u>	<u>-0,70</u>	<u>-0,92</u>	<u>0,06</u>	–

Примітка: **без зрошення; при зрошенні**

На обох варіантах зволоження встановлена зворотна залежність між вмістом ліноленової та олеїнової ($R_c = -0,62$, $R_z = -0,92$), а також стеаринової кислоти ($R_c = -0,51$, $R_z = -0,7$). В умовах зрошення проявлявся прямий тісний зв'язок між олеїновою та стеариновою кислотами ($R = 0,77$). Решта зв'язків була менш вираженими або вони були відсутні.

Оскільки технічна частина стебла рослин льону формується протягом передгенеративного періоду, а зона верхнього галуження пагону (зона

розміщування коробочок) з'являється в генеративний період, доцільно розглянути зв'язок лінійних розмірів стебла із тривалістю окремих фенологічних фаз (табл. 8.4).

Таблиця 8.4

**Кореляційні зв'язки довжини стебла та тривалості міжфазних періодів
(середнє за 2009–2013 рр.)**

Міжфазні періоди	Загальна довжина		Технічна довжина	
	без зрошення	при зрошенні	без зрошення	при зрошенні
Сходи – ялинка	-0,11...0,51	-0,30...0,91	-0,57...0,63	-0,07...0,87
Ялинка – бутонізація	0,07...0,82	-0,16...0,72	0,45...0,82	0,42...0,80
Бутонізація – цвітіння	0,61...0,72	0,45...0,81	0,48...0,58	0,34...0,71
Цвітіння – зелена стиглість	-0,75... -0,46	-0,75...0,15	-0,71... -0,20	-0,74... -0,31
Сходи – цвітіння	0,44...0,90	0,19...0,89	0,53...0,90	0,54...0,80
Ялинка – цвітіння	0,36...0,84	0,18...0,80	0,52...0,82	0,51...0,76

На технічну довжину стебла, незалежно від умов зволоження, позитивно впливала тривалість міжфазного періоду ялинка – бутонізація. Коефіцієнти кореляції у роки досліджень складали відповідно $R_c = 0,45...0,82$ та $R_z = 0,42...0,80$. В окремі роки проявлявся зв'язок й з тривалістю між фазного періоду сходи – ялинка . Тому в цілому сорти із більш тривалими фазами ялинка, швидкий ріст та частково бутонізація, формували більшу технічну довжину стебла.

На формування загальної довжини стебла впливає тривалість періоду бутонізація – цвітіння, де коефіцієнти кореляції в роки досліджень були в межах $R_c = 0,61...0,72$ та $R_z = 0,45...0,81$. Тому узагальнено сорти із більш тривалим передгенеративним та раннім генеративним періодами формували більшу загальну довжину стебла. Одночасно період цвітіння – зелена стиглість не мав визначального значення для формування лінійних розмірів стебла.

У результаті статистичної обробки експериментальних даних вимірювання діаметру стебел через кожні 5 см при переміщенні від гузиря до

верхівки було отримано математичні моделі побудовані лінійна та поліноміальна лінії тренду (табл. 8.5).

Таблиця 8.5

**Математичні моделі зміни діаметра стебла по довжині, мм
(середнє за 2011-2013 рр.)**

Сорти (B)	Модель та похибка апроксимації			
	Лінійна	R ²	Поліноміальна	R ²
Без зрошення (A)				
Айсберг	$Y = 2,44 - 0,2X$	0,93	$Y = 2,07 - 0,020X^2 - 0,001X$	0,98
Блакитно помаранчевий	$Y = 1,92 - 0,15X$	0,86	$Y = 1,48 - 0,024X^2 + 0,086X$	0,97
Віра	$Y = 2,38 - 0,18X$	0,90	$Y = 2,13 - 0,014X^2 - 0,048X$	0,93
ВНІМК 620	$Y = 1,96 - 0,12X$	0,86	$Y = 1,68 - 0,015X^2 + 0,034X$	0,93
Глінум	$Y = 2,31 - 0,16X$	0,91	$Y = 1,92 - 0,015X^2 + 0,024X$	0,98
Дебют	$Y = 1,88 - 0,13X$	0,95	$Y = 1,79 - 0,005X^2 - 0,079X$	0,96
Еврика	$Y = 1,85 - 0,13X$	0,77	$Y = 1,46 - 0,021X^2 - 0,086X$	0,88
Золотистий	$Y = 2,20 - 0,19X$	0,95	$Y = 1,86 - 0,019X^2 - 0,002X$	0,99
Ківіка	$Y = 1,59 - 0,12X$	0,88	$Y = 1,39 - 0,011X^2 - 0,010X$	0,92
Лірина	$Y = 1,70 - 0,13X$	0,92	$Y = 1,44 - 0,014X^2 - 0,030X$	0,96
Надійний	$Y = 1,79 - 0,12X$	0,83	$Y = 1,52 - 0,015X^2 + 0,023X$	0,89
Орфей	$Y = 2,23 - 0,19X$	0,96	$Y = 2,0 - 0,013X^2 - 0,057X$	0,98
Південна ніч (St)	$Y = 1,73 - 0,12X$	0,83	$Y = 1,52 - 0,012X^2 - 0,006X$	0,87
Ручеек	$Y = 1,77 - 0,13X$	0,85	$Y = 1,42 - 0,020X^2 + 0,066X$	0,95
При зрошенні				
Айсберг	$Y = 2,21 - 0,15X$	0,90	$Y = 1,92 - 0,014X^2 - 0,004X$	0,95
Блакитно помаранчевий	$Y = 2,34 - 0,14X$	0,95	$Y = 2,50 + 0,007X^2 - 0,214X$	0,97
Віра	$Y = 2,38 - 0,17X$	0,98	$Y = 2,34 - 0,002X^2 - 0,148X$	0,98
ВНІМК 620	$Y = 2,02 - 0,14X$	0,88	$Y = 1,65 - 0,014X^2 + 0,028X$	0,95
Глінум	$Y = 2,52 - 0,10X$	0,97	$Y = 2,33 - 0,004X^2 - 0,037X$	0,99
Дебют	$Y = 1,81 - 0,11X$	0,96	$Y = 1,81 + 0,001X^2 - 0,111X$	0,96
Еврика	$Y = 0,21 - 0,16X$	0,92	$Y = 1,80 - 0,014X^2 - 0,006X$	0,97
Золотистий	$Y = 2,60 - 0,19X$	0,96	$Y = 2,42 - 0,008X^2 - 0,102X$	0,97
Ківіка	$Y = 1,68 - 0,09X$	0,88	$Y = 1,76 + 0,004X^2 - 0,136X$	0,88
Лірина	$Y = 2,02 - 0,15X$	0,95	$Y = 1,88 - 0,006X^2 - 0,078X$	0,96
Надійний	$Y = 1,78 - 0,12X$	0,91	$Y = 1,60 - 0,007X^2 - 0,033X$	0,94
Орфей	$Y = 2,20 - 0,15X$	0,89	$Y = 1,96 - 0,011X^2 - 0,033X$	0,92
Південна ніч (St)	$Y = 1,88 - 0,10X$	0,93	$Y = 1,76 - 0,005X^2 - 0,048X$	0,94
Ручеек	$Y = 1,82 - 0,11X$	0,79	$Y = 1,60 - 0,010X^2 - 0,001X$	0,84

Примітка: X – градація вимірювань із інтервалом у 5 см

Найбільші зміни розмірів стебла відбуваються в зоні нижнього та верхнього галуження. В середній частині хід перетворення має лінійний характер. Процес тоншання стебла досліджуваних об'єктів відбувається аналогічно та немає сортових особливостей. Найбільш інтенсивно діаметр

стебла зменшується в зоні розташування коробочок. За умов зрошення рослини льону формують стебла більшого діаметру по усій його довжині. У льонувдовгунця сорту Глінум стебло більш однакове за діаметром, та змінюється менше ніж у олійних сортів. Представлені математичні моделі мають високу достовірність, коефіцієнт детермінації лінійного тренду змінюється у межах $R^2 = 0,77-0,98$, а поліноміального тренду $R^2 = 0,87-0,99$, що свідчить про високий ступінь впливу досліджуваного фактору.

Кореляційно-регресійним моделюванням доведено, що ефективність використання азотних добрив значною мірою залежить від умов зволоження (рис. 8.1).

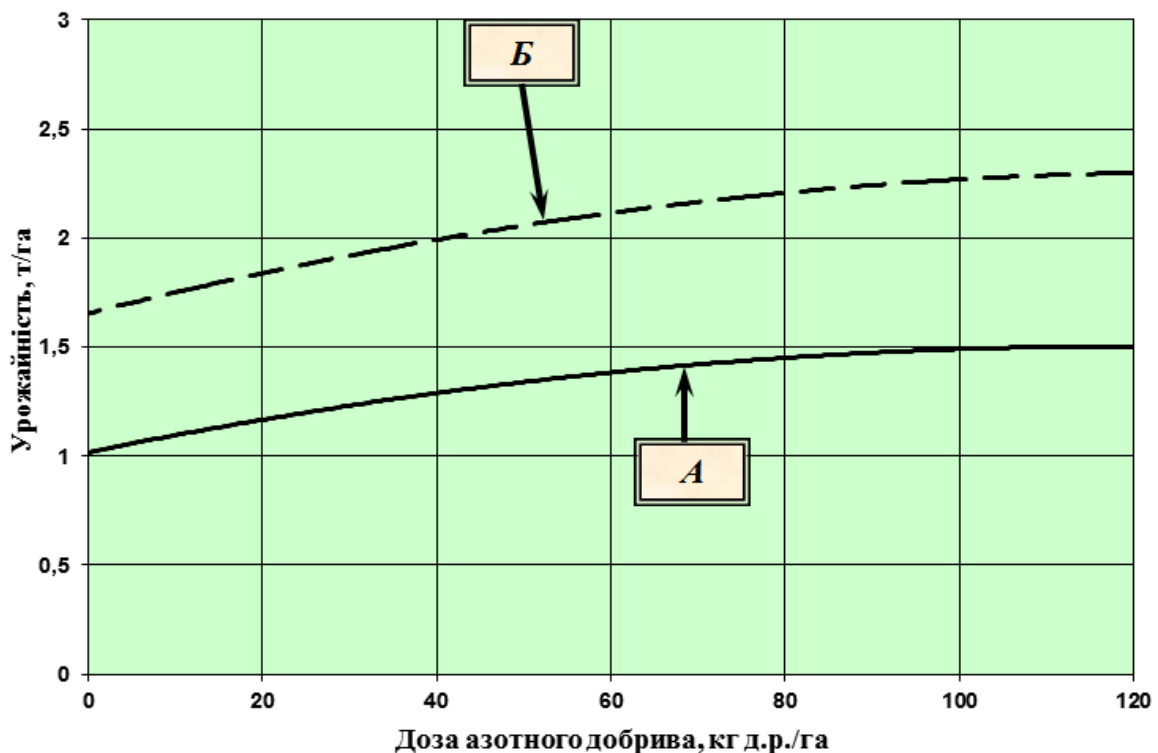


Рис. 8.1 Кореляційно-регресійна модель теоретичної урожайності насіння льону олійного залежно від дози азотного добрива (кг д.р./га) в умовах:
A – без зрошення ($y = -0,0005x^2 + 0,0081x + 1,0181$; $R^2 = 0,9275$);
B – при зрошенні ($y = -0,00005x^2 + 0,01x + 1,3976$; $R^2 = 0,9198$)

Теоретична врожайність насіння льону олійного без зрошення становила 1,2 т/га за внесення елементів живлення 30 кг д.р./га по азоту, при підвищенні фону азотного живлення до N_{60} – цей показник збільшився до 1,4 т/га або на 16,7%. Подальше зростання до N_{90} сприяло підвищенню врожайності на 7,1%, а

збільшення понад 90 кг д.р./га вже не призводило до зростання насінневої продуктивності рослин льону олійного.

Моделювання врожайності насіння при зрошенні дозволило встановити, що в діапазоні фону азоту від 0 до 60 кг д.р./га відбувається підвищення цього показника – з 1,6 до 2,2 т/га. Зростання дози добрив може забезпечити підвищення врожайності льону до рівня 2,2–2,3 т/га, що зафіксовано на фоні внесення добрив із розрахунку по азоту 100–120 кг д.р./га.

Як за умов природного зволоження, так і на зрошуваних ділянках відзначено дуже висока ступінь тісноти кореляційного зв'язку з показниками коефіцієнтів детермінації понад 0,9, що підтверджує велику роль азотних добрив при вирощуванні льону олійного в умовах півдня України.

Встановлено майже лінійний від'ємний зв'язок між показниками ширини міжряддя та величиною врожайності досліджуваної культури (рис. 8.2).

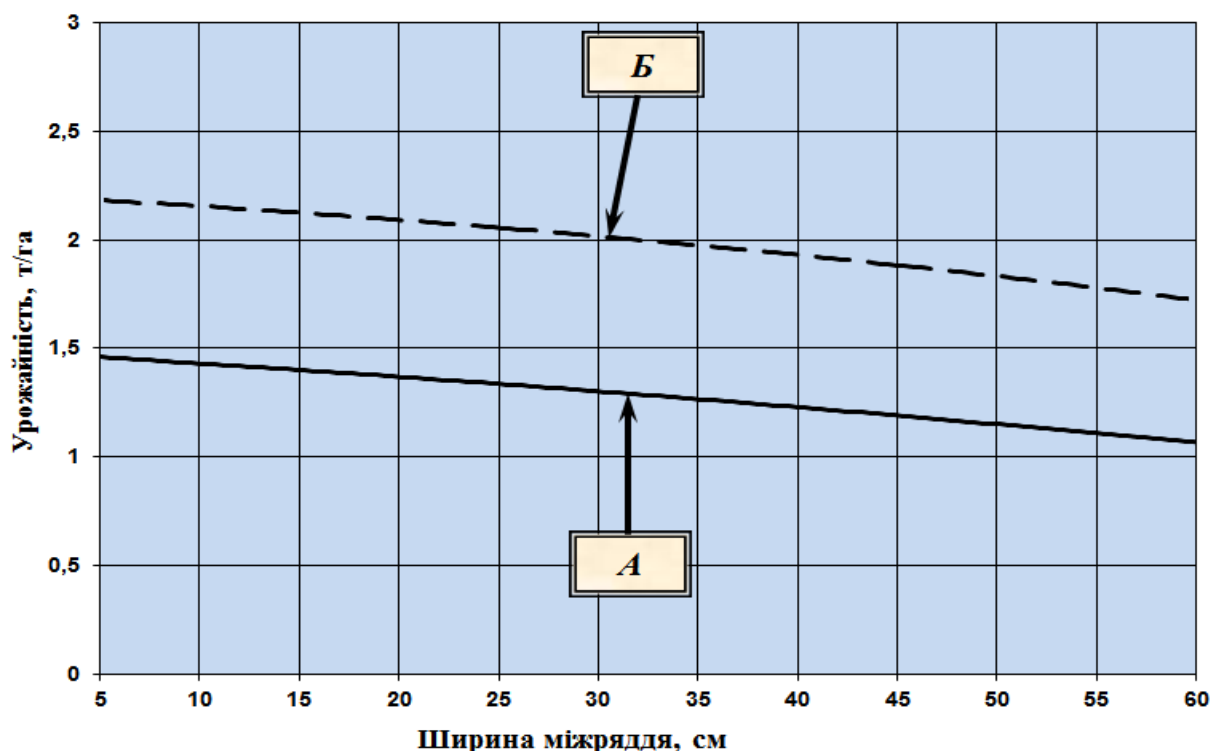


Рис. 8.2 Кореляційно-регресійна модель теоретичної урожайності насіння льону олійного залежно від ширини міжряддя (см) в умовах:

А – без зрошення ($y = -0,0005x^2 - 0,0053x + 1,4857$; $R^2 = 0,8395$);

Б – при зрошенні ($y = -0,0000005x^2 - 0,0046x + 1,9514$; $R^2 = 0,8511$)

За умов природного зволоження найбільша насіннева продуктивність

досліджуваної культури на рівні 1,4 т/га була при міжряддях 5–15 см. За збільшення ширини міжрядь понад 45 см зафіксовано суттєве зменшення змодельованих значень урожайності врожайності більш ніж на 7,7%.

При зрошенні зафіксована ідентична тенденція щодо зменшення врожайності насіння льону олійного в наслідок розширення міжряддя з 5–15 до 45–60 см. Так, за ширини міжрядь у межах 5–30 см розрахункова врожайність зменшується на 10%, а в діапазоні міжрядь шириною 30–60 см на 25%.

Отже, підтверджено, що льон олійний незалежно від умов зволоження негативно реагує на розширення міжряддя, що необхідно враховувати при формуванні технології вирощування культури, для одержання високої врожайності та максимальної економічної ефективності.

Поліноміальні кореляційно-регресійні залежності врожайності льону олійного свідчать про те, що за умов природного зволоження норма висіву має високий вплив продуктивність рослин, а у зрошуваному варіанті, навпаки, несуттєвий (рис. 8.3).

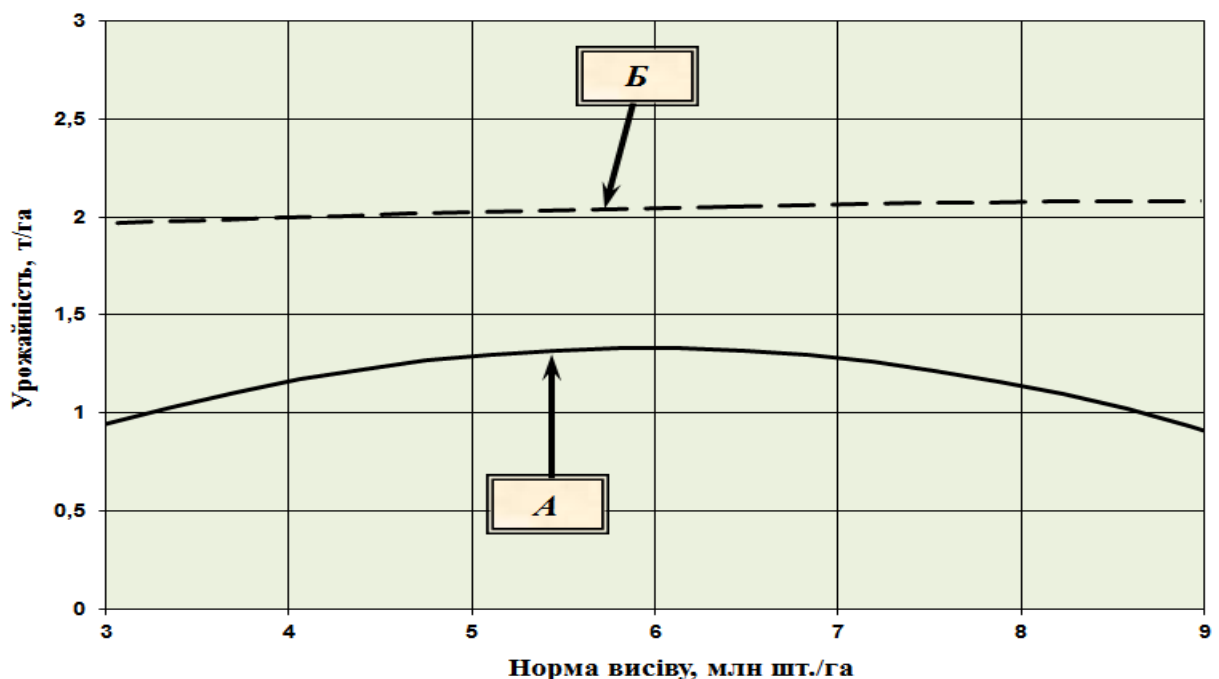


Рис. 8.3 Кореляційно-регресійна модель теоретичної урожайності насіння льону олійного залежно від норми висіву (млн шт./га) в умовах:

A – без зрошення ($y = -0,045x^2 + 0,535x - 0,26$; $R^2 = 0,7905$);

B – при зрошенні ($-0,0025x^2 + 0,0495x + 1,5445$; $R^2 = 0,7349$)

У незрошуваному варіанті теоретична врожайність насіння досліджуваної

культури помітно зростає при підвищенні норми висіву з 3 до 6 млн шт./га де вона становить 1,3 т/га. При подальшому зростанні норми висіву відзначено зменшення розрахункової врожайності льону олійного.

За умов зрошення вплив норми висіву на насінневу продуктивність льону олійного був слабким, проте виявлено тенденцію збільшення змодельованої врожайності, яка знаходиться в межах 1,9–2,1 т/га, при підвищенні норми висіву з 3 до 9 млн шт./га.

8.2 Моделювання параметрів екологічної пластичності досліджуваних сортів льону за різних умов зволоження

Для вираження екологічної стійкості урожайності досліджуваного сортового складу льону в різних умовах вологозабезпечення був застосований метод аналізу за загальною та специфічною адаптивною здатністю у викладенні Кильчевського А. В., Хотилевої Л. В. [154]. Дана методика дозволяє оцінити об'єкти селекції за стійкістю до абіотичних та біотичних факторів за їх загальною та специфічною адаптивною здатністю та стабільністю. Відмінності в урожайності сортів на фонах вологозабезпечення по рокам розглядалися як взаємодія «сорт × умови середовища» ефект якого аналізується як дисперсійний комплекс.

В селекції для оцінки гомеостатичності застосовують широкий перелік критеріїв, що відображають різні сторони процесу [20]. В даному випадку для оцінки параметрів адаптивної здатності та екологічної стабільності сортів доцільно використати такі статистичні показники як середнє значення його корисних ознак; загальну (ЗАЗ) та специфічну (САЗ) адаптивну здатність; відносну стабільність; пластичність; цінність генотипу (ЦГ).

Адаптивна здатність відображає реакцію сортів за певних умов. При цьому загальна адаптивна здатність (ЗАЗ) характеризує середні значення корисних ознак в усьому діапазоні умов середовища, а специфічна адаптивна здатність (САЗ) такі відхилення від першої у конкретному середовищі [153].

Відносна стабільність дозволяє проводити порівняння із різним набором сортів, середовищ та ознак. Екологічна пластичність сорту є його біологічною здатністю пристосовуватися до умов проживання, та відповідно зберігати стабільно високі значення корисних ознак у різних природно-кліматичних умовах [154].

Чим більш пластичний сорт, тим вища стійкість його ознак за змінних умов зовнішнього середовища та вища його здатність забезпечувати високу продуктивність на високих агрофонах, як за сприятливих, так й за несприятливих умов. Цінність генотипу є показником, що відображає поєднання в одному об'єкті високої продуктивності та стабільності.

Статистична обробка отриманих в експерименті даних свідчить про достовірність впливу досліджуваних ефектів сортів та середовища та дозволила виявити частку впливу кожного із них на величину урожаю як насіння так й соломи (табл. 8.6).

Таблиця 8.6

**Результати дисперсійного аналізу урожайності продукції льону
(середнє за 2011–2013 рр.)**

Джерело варіювання	Насіння				Солома			
	S ²	F _φ	F ₀₅	частка впливу,%	S ²	F _φ	F ₀₅	частка впливу,%
Умови волого-забезпечення (фактор А)	305,0	476,0	2,25	51,6	1891	1060	2,25	62,4
Похибки й (C _{ZI})	81,3	126,9	1,76	5,6	308,4	172,9	1,76	3,0
Сорти (фактор В)	3,22	5,03	1,36	35,7	18,9	10,6	1,36	26,5
Взаємодії АВ	0,641	–	–	7,1	1,78	–	–	8,1

По кожному із факторів та їх взаємодії при 5% рівні значимості $F_{\phi} > F_{05}$. найбільший вплив на формування урожаю насіння та соломи має вологозабезпечення культури, 51,6 та 62,4%, відповідно. Значення сорту оцінюється на рівні 35,7 та 26,5%, тоді як взаємодія цих факторів складала 7,1% для насіння та 8,1% для соломи.

Розрахунки параметрів екологічної стійкості сортів за різних умов вологозабезпечення свідчать, що найвищою загальною адаптивною здатністю характеризувалися сорти Орфей, Айсберг та ВНІМК 620, які у середньому в досліджуваних умовах формували найвищий урожай насіння (табл. 8.7).

Таблиця 8.7

Параметри адаптивної здатності та стабільності сортів льону за різних умов вологозабезпечення (середнє за 2011-2013 рр.)

Сорти	Параметри						
	V_i ЗАЗ	$\sigma^2(G \times E)_{gi}$	$\sigma^2 CAS_i$	S_{gi}	ЦГ _i	K_{gi}	L_{gi}
Насіння							
Айсберг	1,11	0,33	5,69	14,9	8,69	1,07	0,06
Блакитно помаранч.	0,41	0,50	5,95	16,0	7,82	1,12	0,08
Віра	0,22	-0,05	4,42	13,9	8,67	0,83	-0,01
ВНІМК	1,03	0,22	7,23	16,9	7,68	1,36	0,03
Глінум	-5,87	2,47	2,05	16,0	4,61	0,39	1,21
Дебют	0,20	0,42	8,35	19,2	6,24	1,57	0,05
Евріка	0,65	0,02	5,89	15,7	8,10	1,11	0,00
Золотистий	-1,42	0,93	6,45	18,9	5,69	1,21	0,14
Ківіка	-0,47	0,08	5,81	16,8	7,03	1,09	0,01
Лірина	0,86	0,85	8,46	18,5	6,85	1,59	0,10
Надійний	0,80	0,01	6,17	15,9	8,08	1,16	0,00
Орфей	1,41	1,29	7,29	16,6	8,03	1,37	0,18
Південна ніч (St)	0,05	0,97	4,75	14,6	8,26	0,89	0,20
Ручеек	1,02	0,70	6,33	15,9	8,20	1,19	0,11
Солома							
Айсберг	-1,82	3,70	15,42	18,6	13,71	0,46	0,24
Блакитно помаранч.	0,58	3,39	31,97	24,0	12,83	0,96	0,11
Віра	-2,38	0,46	39,12	30,4	8,72	1,17	0,01
ВНІМК	-1,82	6,76	19,98	21,1	12,68	0,60	0,34
Глінум	8,43	3,74	51,23	22,8	17,82	1,53	0,07
Дебют	-3,95	1,69	22,64	25,0	10,00	0,68	0,07
Евріка	0,40	0,58	30,97	23,8	12,81	0,93	0,02
Золотистий	-4,88	0,94	32,24	31,4	7,32	0,97	0,03
Ківіка	-2,28	1,32	45,34	32,5	7,91	1,36	0,03
Лірина	1,87	2,26	38,10	24,8	13,13	1,14	0,06
Надійний	5,55	16,79	74,44	30,2	12,15	2,23	0,23
Орфей	0,78	5,49	56,48	31,6	9,50	1,69	0,10
Південна ніч (St)	-1,62	3,38	46,83	32,0	8,37	1,40	0,07
Ручеек	1,12	6,03	24,16	20,4	14,77	0,72	0,25

При цьому найменша ЗАЗ була у прядивного сорту Глінум, а також сорту Золотистий. За урожайністю соломи максимальною загальною адаптивною

здатність була у сорту Глінум, серед об'єктів олійного призначення – у сортів Надійний та Лірина.

Із позицій подвійного використанні узагальнено до групи, яка характеризується найвищою загальною адаптивною здатністю за урожайністю одночасно насіння й соломи належать сорти Орфей, Ручеек, Лірина та Надійний. За варіансою $\sigma^2(G \times E)_{gi}$ оцінюється взаємодії об'єктів та середовища. Вона дозволяє оцінювати норму реакції кожного сорту на одиницю зміни середовища.

Найвищою вона була у сортів Глінум Орфей Південна ніч та Золотистий, при використанні їх для отримання насіння, та у сортів Надійний, ВНІМК 620 й Ручеек за урожайністю соломи. За подвійного використання такими є сорти Орфей, Ручеек Надійний та Південна ніч. Висока окупність вологозабезпечення сортом Глінум зумовлена його екотипом, оскільки умови півдня України для нього є нетиповими.

Мірою стабільності кожного сорту може виступати варіанса SAC_i . Судячи із $\sigma^2 SAC_i$ найбільш пластичними в досліджуваних умовах за урожайністю насіння були сорти Лірина, Дебют та Орфей, а за урожайністю соломи сорти Надійний, Орфей та Глінум. Між показниками урожайності та стабільності виявлено тісний кореляційний зв'язок який складав для насіння $R_n = 0,71$, а соломи $R_c = 0,58$.

На основі показників стабільності була визначена відносна стабільність сортів S_{gi} , як універсальна величина, що характеризує здатність сорту формувати стабільні значення ознак за різних умов середовища. При використанні льону на насіння відносна стабільність сортів змінювалася від 19,2% у сорту Дебют до 13,9% у сорту Віра. За урожайністю соломи коливання відбувалися у ширшому діапазоні та складали від 32,5% у сорту Ківіка до 18,6% у сорту Айсберг. Із позиції подвійного використання вищу стабільність продуктивності демонстрували сорти Айсберг, Ручеек та Евріка тоді як у сортів Золотистий, Ківіка й Дебют коливання урожайності було найбільшими.

Відповідно до розрахунків ЦГ_i найвищу значущість при традиційному використанні представляють собою сорти Айсберг, Віра, Південна ніч, а із позиції використання соломи Глінум, Ручеек, Айсберг. Узагальнено при подвійному використанні така група включає сорти Айсберг, Ручеек. Найменш придатними є сорти Золотистий та Ківіка.

Коефіцієнт компенсації K_{gi} відображає стабільність генотипу – здатність сорту формувати високі значення показників за сприятливих умов та низькі за несприятливих. Значення коефіцієнту коливалися від 1,59-1,57 у сортів Лірина та Дебют до 0,39 у сорту Глінум. При оцінці соломи його значення змінювалися від 2,23 у сорту Надійний до 0,46 у сорту Айсберг.

Реакція олійних сортів урожаєм насіння на зміну умов середовища носить лінійний характер, що підтверджує значення коефіцієнту не лінійності L_{gi} , який не перевищував 0,2. У сорту Глінум він був найбільшим – 1,21. За урожайністю соломи коефіцієнт нелінійності досягав найвищого значення 0,34 у сорту ВНІМК 620.

Аналіз середовищ свідчить про суттєві переваги зрошення щодо формування урожайності як насіння, так і соломи (табл. 8.8).

Таблиця 8.8

Оцінка впливу на формування врожайності насіння та соломи параметрів умов середовища

Продукція та умови	Параметри середовища					
	$u+dk$	$\sigma^2(G \times E)_{ek}$	$\sigma^2 ДЗС_k$	S_{gk}	L_{ek}	K_{ek}
Насіння без зрошення	12,8	1,05	4,72	16,9	0,22	0,59
Насіння при зрошенні	16,9	0,72	8,74	17,5	0,08	1,10
Солома без зрошення	18,0	4,51	21,2	25,6	0,21	0,43
Солома при зрошенні	28,0	6,6	38,8	22,3	0,17	0,79

Реакція сортів при зрошення збільшенням урожайності насіння була меншою, порівняно із зростанням урожайності соломи. Варіанса $\sigma^2(G \times E)_{ek}$ для насіння складала 1,05 та 0,72, тоді як для соломи 4,51 та 6,6 відносно досліджуваних умов зволоження. При цьому зрошення проявляло сильно виражену диференційну здатність щодо сортів.

На цьому фоні $\sigma^2ДЗC_k$ досягало найвищих значень, відповідно 8,74 для насіння та 38,8 для соломи. Відносна диференційна здатність умов зрошення S_{gk} щодо урожайності насіння зростала на 0,6 в.п., тоді як за урожайністю соломи зменшувалася на 3,3 в.п. Така особливість на нашу думку зумовлена специфікою досліджуваного сортового складу, де переважають сорти олійного призначення, а добір проводився за насіннєвою продуктивністю.

Мінливість урожайності сортів в умовах зрошення носить виражений лінійний характер. Коефіцієнт не лінійності реакції на середовище L_{ek} коливався в межах від 0,08 до 0,22.

Коефіцієнт компенсації середовища K_{ek} свідчить, що по досліджуваних сортах в умовах зрошення урожайність як насіння так й соломи є більш стабільним по величині, порівняно із умовами природного зволоження. Це свідчить, що в умовах півдня України вологозабезпечення є обмежуючим фактором у формуванні продуктивності льону олійного, як основної, так й побічної продукції. Зрошення дозволяє краще реалізувати генетичний потенціал наявних сортів. При цьому спостерігається стабілізація та збільшення урожайності, як насіння, так і соломи.

8.3 Управління продукційним процесом та оптимізація елементів технологій вирощування льону олійного з використанням комп'ютерних засобів та програми CROPWAT

У складних біологічних системах важливе значення має встановлення впливу природних і агротехнологічних чинників на ростові процеси рослин та прогнозування продуктивності агроecosystem. Переважно для вирішення завдань з прогнозування використовують лінійні моделі, які побудовані на точності прогнозуючих функцій, проте мають ряд недоліків [391].

В останні роки як один з більш прогресивних механізмів нелінійного моделювання складних біологічних систем були запропоновані нейронні

мережі, які складаються з сукупності математичних нейронів, пов'язаних між собою з різним ступенем взаємозв'язків. Як правило, транслокаційні функції усіх нейронів у мережі чітко зафіксовані, проте вагові параметрами мережі можуть змінюватися. Подаючи будь-які числа на входи мережі, можна отримати різні набори інформації на виходах мережі. Таким чином, робота нейромережі полягає в перетворенні вхідного вектору у вихідний вектор, причому це перетворення задається вагами мережі [391].

Зазвичай при моделюванні продуктивності агроєкосистем виділяють параметри таких класів: ґрунт; гідротермічні умови; дані про досліджувану культуру. Проте за результатами чисельних експериментів виявлено наступні недоліки таких моделей: структуру мережі і її навчання необхідно проводити під кожен конкретну культуру; у зв'язку з великою кількістю параметрів мережі, завдання має високу обчислювальну потужність; складність рішення зворотної задачі; запровадження в модель нових параметрів вимагає перенавчання усієї нейронної мережі [391].

Для усунення перерахованих недоліків раціональним є введення модульної структури нейронної мережі.

Модульність нейронної мережі дозволяє здійснювати ієрархічну декомпозицію складного завдання в ряд найпростіших підзадач, а відповідна структура мережі може бути оптимізована під конкретне завдання. Для розмежування багатьох параметрів агроєкосистеми необхідно виділити три вхідні елементи (модулі): родючість ґрунту, погодні умови, агротехнологічні операції.

Сформовані модулі мають такі загальні характеристики:

– модуль «Родючість ґрунту» дозволяє кількісно та якісно відобразити показники родючості. Спираючись на сучасні погляди з цього питання [391], до вхідних параметрів цього модулю слід віднести: вміст гумусу, елементів живлення; фізико-механічні властивості ґрунту, біологічна активність та інші. Вихід модуля слід охарактеризувати як індекс потенційної родючості ґрунту.

Даний модуль включає фони мінерального живлення відповідно до норми внесення мінеральних добрив із врахуванням умов зволоження;

– модуль «Погодні умови» охоплює основні метеорологічні параметри, які безпосередньо впливають на продуктивність рослин: сонячна радіація, кількість атмосферних опадів, показники температурного режиму, відносна вологість повітря, розрахункові біокліматичні показники. Цей модуль включає показники сум ефективних температур повітря та кількість опадів за період вегетації культури;

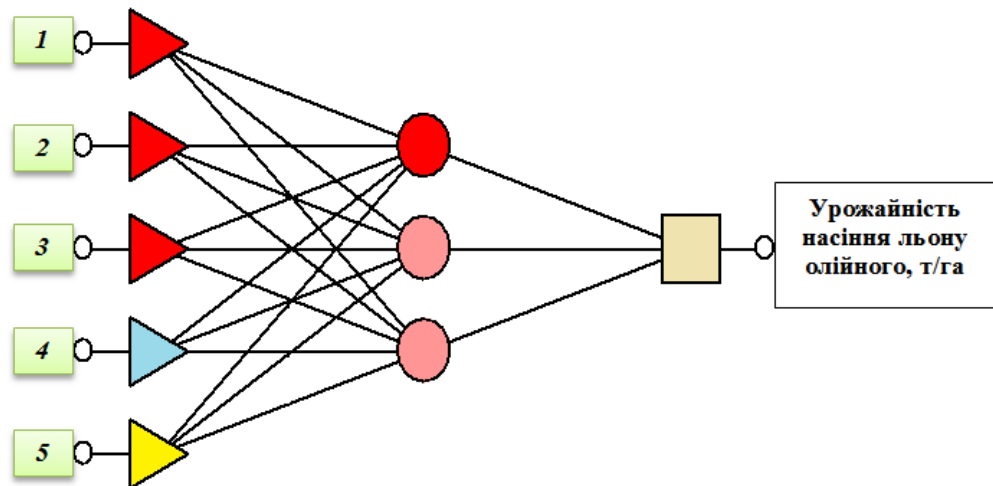
– модуль «Агротехнологічні операції» складається з багатьох елементів, що, які передбачені технологією вирощування культури та спрямовані на покращення умов існування, регулювання чисельності шкідливих організмів тощо.

Застосування даної схеми для моделювання продуктивності льону олійного дозволяє використовувати модулі «Родючість ґрунту» та «Погодні умови», для подальшого моделювання продуктивності інших культур сівозміни без ускладнення та перебудови усієї мережі.

Модуль «Агротехнологічні операції» розробляється персонально для льону олійного з урахуванням особливостей його росту й розвитку, зокрема вирощування при зрошенні, тощо.

За необхідності модель може бути доповнена додатковими модулями без її повної перебудови.

З використанням програмного комплексу Statistica було проведено моделювання продукційних процесів рослин льону олійного для незрошуваних умов та для зрошуваних земель. Доведено, що досліджувані фактори (фон мінерального живлення, ширина міжряддя та норма висіву насіння) мають важливе значення з точки зору формування величини врожаю льону олійного, тому в архітектурі змодельованої нейронної мережі забарвлені у червоний колір (рис. 9.4).



Примітки: 1 – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); 2 – ширина міжряддя (см); 3 – норма висіву насіння (млн шт./га); 4 – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); 5 – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.4 Архітектура нейронної мережі врожайності насіння льону олійного за умов природного зволоження залежно від впливу агротехнічних і природних чинників (архітектура: GRNN 5:5-3-1:1 , N = 4; продуктивність навчальна – 0,154, контрольна продуктивність – 45,54, тестова продуктивність – 22,39)

Слід відзначити, що вплив нерегульованих природних чинників (кількість атмосферних та сума ефективних температур повітря), які були включені в нейронну мережу також мали вплив, причому збільшення кількості опадів мало додатний ефект, а зростання суми ефективних температур, навпаки, зворотній.

Тріада взаємодії факторів впливу віддзеркалює максимальну ефективність оптимізації системи удобрення, ширини міжряддя та норм висіву, які забезпечують одержання високої врожайності насіння досліджуваної культури. Взаємодія другого та третього елемента тріади мають рожевий колір, що свідчить про зниження тісноти нейронного зв'язку серед вихідних факторів впливу. Також в сформованій нейронній мережі слід відзначити високі показники контрольної та тестової продуктивності – 45,5 та 22,4, відповідно.

За результатами навчання створеної нейронної мережі продуктивності льону олійного за вирощування на незрошуваних землях півдня України

встановлено, що архітектура нейронів на першому елементі (фон мінерального живлення) складалася лінійної функції – 5:5-1:1 (табл. 8.9).

Таблиця 8.9

**Складові елементи нейронної мережі агроекологічної моделі
продуктивності льону олійного в незрошуваних умовах півдня України
залежно від природних та агротехнічних чинників**

№* з/п	Архітек- тура	Продуктивність			Похибка		
		навчальна	контрольна	тестова	навчальна	контрольна	тестова
1.	Лінійна 5:5-1:1	0,0012	1011	880,1	0,0002	1,2554	1,936
2.	БП 3:3-4-1:1	0,0311	8,327	5,158	0,0083	0,0095	0,0115
3.	БП 2:2-4-1:1	0,2834	7,966	5,22	0,0075	0,0090	0,0118
4.	GRNN 5:5-3-1:1	0,1540	45,54	22,39	0,0054	0,0089	0,0077
5.	GRNN 5:5-1-1:1	0,2873	48,02	42,31	0,0099	0,0071	0,0141

Примітки: * – градація факторів як на рис. 9.5

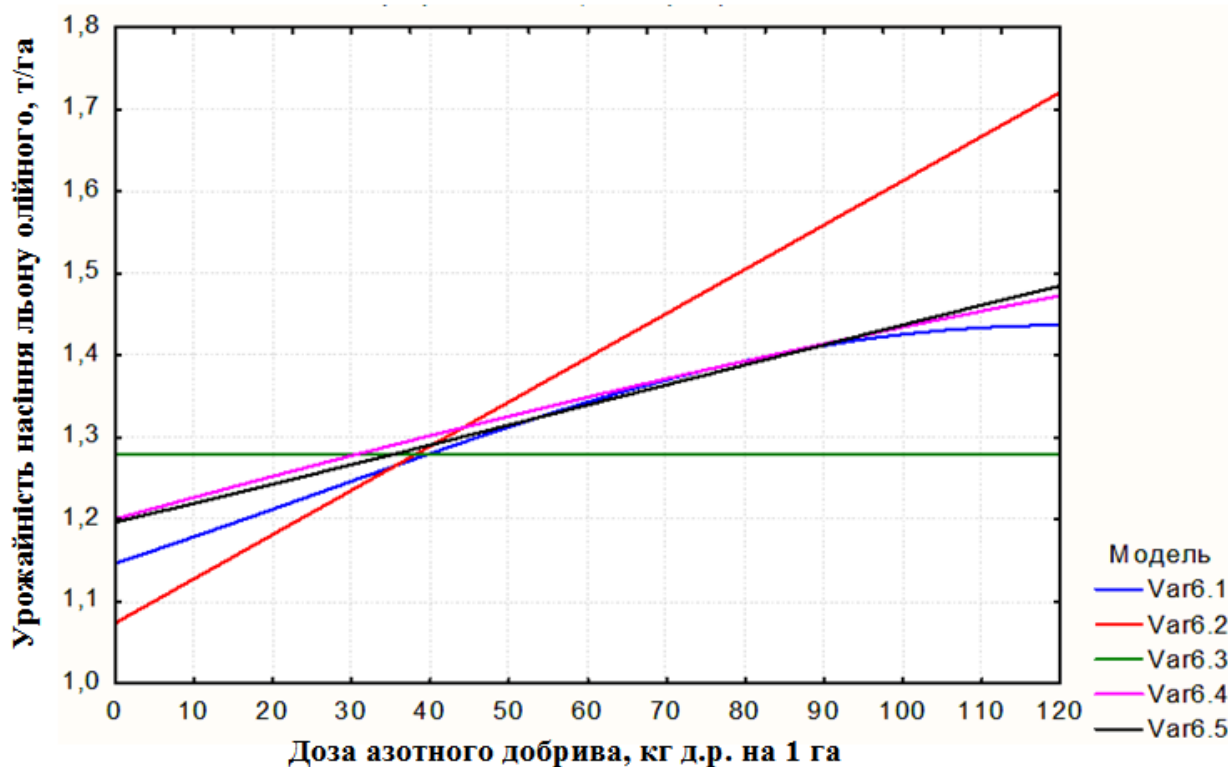
БП – багатошаровий перцептрон; GRNN – радіально базисна функція

На другому (ширина міжрядь) та третьому (норма висіву насіння) елементах мережі відзначено багатошарові перцептрони – відповідно БП 3:3-4-1:1 та БП 2:2-4-1:1. На четвертому (кількість атмосферних опадів) та п'ятому (сума ефективних температур повітря) входних елементах нейронної мережі зафіксовано радіально-базисні функції архітектури – GRNN 5:5-3-1:1 та GRNN 5:5-1-1:1, відповідно.

Мінімальна навчальна продуктивність – 0,0012 була відзначена на першому елементі моделі (фон мінерального живлення) за лінійної структури архітектури нейронної мережі, проте саме на цьому варіанті контрольна та тестова продуктивність мала найвищі значення – відповідно 1011 та 880, що більше за інші елементи моделі в 21,1–170,6 рази.

Похибки розробленої нейронної мережі – навчальні, контрольні та тестові коливалися в межах від 0,0002 до 0,0115, крім контрольної та тестової похибки на першому елементі моделі, де вона підвищилася до 1,16–1,94.

Цікаві результати одержано за результатами формування графіків відгуку між змодельованими показниками фону мінерального живлення та врожайністю насіння льону олійного у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі (рис. 8.5).



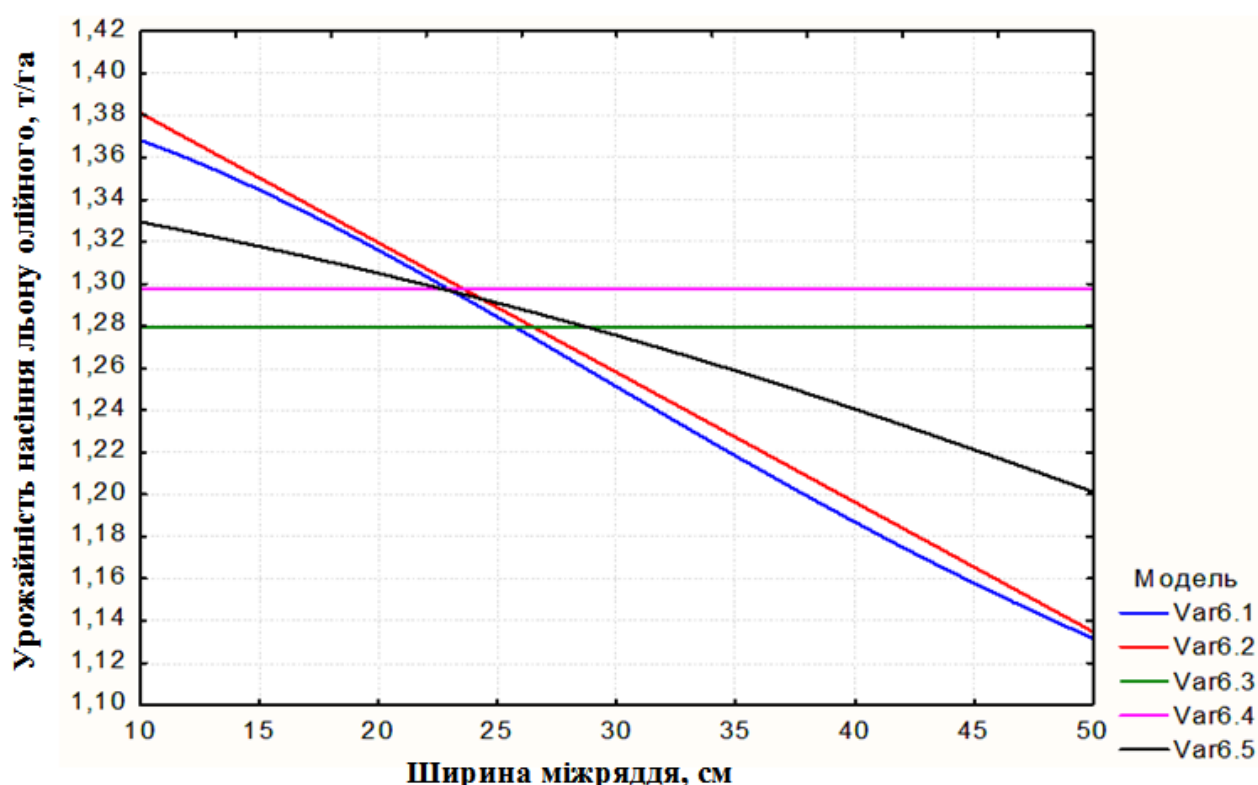
Примітки: **Var6.1** – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); **Var6.2** – ширина міжряддя (см); **Var6.3** – норма висіву насіння (млн шт./га); **Var6.4** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var6.5** – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.5 Графік відгуку між змодельованими показниками доз внесення мінеральних (кг д.р./га) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) за умов природного зволоження у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

Максимальна додатна змодельована взаємодія між фоном мінерального живлення існує з шириною міжрядь (Var6.2), коли рівень теоретичної врожайності льону олійного перевищує 1,7 т/га. Нерегульовані елементи нейронної мережі – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (Var6.4) та сума ефективних температур повітря (Var6.5) забезпечили сталу взаємодію з підвищенням фону мінерального живлення з додатною динамікою теоретичної врожайності насіння льону олійного від рівня 1,20–1,21 т/га за нульового внесення добрив до 1,46–1,48 т/га за досягнення дози азоту

до 120 кг д.р./га. Навпаки, третій елемент моделі – норма висіву насіння (Var6.3) не взаємодіяла з фоном мінерального живлення зі стабільною динамікою показнику теоретичної врожайності на рівні 1,28 т/га. Це можна пояснити пропорційним перерозподілом площі живлення за різної відстані між рослинами у рядках, та зростанням потреб в мінеральному живленні при підвищенні норми висіву.

Інші закономірності взаємозалежності проявилися у графіку відгуку за другим елементом нейронної мережі Var6.2 – «ширина міжряддя» (рис. 8.6).



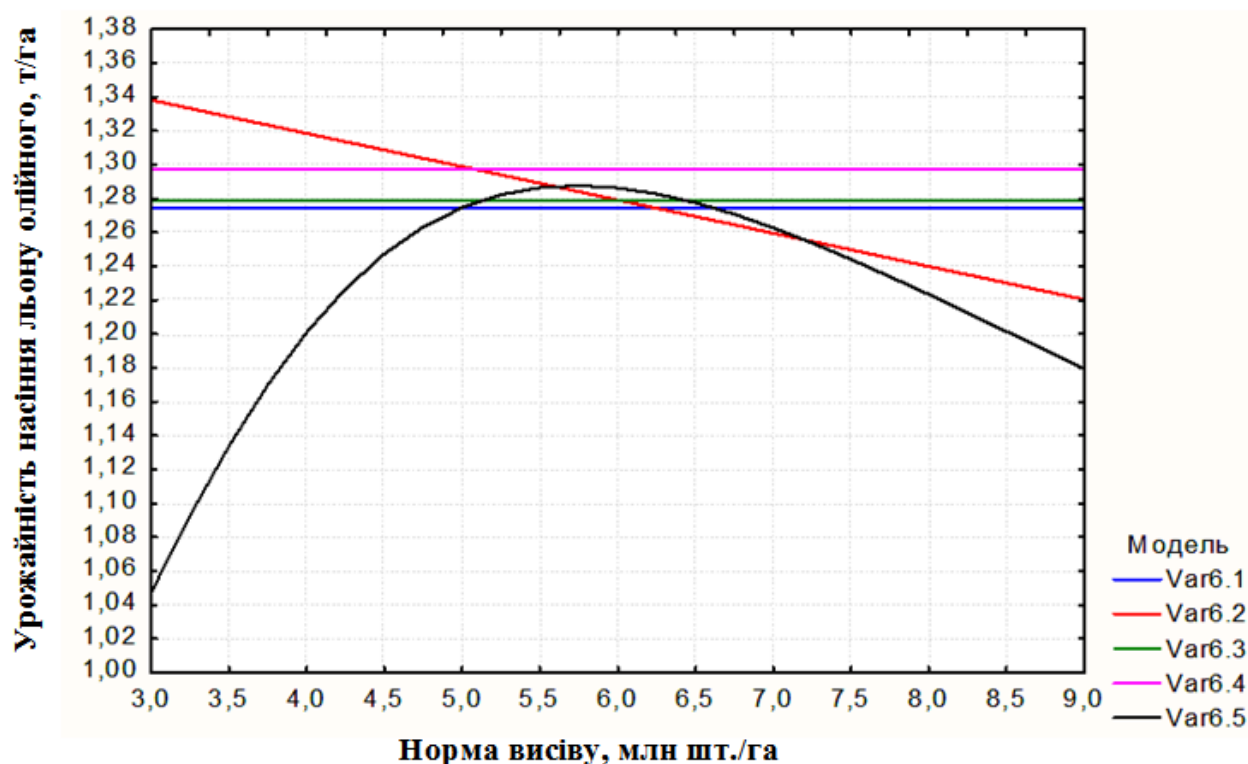
Примітки: Var6.1 – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); Var6.2 – ширина міжряддя (см); Var6.3 – норма висіву насіння (млн шт./га); Var6.4 – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); Var6.5 – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.6 Графік відгуку між змодельованими показниками ширини міжряддя (см) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) за умов природного зволоження у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

Повну відсутність взаємодії та сталість показників теоретичної врожайності на рівні 1,28–1,30 т/га зафіксовано у Var6.3 (норма висіву насіння) та Var6.4 (кількість атмосферних опадів) елементів розробленої нейронної мережі. Сума ефективних температур повітря (Var6.5) віддзеркалює

повільну від'ємну динаміку із зниженням теоретичної врожайності насіння від 1,33 т/га за змодельованого міжряддя 10 см до 1,20 т/га – при розширенні міжряддя до 50 см. Істотне падіння розрахункової врожайності насіння льону олійного при розширенні міжряддя з 10 до 50 см відзначено стосовно першого елемента моделі – фон мінерального живлення (Var6.1), коли цей показник зменшився з 1,36 до 1,13 т/га або на 20,4%.

Велику амплітуду коливання теоретичних величин врожайності насіння льону олійного забезпечило порівняння взаємодії Var6.5 (сума ефективних температур) та Var6.3 (норм висіву насіння). В діапазоні норм висіву від 3,0 до 5,2 млн шт./га відзначено додатну взаємодію і стрімке наростання врожайності з 1,05 до 1,27 т/га (рис. 8.7).



Примітки: Var6.1 – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); Var6.2 – ширина міжряддя (см); Var6.3 – норма висіву насіння (млн шт./га); Var6.4 – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); Var6.5 – сума ефективних температур повітря (°C)

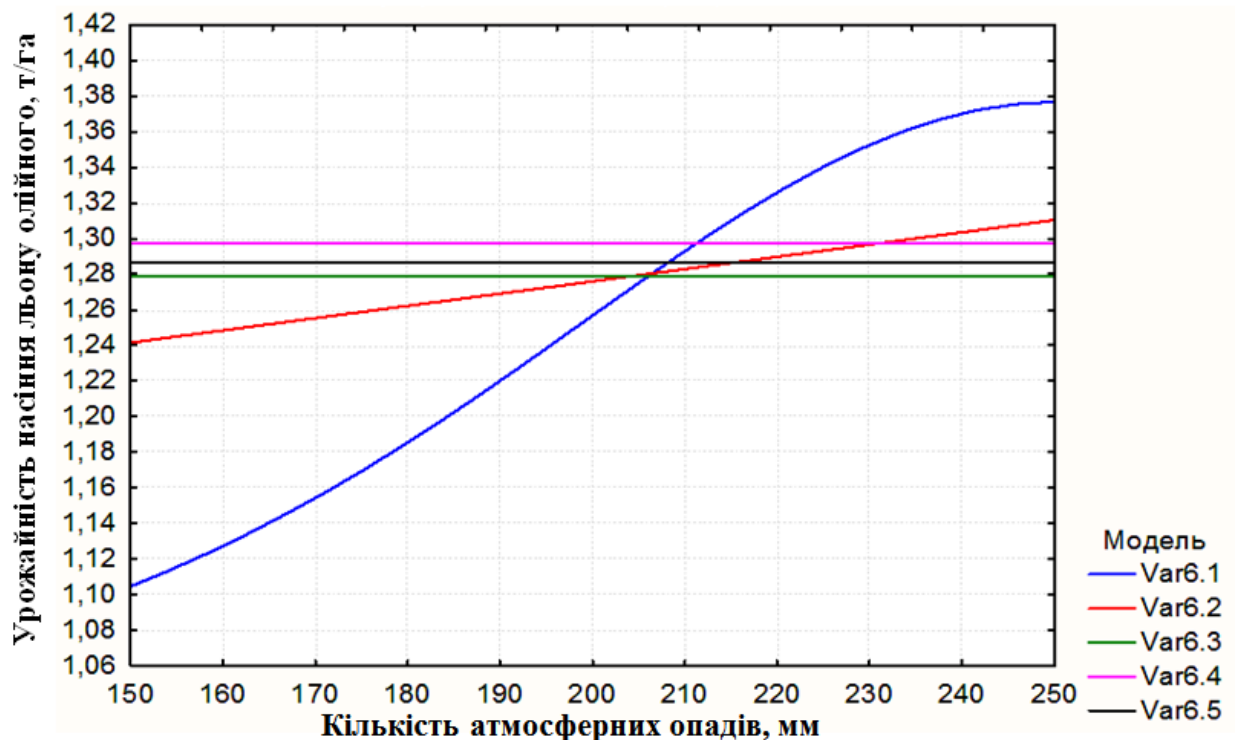
Рис. 8.7 Графік відгуку між змодельованими показниками норм висіву (млн шт./га) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) за умов природного зволоження у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

При зростанні розрахункової норми висіву з 5,0 до 6,5 млн шт./га

зафіксована плато-фаза, а при збільшенні норми висіву з 6,5 до 9,0 млн шт./га – проявилася від’ємна взаємодія зі зниженням врожайності з 1,27 до 1,18 т/га.

Повільне зниження теоретичної врожайності з 1,34 до 1,22 т/га відносно взаємодії з шириною міжрядь проявляє другий елемент нейронної мережі – ширина міжряддя (Var6.2). Інші досліджувані елементи моделі – фон мінерального живлення (Var6.1) та кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (Var6.4), мали нульову взаємодії з нормою висіву, що пояснюється пропорційним підвищенням витрат поживних речовин і вологи за зростання норми висіву насіння льону олійного.

На незрошуваних ділянках кількість атмосферних опадів (Var6.4) знаходилася у найбільшій взаємодії з фоном мінерального живлення (Var6.1) щодо формування динаміки насінневої продуктивності (рис. 8.8).



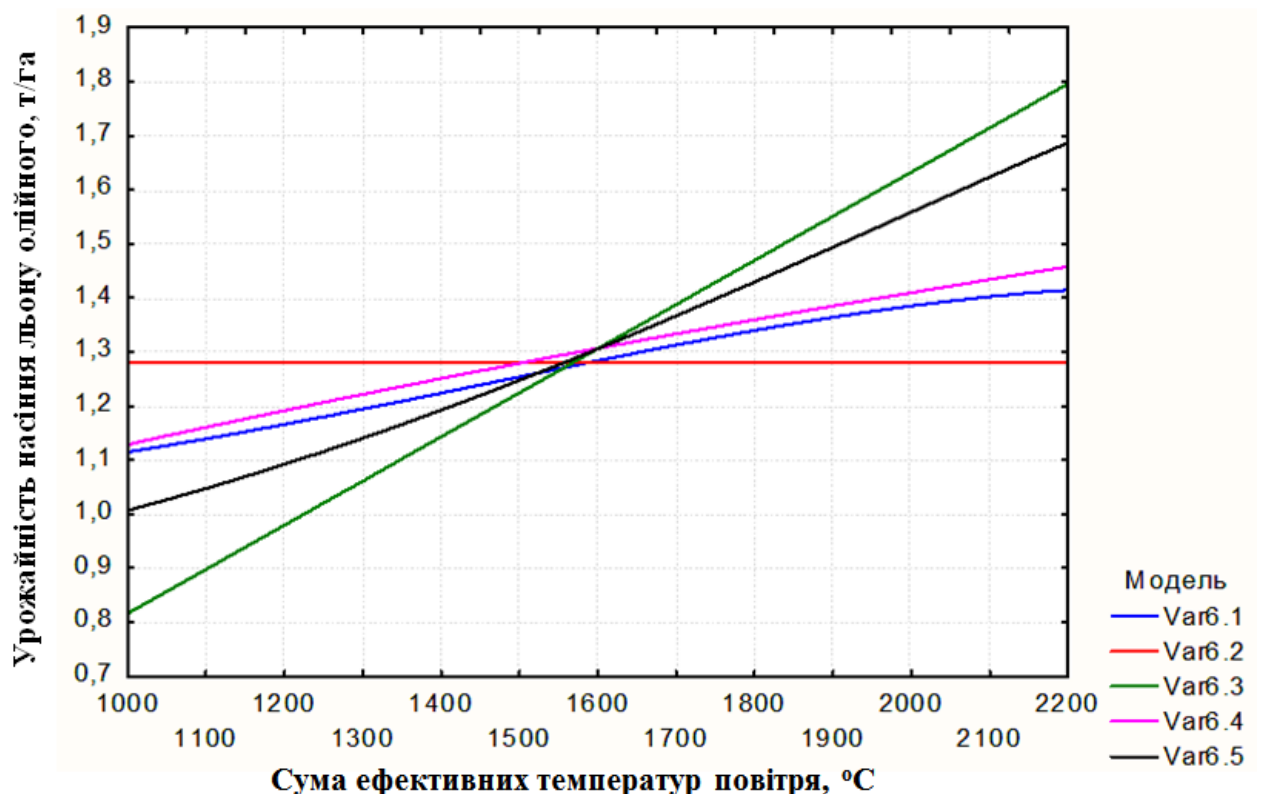
Примітки: Var6.1 – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); Var6.2 – ширина міжряддя (см); Var6.3 – норма висіву насіння (млн шт./га); Var6.4 – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); Var6.5 – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.8 Графік відгуку між змодельованими показниками кількості опадів (мм) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) за умов природного зволоження у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

Так, за надходження 150 мм у взаємодії з Var6.1 теоретична врожайність

насіння дорівнювала 1,11 т/га, а зростання опадів до 250 мм – відзначено підвищенням врожайності до 1,38 т/га або відповідно на 24,3%. Також несуттєва додатна взаємодія зафіксована стосовно другого елемента нейронної мережі – ширина міжряддя (Var6.2), коли спостерігається збільшення показників теоретичної урожайності насіння досліджуваної культури з 1,24 т/га на 5,6%. Інші елементи створеної моделі знаходилися у сталому стані з врожайністю насіння льону в межах 1,29–1,30 т/га та не змінювалися під впливом підвищення кількості атмосферних опадів.

Заключним елементом розробленої нейронної мережі був показник суми ефективних температур (Var6.5), який характеризувався додатним або нульовим впливом на показники теоретичної урожайності насіння льону олійного (рис. 8.9).

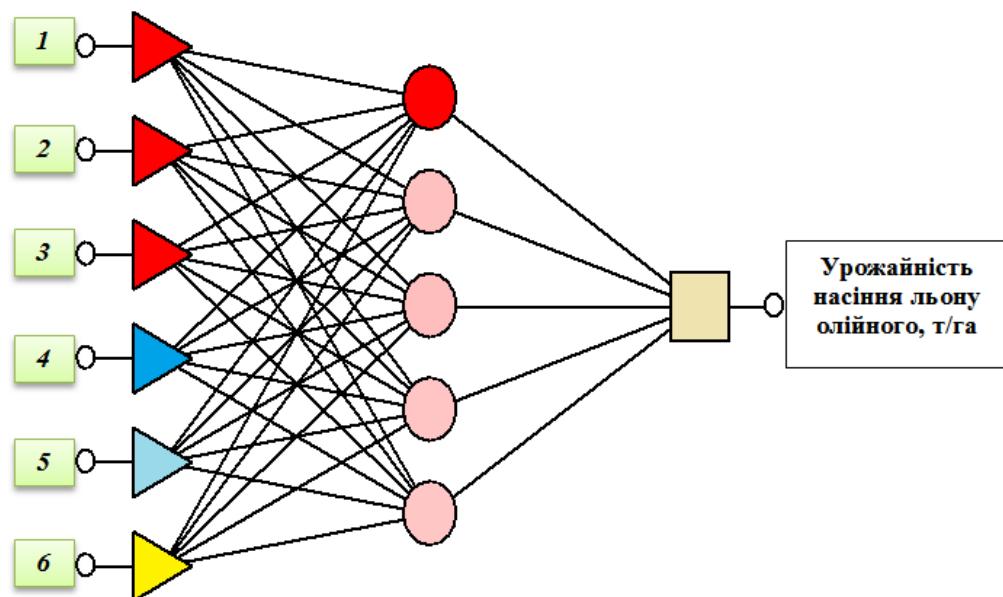


Примітки: Var6.1 – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); Var6.2 – ширина міжряддя (см); Var6.3 – норма висіву насіння (млн шт./га); Var6.4 – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); Var6.5 – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.9 Графік відгуку між змодельованими показниками суми ефективних температур повітря (°C) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) за умов природного зволоження

Максимальна додатна взаємодія щодо підвищення врожайності насіння з 0,82 т/га в 2,2 рази у графіку відгуку проявилася між сумою ефективних температур та нормою висіву насіння (Var6.3). Фон мінерального живлення (Var6.1) та кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (Var6.4) також сприяли збільшенню теоретичної врожайності насіння з 1,12–1,14 до 1,42–1,46 т/га, проте воно було значно меншим, ніж у Var6.3 та становило 24,6–30,4%. Ширина міжрядь (Var6.2) не проявляла взаємодії з сумою ефективних температур, а рівень теоретичної врожайності насіння льону олійного знаходився на рівні 1,29 т/га.

За умов використання зрошення створено нейронну мережу з сукупності аналогічних елементів з введенням величини зрошуваних норм (рис. 8.10).



Примітки: Var7.1 – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); Var7.2 – ширина міжряддя (см); Var7.3 – норма висіву насіння (млн шт./га); Var7.4 – зрошувальна норма (м³/га); Var7.5 – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); Var7.6 – сума ефективних температур повітря (°С)

Рис. 8.10 Архітектура нейронної мережі врожайності насіння льону олійного в умовах зрошення залежно від впливу агротехнічних і природних чинників (архітектура: GRNN 6:6-5-1:1, N = 3)

Взаємодія складових елементів нейронної мережі складається з п'яти блоків, причому перший демонструє високий рівень взаємодії має (червоне забарвлення), та відображає сукупну дію Var7.1 (фон мінерального живлення) і

Var7.2 (ширина міжряддя) елементів мережі. Інші чотири блоки взаємодії мають рожеве забарвлення, що свідчить про середні рівень взаємодії усіх елементів нейронної мережі.

За окремими елементами архітектура змінювалася таким чином: Var7.1 (фон мінерального живлення) і Var7.2 (ширина міжряддя) склалися з радіально базисних функцій – GRNN 4:4-1-1:1 та GRNN 4:4-3-1:1; Var7.3 (норма висіву насіння) і Var6.6 (сума ефективних температур повітря) – лінійних функцій – 6:6-1:1 та 2:2-4-1:1; Var7.4 (зрошувальна норма) і Var7.5 (кількість атмосферних опадів за вегетаційний період) – з багат шарових перцептронів – 2:2-1-1:1 та 5:5-6-1:1 (табл. 8.10).

Таблиця 8.10

**Складові елементи нейронної мережі агроекологічної моделі
продуктивності льону олійного при зрошенні**

№* з/п	Архітек- тура	Продуктивність			Похибка		
		навчальна	контрольна	тестова	навчальна	контрольна	тестова
1.	GRNN 4:4-1-1:1	0,971	1,003	1,430	4,030	759,5	4,771
2.	GRNN 4:4-3-1:1	0,265	0,996	0,233	1,393	753,8	1,529
3.	Лінійна 6:6-1:1	0,000	1,111	0,000	0,000	57,71	0,000
4.	БП 2:2-1-1:1	0,693	1,005	0,743	0,200	52,26	0,218
5.	БП 5:5-6-1:1	0,177	0,994	0,190	0,134	51,59	0,146
6.	Лінійна 2:2-4-1:1	0,108	0,991	0,297	0,031	51,48	0,060

Примітки: * – градація факторів як на рис. 8.11

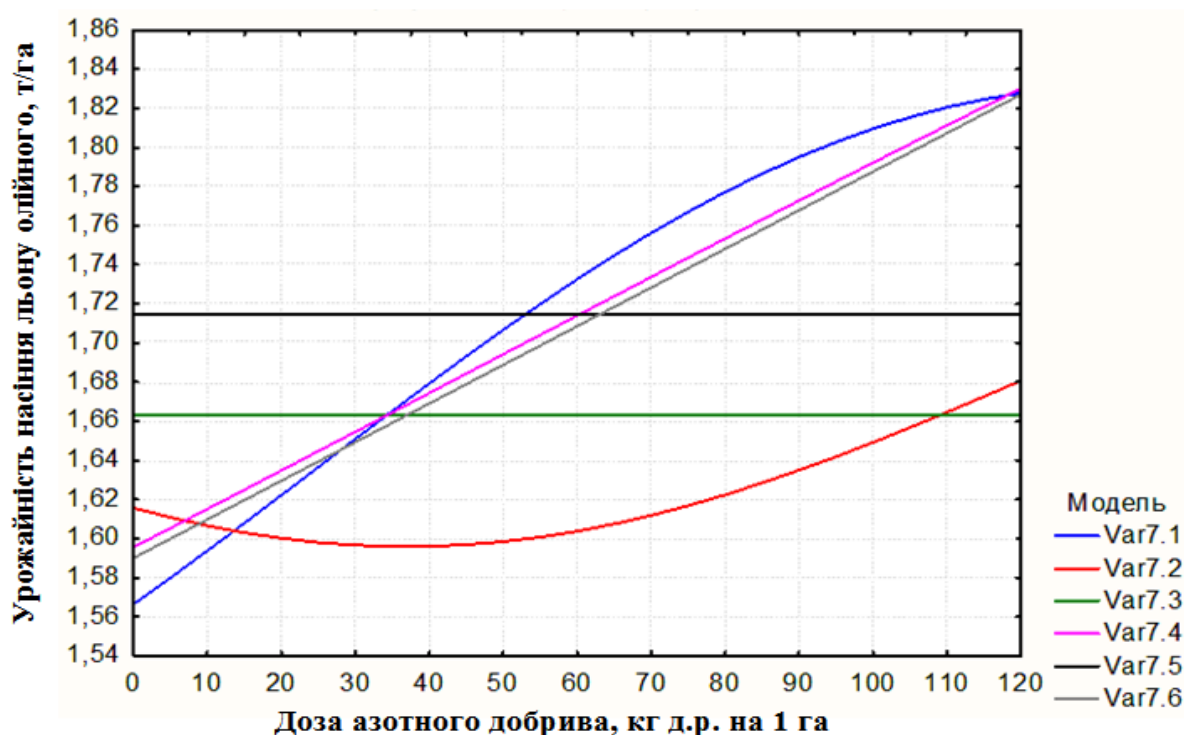
GRNN – радіально базисна функція; БП – багат шаровий перцептрон

Навчальна продуктивність найвищого рівня – 0,69–0,97 набула у четвертому та першому елементами, а найменшим – 0,0001, цей показник виявився у третього елементу (норма висіву насіння льону олійного).

Серед похибок нейронної мережі найвище значення мали контрольні похибки на першому і другому елементах, які становили відповідно 760 і 754, а найменший рівень цих показників у межах 0,0001–0,0003 зафіксовано на

третьому елементі (норма висіву насіння) на навчальній та тестовій похибках.

Графіки відгуку сформованої нейронної мережі продуктивності льону олійного свідчать про різницю взаємодії між окремими елементами мережі як у напрямках, так і кількісно. Максимальний рівень теоретичної урожайності насіння льону олійного на рівні 1,83 т/га формується у взаємодії **Var7.1** (фон мінерального живлення) з **Var7.4** (зрошувальна норма) і **Var7.6** (сума ефективних температур повітря) елементами (рис. 8.11).



Примітки: **Var7.1** – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); **Var7.2** – ширина міжряддя (см); **Var7.3** – норма висіву насіння (млн шт./га); **Var7.4** – зрошувальна норма (м³/га); **Var7.5** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var7.6** – сума ефективних температур повітря (°С)

Рис. 8.11 Графік відгуку між змодельованими показниками доз внесення мінеральних добрив (кг д.р./га) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) в умовах зрошення у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

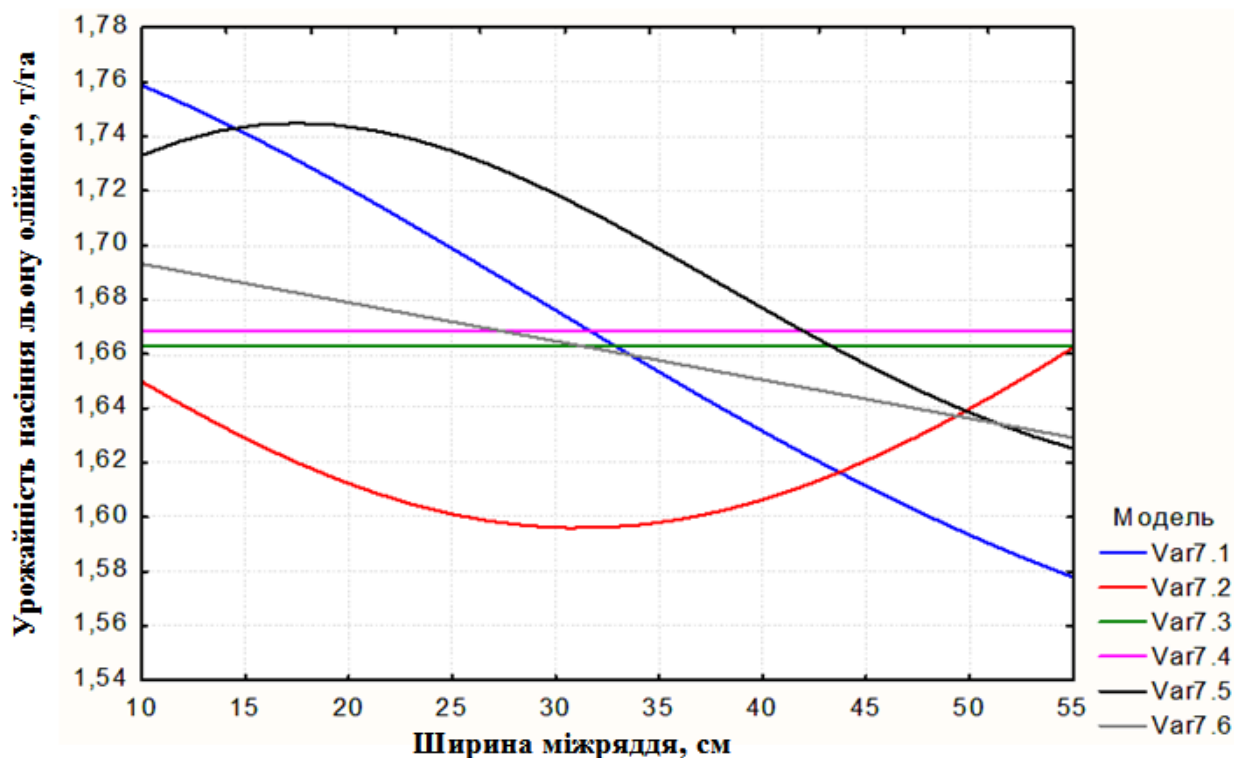
Взаємопідсилення дії **Var7.1**, **Var7.4** та **Var7.6** елементів нейронної мережі пояснюється різким зростанням ефективності добрив при покращенні водного режиму рослин на фоні підвищення температурного режиму.

Норма висіву (**Var7.2**) у взаємодії з фоном мінерального живлення

(**Var7.1**) почтково мала від'ємний напрям за внесення добрив в діапазоні від N_0 до N_{30} , у подальшому при переході норми добрива N_{58} , кг д.р./га спостерігається плато-фаза, а за збільшення азоту до N_{120} , кг д.р./га – зростання врожайності до 1,66 т/га.

Атмосферні опади (**Var7.5**) за відсутності взаємодії з фоном мінерального живлення (**Var7.1**) забезпечують формування теоретичної урожайності на рівні 1,72 т/га. Відсутність взаємодії зафіксовано також щодо диференціації норм висіву насіння (**Var7.2**), при цьому рівень розрахункової урожайності зменшився порівняно з п'ятим елементом до 1,66 т/га.

Зовсім інші напрями і показники взаємодії були зафіксовані при моделюванні графіків відгуку за **Var7.2** – ширина міжряддя (рис. 8.12).



Примітки: **Var7.1** – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); **Var7.2** – ширина міжряддя (см); **Var7.3** – норма висіву насіння (млн шт./га); **Var7.4** – зрошувальна норма (m^3 /га); **Var7.5** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var7.6** – сума ефективних температур повітря ($^{\circ}C$)

Рис. 8.12 **Графік відгуку між змодельованими показниками ширини міжряддя (см) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) в умовах зрошення у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі**

Встановлено, що відносно фону мінерального живлення (**Var7.1**)

спостерігається зменшення теоретичного рівня врожайності насіння льону олійного в діапазоні від 1,76 т/га за міжряддя 10 см до 1,58 т/га при розширенні міжряддя 55 см.

Норма висіву насіння (**Var7.3**) та зрошувальна норма (**Var7.4**) не взаємодіяли з шириною міжряддя (**Var7.2**), при цьому рівень теоретичної урожайності насіння дослідженої культури становив 1,66–1,67 т/га.

Кількість атмосферних опадів (**Var7.5**) хвилеподібно взаємодіяла з шириною міжрядь (**Var7.2**), що пояснюється зниженням їх ефективності при застосуванні штучного зволоження. Так, у діапазоні від 10 до 25 см рівень урожайності складав 1,73–1,74 т/га, а при розширенні міжрядь від 25 до 55 см – спостерігається зниження насінневої продуктивності рослин на 6,8–7,4%.

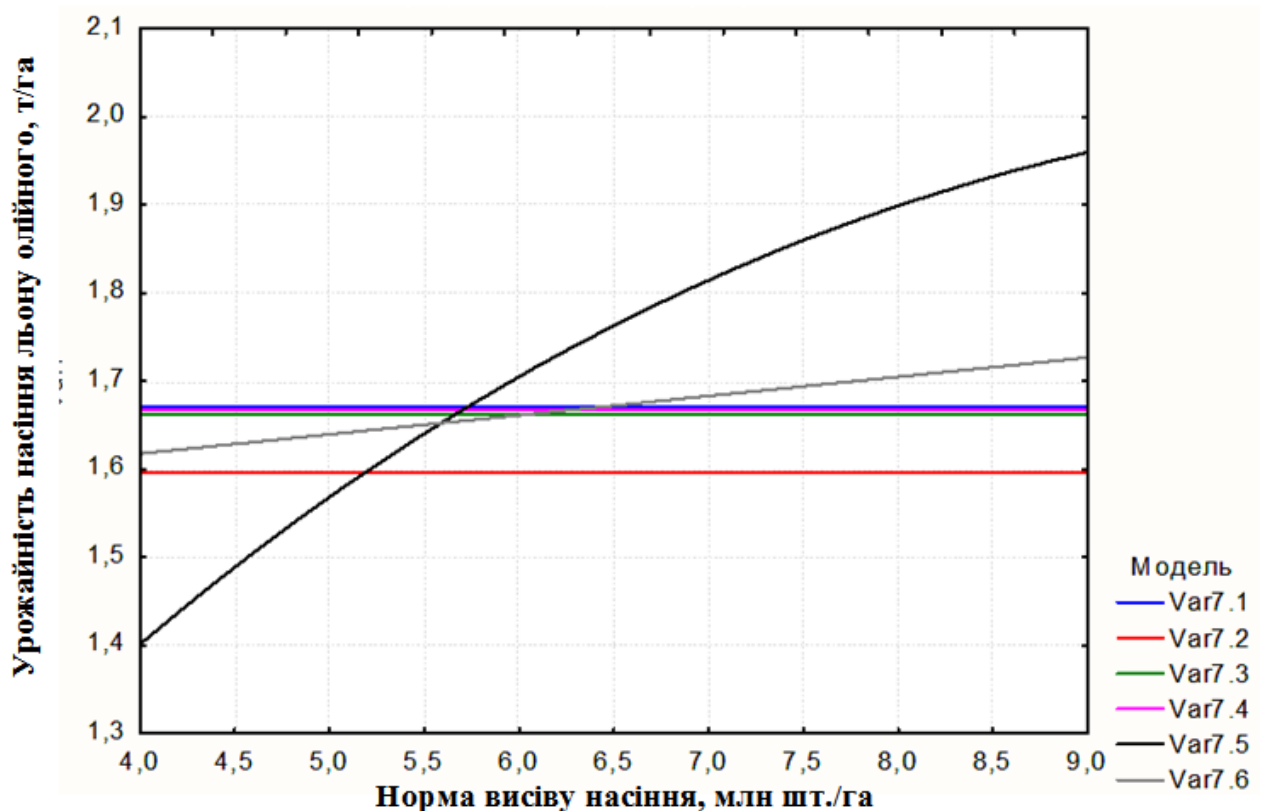
Відносно норми висіву насіння льону олійного (**Var7.3**) відзначено слабкий рівень взаємодії, крім **Var7.5** (кількість атмосферних), що можна пояснити впливом додаткового вологозабезпечення і підвищення продукційних процесів рослин при пропорційному зростанні їх кількості на одиниці посівної площі (рис. 8.13).

Визначено, що за норми висіву в межах 4–5 млн шт./га рівень теоретичної врожайності становив 1,41–1,55 т/га, а при подальшому загущенні рослин від 5,5 до 9,0 млн шт./га розрахункова насіннева продуктивність збільшилася на 5,2–39,0%.

Зміна фону мінерального живлення (**Var7.1**), ширина міжряддя (**Var7.2**) та величина зрошувальної норми (**Var7.5**) характеризувалися відсутністю математичної взаємодії з нормою висіву (**Var7.3**) досліджуваної культури. При цьому рівень теоретичної урожайності льону олійного становив відповідно 1,66, 1,60 та 1,67 т/га.

Теплозабезпеченість рослин льотну олійного, яку відображають показники суми ефективних температур (**Var7.6**), мала слабкий додатний взаємозв'язок з показниками норми висіву насіння (**Var7.3**). Так, за норми висіву в діапазоні 4,0–4,5 млн шт./га рівень теоретичної урожайності знаходиться в межах 1,40–1,49 т/га, а за загущення 8,5–9,0 млн шт./га)

підвищується до 1,92–1,97 т/га.



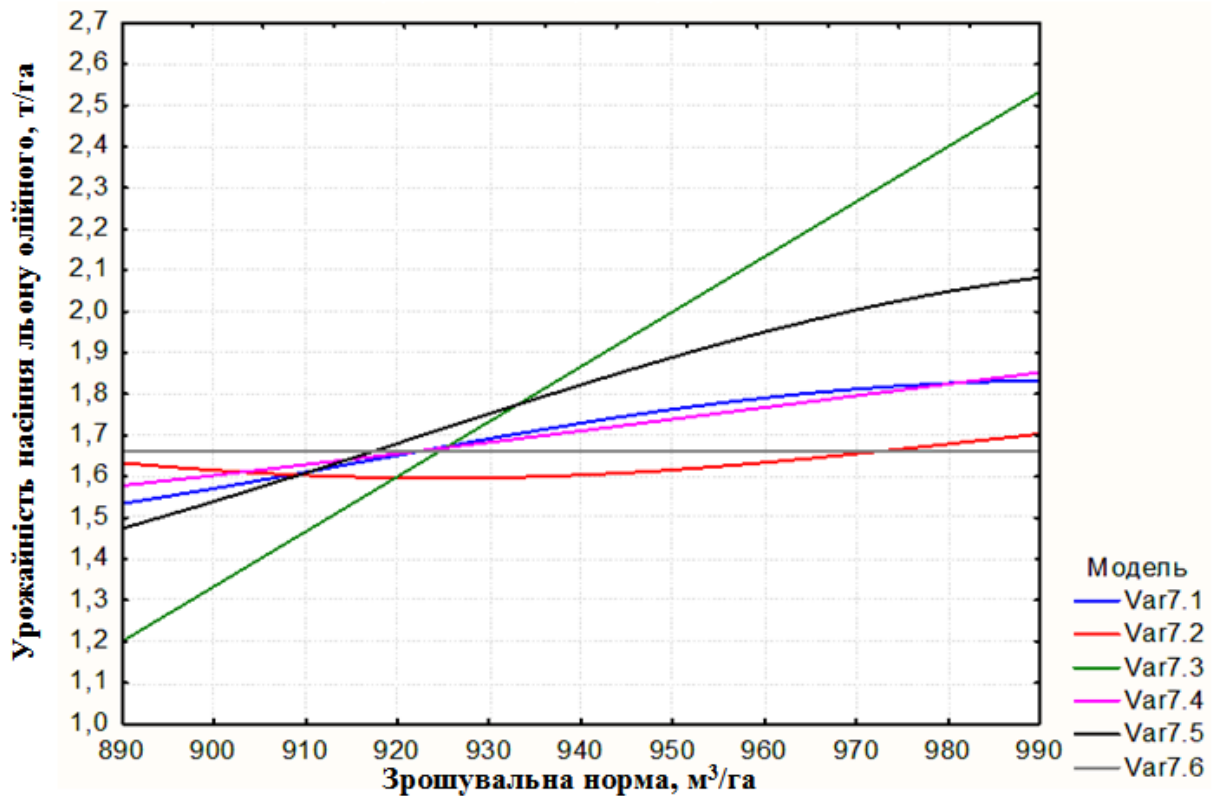
Примітки: **Var7.1** – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); **Var7.2** – ширина міжряддя (см); **Var7.3** – норма висіву насіння (млн шт./га); **Var7.4** – зрошувальна норма (м³/га); **Var7.5** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var7.6** – сума ефективних температур повітря (°С)

Рис. 8.13 Графік відгуку між змодельованими показниками норм висіву (млн шт./га) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) в умовах зрошення у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

Найвищу ступінь додатної взаємодії з **Var7.4** (зрошувальна норма) елемент **Var7.3** (норма висіву насіння) (рис. 8.14).

За розрахункової зрошувальної норми 890 м³/га рівень теоретичної врожайності насіння становить 1,2 т/га, а за її підвищення до 990 – 890 м³/га відзначено її зростання до 2,5 т/га або в 2,1 рази.

На другому місці знаходився елемент нейронної мережі **Var7.5** (кількість атмосферних опадів за вегетаційний період). За екстремальних значеннях зрошувальної норми (**Var7.4**) у взаємодії з опадами (**Var7.5**) відзначено зростання теоретичного рівня врожайності насіння з 1,48 т/га на 48%.



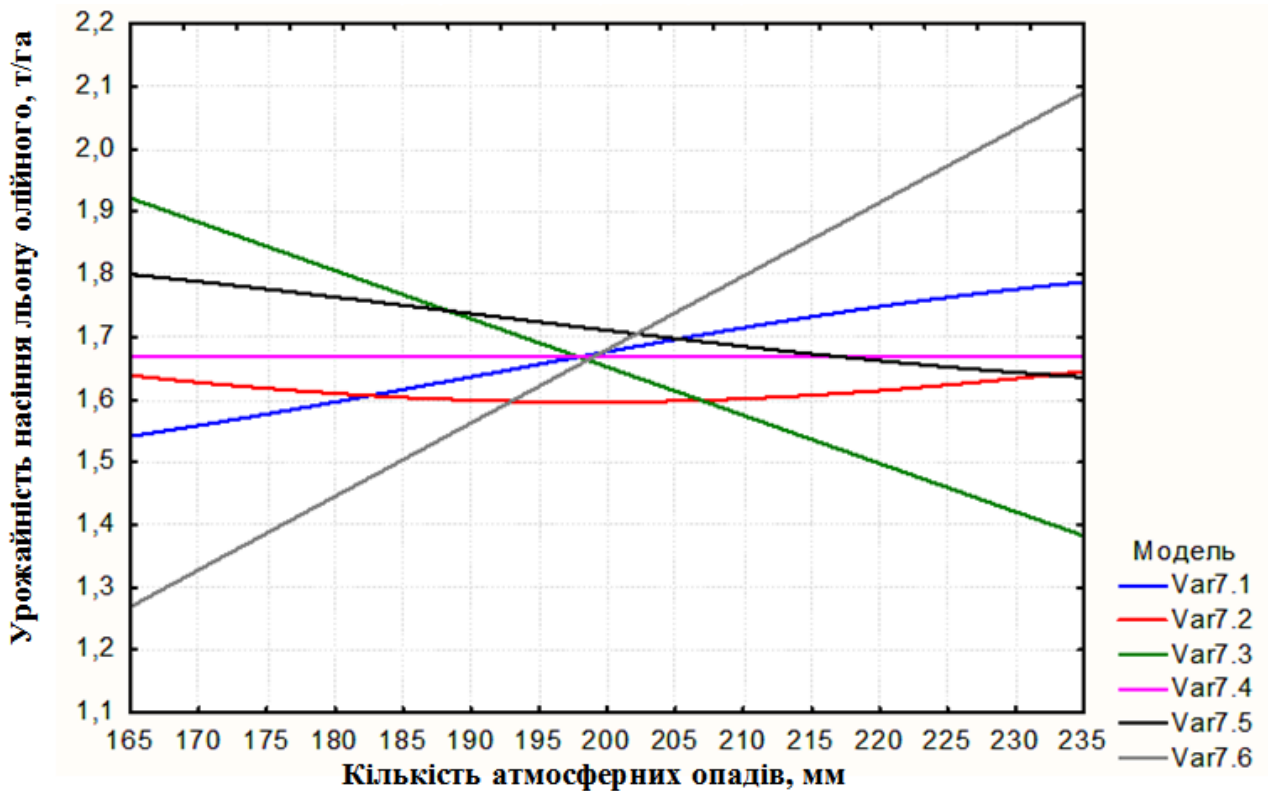
Примітки: **Var7.1** – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); **Var7.2** – ширина міжряддя (см); **Var7.3** – норма висіву насіння (млн шт./га); **Var7.4** – зрошувальна норма (м³/га); **Var7.5** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var7.6** – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.14 **Графік відгуку між змодельованими показниками зрошувальної норми (м³/га) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) в умовах зрошення у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі**

Покращення фону мінерального живлення (**Var7.1**) у взаємодії зі зрошенням (**Var7.4**) забезпечило зростання рівня теоретичної урожайності в середньому від 1,48 до 1,82 т/га. Ширина міжряддя (**Var7.2**) характеризувалася слабкою криволінійною від'ємною взаємодією, оскільки за величини зрошувальної норми 920–940 м³/га зафіксовано деяке зниження рівня теоретичної урожайності насіння до 1,6 т/га або на 1,9–5,2%.

Шостий елемент розробленої нейронної мережі (**Var7.6**) мав нульовий взаємозв'язок із зрошувальною нормою (**Var7.4**), проте забезпечив сталий рівень врожайності насіння льону олійного на рівні 1,68 т/га.

Кількість атмосферних опадів (**Var7.5**) проявилася різноспрямованими зв'язками з іншими елементами розробленої нейронної мережі (рис. 8.15).



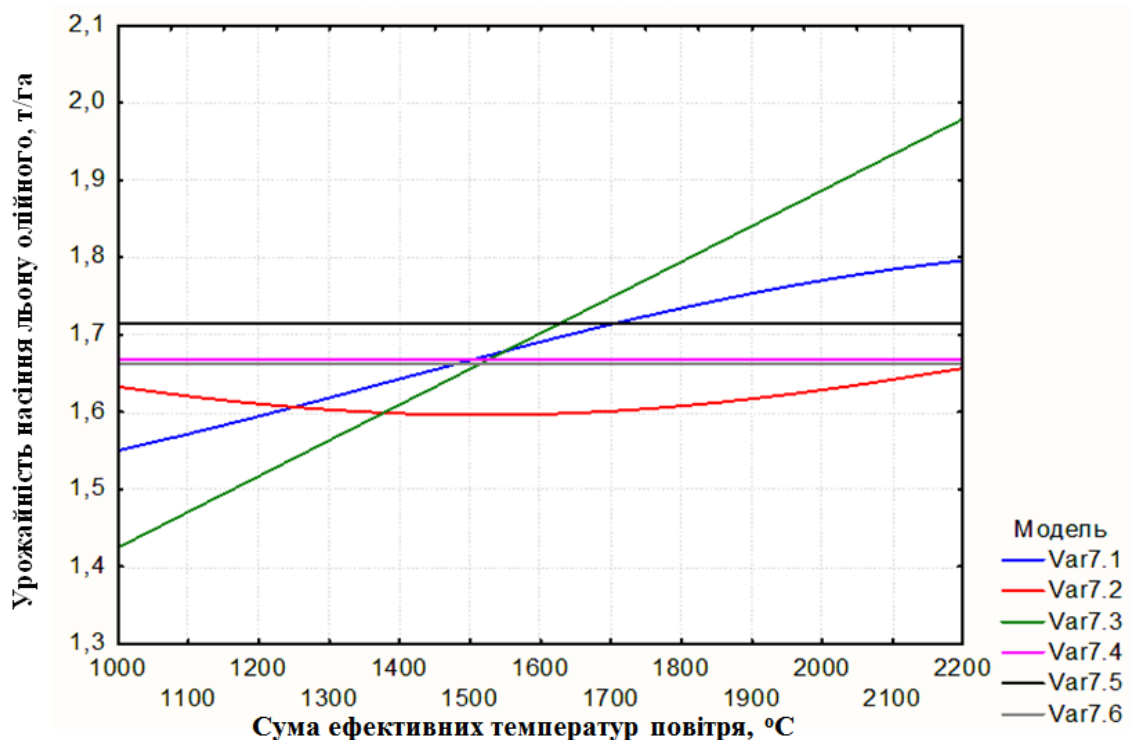
Примітки: **Var7.1** – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); **Var7.2** – ширина міжряддя (см); **Var7.3** – норма висіву насіння (млн шт./га); **Var7.4** – зрошувальна норма (м³/га); **Var7.5** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var7.6** – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.15 Графік відгуку між змодельованими показниками кількості опадів (мм) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) в умовах зрошення у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

З фоном живлення (**Var7.1**) відзначено пряма додатна дія на продуктивність рослин. Так, за розрахунку 165 мм атмосферних опадів без добрив (**Var7.1**) забезпечує теоретичну врожайність 1,54 т/га, а при зростанні опадів до 235 мм – 1,79 т/га. Ширина міжряддя (**Var7.2**) проявляла слабку взаємодію за змодельованого надходження атмосферних опадів (**Var7.5**) у діапазоні 185–215 мм – (1,60–1,62 т/га). Норма висіву насіння (**Var7.3**) знаходилася у суттєвій прямій від’ємній взаємодії з кількістю атмосферних опадів (**Var7.6**). За мінімальної кількості опадів (165 мм) розрахункова врожайність насіння дорівнює 1,92 т/га, а за зростання природної вологозабезпеченості до 235 мм зафіксовано зменшення врожайності до 1,39 т/га або на 38,1%. Зрошувальна норма (**Var7.4**) не змінювала теоретичну врожайність насіння льону олійного, яка знаходилася на рівні 1,67 т/га,

відносно коливання показників кількості атмосферних опадів (**Var7.5**) в межах від 165 до 235 мм. Максимальна пряма додатна взаємодія щодо зміни кількості опадів (**Var7.5**) у нейронній мережі врожайності льону олійного відзначено при порівнянні суми ефективних температур повітря (**Var7.6**). За мінімального надходження опадів (165 мм) рівень теоретичної урожайності насіння дорівнює 1,28 т/га, за підвищення опадів до 200 мм – змодельована продуктивність рослин зростає до 1,67 т/га, а до 235 мм – відповідно до 2,19 т/га.

Останній елемент сформованої нейронної мережі врожайності льону олійного – сума ефективних температур повітря (**Var7.6**), характеризувався додатною взаємодією з **Var7.3** і **Var7.1** елементами, а також практично відсутністю взаємодії з іншими елементами мережі (рис. 8.16).



Примітки: **Var7.1** – фон мінерального живлення (кг д.р. на 1 га); **Var7.2** – ширина міжряддя (см); **Var7.3** – норма висіву насіння (млн шт./га); **Var7.4** – зрошувальна норма (м³/га); **Var7.5** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var7.6** – сума ефективних температур повітря (°C)

Рис. 8.16 **Графік відгуку між змодельованими показниками суми ефективних температур повітря (°C) та врожайністю насіння льону олійного (т/га) в умовах зрошення**

Найбільший вплив на величину теоретичної урожайності насіння льону

олійного за взаємодії з температурним режимом у період вегетації мали норми висіву. Слід відзначити, що за змодельованих сум ефективних температур на рівні 1000–1100°C теоретична врожайність дорівнює 1,43–1,47 т/га. За зростання температурного режиму до 2000–2200°C зафіксовано істотне збільшення рівня теоретичної врожайності досліджуваної культури на 27,9–37,8%.

Внесення мінеральних добрив (**Var7.1**) також мало додатний вплив на зростання насінневої продуктивності льону за зростання сум ефективних температур (**Var7.6**). За мінімального змодельованого рівня теплозабезпечення посівів (1000°C) урожайність насіння становить 1,55 т/га, а за найбільшого значення (2200 °C) продуктивність підвищується до 1,80 т/га або на 16,1%.

Інші елементи нейронної мережі – зрошувальна норма (**Var7.4**), кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (**Var7.5**) не мали взаємодії з сумами активних температур з теоретичною врожайністю насіння відповідно 1,66–1,71 т/га, а ширина міжряддя (**Var7.2**) мала несуттєву від’ємну взаємодію зі зниженням змодельованої урожайності на 2,5–3,8%.

Як підтверджують попередні та наші дослідження, одним із важливих екологічно небезпечних та витратних факторів підвищення врожайності культур в умовах інтенсифікації виробництва є зрошення. Тому для раціонального використання водних ресурсів, досягнення вищих економічних результатів необхідно застосувати обґрунтований режим подачі води з урахуванням ґрунтово-кліматичних показників та біологічних особливостей культури.

Велике значення в продуктивному використанні поливної води має узгодження режиму вологозабезпечення посівів відповідно до мінливих умов зовнішнього середовища та динаміки етапів органогенезу. Із позиції оперативного управління найбільш динамічним та непередбачуваним чинником є погодні умови, через що існує необхідність врахування їх впливу для підвищення ефективності використання зрошувальної води та інших ресурсів,

що також є вирішальним з точки зору формування оптимальних умов росту та розвитку рослин.

Для вирішення такої проблеми в 2014–2018 рр. була створена, розроблена Відділом розвитку земельних та водних ресурсів (FAO), програма CROPWAT. Покладений в основу програми новий стандарт: метод визначення еталонної евапотранспірації Penman-Monteith, передбачає дефініції властивостей еталонної гіпотетичної культури із висотою 0,12 м, опором поверхні 70 cm^{-1} , альбедо 0,23 при випаровуванні із поверхні рослин однієї висоти, що активно ростуть в умовах наявності вологи. Цей метод забезпечує розрахункові значення, що мають високу співставність із фактичним використанням вологи посівами у різних умовах.

Ця програма дозволяє прогнозувати умови вологозабезпечення, рівні продуктивності культури та використовується для складання прогностичного графіку поливу з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та метеорологічних показників, що дозволяє підвищити як результативність вирощування сільськогосподарських культур, так і ефективність використання поливної води. За допомогою програми здійснюється моделювання й коригування графіків режимів зрошення відповідно до ґрунтово-кліматичних агрометеорологічних умов. Розрахунок режиму вологозабезпечення проводиться на основі балансового методу за наслідками визначення евапотранспірації з урахуванням випаровування вологи через поверхню ґрунту та рослинності.

З метою універсальності застосування, для визначення випаровування атмосфери без урахування конкретного типу культур та способів їх вирощування, введено поняття еталонна евапотранспірація (E_{to}). Для характеристики оптимальних умов вирощування, за рахунок створення режиму зволоження відповідного біологічним потребам культури, введено термін евапотранспірація культур в стандартних умовах (E_{tc}). Для визначення фактичної евапотранспірації, в умовах виробництва, використовується поняття евапотранспірації у нестандартних умовах ($E_{tc \text{ adj}}$), яка розраховується з

урахуванням стримуючих факторів, що впливають на продуктивність культури, такими як коефіцієнту водного стресу, коефіцієнту культури.

Програма дозволяє проводити моделювання й коригування графіків режимів зрошення із інтервалами часу у добу, декаду та місяць, для різних умов природних і агрономічних умов зволоження, у наслідок чого, за певних кліматичних умов. можливе досягнення повної продуктивності.

Ґрунтуючись на фактичних метеорологічних даних метеостанції Асканія-Нова та фізіолого-біологічних особливостей культури без зрошення та в умовах зрошення були проведені розрахунки водоспоживання льону олійного та побудовані графіки поливу із зазначенням загальної зрошуваної норми, фактичного використанням води культурою, ефективністю опадів.

Окремі етапи органогенезу льону олійного протягом 2014–2018 років суттєво різнилися за метеорологічними умовами. Впродовж періоду появи сходів та вегетативного розвитку культури опадів більше норми надійшло в 2017 році, тоді як в 2014 та 2016 роках їх перевищення спостерігалось протягом генеративного періоду. Порівняно рівномірним, та близьким до багаторічних значень, було надходження опадів в 2015 році, тоді як 2018 рік був аномально посушливим протягом всього періоду вегетації льону олійного. В цілому по надходженню опадів період вегетації культури в 2015 році був у межах норми, 2016 рік аномально вологий (176%), а 2018 рік – аномально сухий (24,5%). Зазначені особливості впливали як безпосередньо на вологозабезпечення культури, так і на ефективність використання опадів (додаток М.1).

Розрахунки еталонної евапотранспірації (Ето) методом Penman-Monteith свідчить, що погодними умовами 2016 року було зумовлено найменше випаровування із гіпотетичного трав'яного покриву еталонної культури – 86,4%, тоді як протягом 2018 року продовж етапів органогенезу льону олійного значення Ето були вище середніх за період значень на 112,6%. В решту років значення еталонної евапотранспірації були близькими до середніх (додаток М.2). Динаміка значень сонячної радіації та Ето підтверджують попередньо зроблені висновки, що в умовах Півдня України біології льону олійного краще

відповідають більш ранні строки сівби культури. При цьому для еталонної евапотранспірації характерні значні коливання в окремі роки досліджень, про що свідчить стандартне відхилення, яке визначено в межах від 0,22 до 0,66.

Аналіз елементів водного балансу свідчить, що розрахункова евапотранспірація льону олійного в роки досліджень перевищувала корисну частину опадів (додаток М.3). При цьому в окремі роки та періоди органогенезу корисні опади перевищували величину евапотранспірації культури. Виключенням був 2016 рік, коли у наслідок аномально великої кількості опадів, евапотранспірація культури була меншою протягом всього часу, а в цілому за вегетаційний період Етс складала 152 мм тоді як корисні опади 213,3 мм. Змодельоване вологозабезпечення культури представлено в таблиці 8.11.

Таблиця 8.11

Оцінка вологозабезпеченості льону олійного сорту Айсберг без зрошення

Показники	Роки				
	2014	2015	2016	2017	2018
Водоспоживання за фактичних умов, мм (Етс adj)	117,1	177,6	151,1	132,0	67,2
Потенційне водоспоживання, мм (Етс)	182,1	178,5	151,1	200,3	220,8
Передбачуваний дефіцит вологи, %	35,7	0,5	0	34,1	69,6
Всього опадів, мм	190,8	167,8	243,9	109,1	50,9
Ефективні опади, мм	169,5	139,6	182,9	94,6	50,9
Дефіцит вологи на час збирання, мм	8,1	45,6	2,6	77,7	67,5
Потреба в зрошенні, мм	12,6	39,0	-31,8	105,8	169,9
Сезонне зниження Етс, %	35,7	0,5	0	34,1	69,6
Прогнозоване зниження урожаю, %	39,3	0,6	0	37,5	76,5
Фактичне використання вологи, мм.	136,43	161,5	139,5	147,0	81,4
Відхилення від передбачуваного, %	-16,5	-2,3	-7,7	11,4	21,1

Розрахунки свідчать, що в роки досліджень потенційне водоспоживання для посівів льону олійного коливалися в межах від 151,1 до 220,8 мм. При цьому спостерігалися значні коливання, у 2016 році посіви культури були повністю забезпечені вологою, а в 2018 році дефіцит вологи досягав 69,6%. В наслідок цього у 2016 році зниження урожаю прогнозовано на нульовому рівні,

а в 2018 році досягало 76,5%. Відхилення прогнозованого водоспоживання культури від встановленого методом водного балансу в середньому складає 1,2%, з відхиленнями по роках в межах від 2,3 до 21,1%. При цьому найбільше відхилення відбулося в аномально сухому 2018 році.

У середньому за період спостережень евапотранспірація культури в стандартних умовах наростала із 0,59 мм/добу в період появ сходів до 2,9 мм/добу в період цвітіння – утворення насіння, із подальшим зниженням до 1,04 мм/добу (рис 8.17).

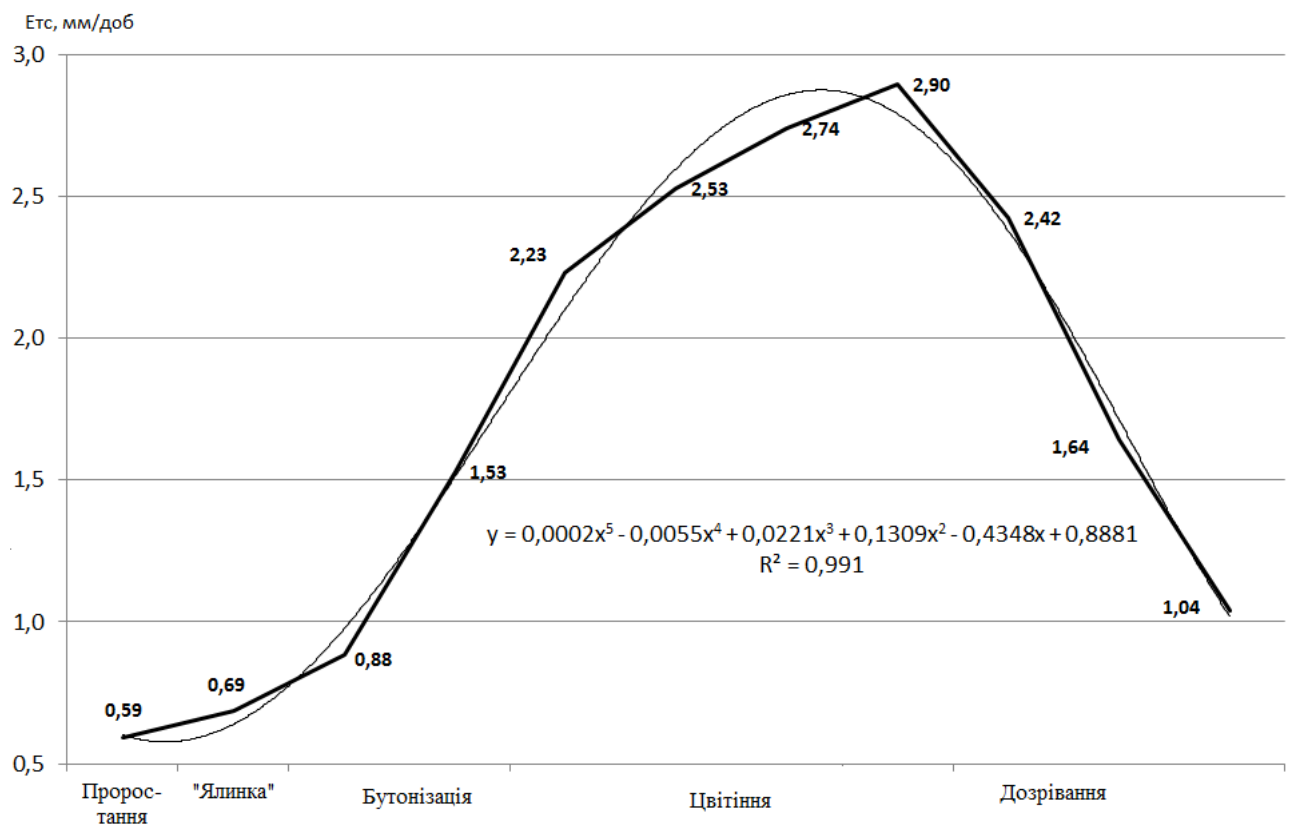


Рис. 8.17 Динаміка розрахункової евапотранспірації льону олійного без зрошення, мм/доб. (середнє за 2014–2018 рр.)

Статистична обробка результатів розрахунку свідчить, що добова евапотранспірація льону олійного має вигляд поліноміальної функції, яка із високою достовірністю відображає динаміку процесу $R^2=0,991$. Як і підтверджують інші дослідження, період найбільшого споживання, 1,5–2,9 мм/добу, припадає на період цвітіння-формування коробочок.

Різниця між елементами водного балансу посівів льону олійного без

зрошення та при зрошенні пов'язані із подовженням вегетаційного періоду, особливостями розвитку кореневої системи рослини та станом стеблостою, протіканням фізіологічних та продукційних процесів. У середньому евапотранспірація льону олійного, який вирощувався при зрошенні зростає на 14,3% (додаток М.4), хоча наявні значні відхилення в окремі роки. Відповідно до розрахунків в умовах 2016 року посіви льону олійного були достатньо забезпечені природними запасами вологи (табл. 8.12).

Таблиця 8.12

Оцінка вологозабезпеченості льону олійного сорту Айсберг при зрошенні

Показники	Роки				
	2014	2015	2016	2017	2018
Водоспоживання за фактичних умов, мм (Етс adj)	206,9	211,5	163,6	228,7	242,0
Потенційне водоспоживання, мм (Ет)	210,6	211,8	163,6	229,2	250,5
Передбачуваний дефіцит вологи, %	1,7	0,1	0	0,2	3,4
Всього опадів, мм	190,9	177,8	250,6	110,0	63,6
Ефективні опади, мм	148,9	165,0	186,1	88,3	60,5
Дефіцит вологи на час збирання, мм	27,2	11,1	6,2	8,1	17,0
Потреби в зрошенні, мм	61,7	46,7	-22,5	140,9	190,1
Зрошувальна норма бруто, мм	101,5	52,1	0	207,3	259,1
Зрошувана норма нетто, мм	81,2	41,7	0	165,8	207,3
Сезонне зниження Етс, %	1,7	0,1	0	0,2	3,4
Прогнозоване зниження урожаю, %	1,9	0,1	0	0,3	3,8
Фактичне використання вологи, мм	212,9	196,1	154,2	252,9	273,0
Відхилення від передбачуваного, %	2,9	-7,3	-5,7	10,6	12,8

У більшості декад нормальне вологозабезпечення культури потребує додаткового зволоження, а максимальний дефіцит спостерігався в 2016 році наприкінці цвітіння досягав 33,8 мм/дек. При цьому, за рахунок корисних опадів евапотранспірація культури забезпечувалася на 65,1%.

За абсолютними значеннями цей показник коливався від 163,6 мм у вологому 2016 році до 242 мм у сухому 2018 році. Враховуючи погодні умови, що зумовлюють дефіцит вологості, потенційне водоспоживання культури змінювалася від 250,5 мм в сухому 2018 році до 163,6 мм у вологому 2016 році.

При цьому зворотна тенденція спостерігалася щодо потреби у зрошенні.

Тому зрошувальна норма бруто в 2018 році складала 259 мм, що потребувало проведення п'яти поливів, у 2017 році 207 мм у вигляді чотирьох поливів, у 2014 році 102 мм двох поливів, та у 2015 році 52 мм одного поливу.

Подекадну добову евапотранспірацію льону олійного при зрошенні із високою точністю відображає поліномінальна функція п'ятого ступеня, при якій спостерігається високе значення коефіцієнта детермінації $R^2=0,991$ (рис. 8.18).

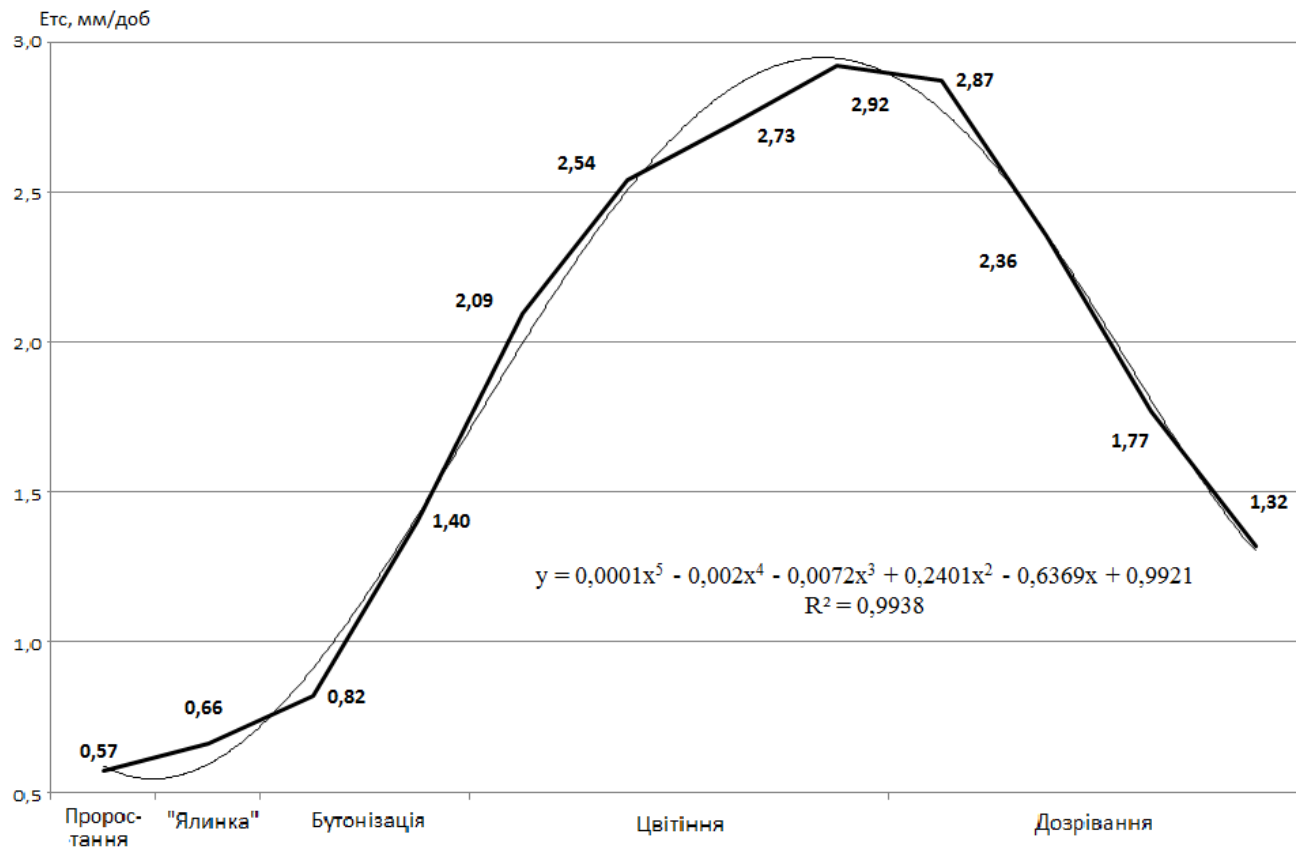


Рис. 8.18 Динаміка розрахункової евапотранспірації льону олійного при зрошенні, мм/доб. Середнє за 2014–2018 рр.

Відмінності між Етс льону олійного без зрошення та при зрошенні переважно зумовлені подовженням періоду вегетації культури за умов штучного зволоження, проте їх конфігурація є подібною. Це може бути свідченням більшого значення, в умовах зрошення, контролю за запасами продуктивної вологи у фазу зеленої стиглості.

Прогнозування вологозабезпеченості посівів льону олійного при

зрошенні свідчить про зростання водоспоживання у фактичних умовах (Етс adj) на 63,2% відносно варіантів, без зрошення.

Прогнозоване зниження урожайності насіння льону олійного не перевищувало 3,8%. Відхилення прогнозованого та фактичного водоспоживання складало 2,7%, а відхилення – не перевищувало 12,8 %. Результати із оптимальним поєднанням досліджуваних факторів і варіантів були апробовані на дослідному полі Асканійської ДСДС Інституту зрошуваного землеробства НААН. Встановлено, що найвищий рівень продуктивності рослин з показниками врожайності насіння 2,48–2,49 т/га зафіксовано у зрошуваних варіантах у 2017–2018 рр., що пояснюється особливостями погодних умов у ці роки – високий температурний режим на фоні дефіциту атмосферних опадів (додаток М.1-М.2).

На незрошуваних ділянках мінімальна врожайність на рівні 1 т/га зафіксовано у посушливому 2018 р. (рис. 8.19).

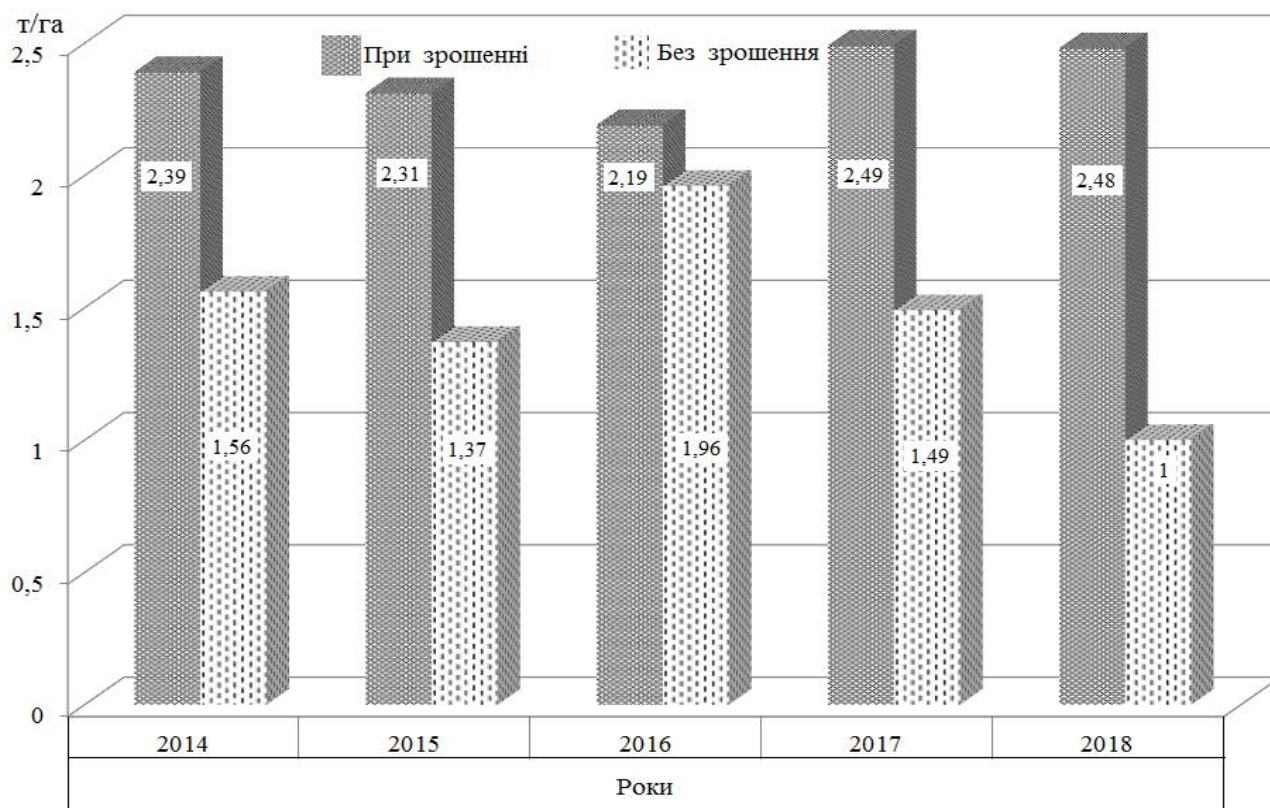


Рис. 8.19 Урожайність льону олійного сорту Айсберг в польових дослідах Асканійської ДСДС Інституту зрошуваного землеробства НААН, т/га

Це пояснюється зниженням кількості атмосферних опадів на фоні зростання температурного режиму та зменшення відносної вологості повітря, а також термічної депресії у рослин з прискореним підсиханням листостеблової маси наприкінці вегетації

В середньому за роки проведення досліджень зрошення забезпечило формування врожайності у 1,6 рази вище, ніж у незрошуваних варіантах з коливанням за роками – від 1,1 рази у вологому 2016 р. до 2,5 рази – у посушливому 2018 р.

В екстремальних умовах вологозабезпечення періоду вегетації, що спостерігалось протягом 2014–2018 рр., зрошення льону олійного демонструє висок стабілізуючу роль відносно формування урожаю насіння. Якщо без зрошення стандартне відхилення врожайності насіння в окремі роки складало 0,346, то при зрошенні становило 0,125.

Моделювання режиму зрошення льону олійного дає можливість зменшити споживання поливної води, негативний вплив на ґрунт та підвищити економічну та енергетичну ефективність вирощування культури за рахунок раціонального використання ресурсів.

Висновки до розділу 8

1. Математичне моделювання дозволило встановити за сівби при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості в предгенеративний віковий період льону формується більш придатний температурний режим ніж за сівби через 10 діб та 20 діб. Міжфазний період ялінка – бутонізація при ранній сівбі проходить за нижчих температур, що більш відповідає процесу формування стебла та волокон.

2. Кореляційним аналізом доведено, що польова схожість має зворотній зв'язок із середньою температурою повітря, ($R=-0,63$), та прямий зв'язок із вологістю повітря ($R= 0,59$), водно-термічним коефіцієнтом ($R = 0,69$) та коефіцієнтом зволоження М. М. Іванова ($R = 0,76$). Незалежно від умов зволоження виявлено зворотній зв'язок між вмістом ліноленової та олеїнової

коефіцієнти кореляції складає $R_c = -0,62$, та $R_s = -0,92$, а також стеаринової кислоти $R_c = -0,51$, $R_s = -0,7$. При зрошенні існує тісний зв'язок між вмістом олеїнової та стеаринової кислоти ($R = 0,77$).

3. Математичне моделювання лінійних розмірів рослин дозволило встановити, що в умовах зрошення діаметр збільшується по усій його довжині стебла. Найбільші зміни діаметра стебла відбуваються в зоні нижнього та верхнього галуження. У льону-довгунця сорту Глінум стебло більш однакове за діаметром, та змінюється менше ніж у олійних сортів.

4. Кореляційно-регресійним моделюванням у незрошуваних умовах встановлені теоретичні рівні врожайності насіння льону 1,2 т/га за внесення N_{30} та на рівні 1,4 т/га, та при внесенні N_{60} . При зрошенні найвищий рівень 2,2–2,3 т/га забезпечує фон азоту 100–120 кг д.р./га. Незалежно від умов зволоження найвища насіннева продуктивність льону олійного формується у межах міжряддя 15 см. Поліноміальні залежності свідчать, що істотний вплив на продуктивність рослин норма висіву має лише за умов природного зволоження. Теоретична врожайність насіння зростає при підвищенні норми висіву з 3,0 до 5,5–5,7 млн шт./га.

5. Статистична обробка одержаних експериментальних даних свідчить, що найбільший вплив на формування врожаю насіння та соломи має вологозабезпечення 51,6 та 62,4%, сортовий склад – 35,7 і 26,5%, а взаємодія цих факторів складає 7,1 та 8,1%. За урожайністю насіння найвищий рівень адаптивної здатності мають сорти Орфей, Айсберг та ВНІМК 620. За умов подвійного призначення вищою є адаптивна здатність у сортів Орфей, Ручеек, Лірина та Надійний. Аналіз середовищ свідчить про суттєві переваги зрошення щодо формування урожайності як насіння, так і соломи. Позитивна реакція сортів при зрошенні вища за урожайністю соломи ніж за урожайністю насіння.

6. Нейронним аналізом встановлено у незрошуваних умовах високий вплив фону живлення, ширини міжряддя, норми висіву та надходження опадів та суми температур на формування величини врожаю культури. У графіках відгуку встановлена максимальна позитивна змодельована взаємодія між

нормами мінеральних добрив та шириною міжрядь. Нерегульовані елементи нейронної мережі забезпечують сталу взаємодію з підвищенням фону мінерального живлення з динамікою зростання теоретичної врожайності насіння на рівні 1,20–1,21 т/га. Визначено падіння розрахункової врожайності насіння на 20,4% при розширенні міжряддя. Взаємодія між сумою ефективних температур та нормою висіву насіння демонструє зростання теоретичної урожайності 0,82 до 1,80 т/га.

7. За умов зрошення загальна архітектура нейронної мережі сформувалася за схемою радіально базисної функції (GRNN 6:6–5-1:1). Навчальна продуктивність мережі найвищого рівня – 0,69–0,97 набула у зрошувальній нормі та фону мінерального живлення, а найменші значення були зафіксовані відносно норми висіву. Графіки відгуку сформованої нейронної мережі максимальний рівень теоретичної урожайності насіння на рівні 1,83 т/га формується у взаємодії фону мінерального живлення із зрошувальною нормою та сумою ефективних температур повітря. Покращення фону мінерального живлення у взаємодії зі зрошенням забезпечило зростання рівня теоретичної урожайності в середньому із 1,48 т/га на 23%. Вплив на величину теоретичної урожайності насіння взаємодії температурного режиму та норми висіву досліджуваної культури складає 27,9–37,8%. Розраховані на основі програми CROPWAT відхилення запасів продуктивної вологи від фактичних дозволяє рекомендувати її для розрахунку та подові режиму зрошення льону олійного. Дефіцит вологи в метровому шарі ґрунту в роки проведення досліджень встановлених програмою відрізнявся від фактичних значень у середньому на 1,2–2,7%, що дозволяє використовувати програму CROPWAT для прогнозування показників водного режиму ґрунту льону олійного.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування та нове вирішення важливої наукової проблеми – розробки базисних елементів технології вирощування льону олійного, які дозволяють використовувати його соломку для технічної переробки та вилучення лубу. Проведені наукові дослідження дозволили визначити комплекс технологічних умов для створення морфотипу льону олійного з подвійним використанням продукції. На підставі цих досліджень сформульовано такі основні висновки:

1. Сучасні обсяги виробництва льону олійного та поширення його в зоні культивування льону-довгунця, наявні вітчизняні технологічні розробки створюють сприятливі умови для переробки соломи й отримання вітчизняної лубоволокнистої сировини. Подвійне використання льону олійного відповідає загальносвітовим тенденціям «Екологізації» та використання відновлювальних ресурсів.

2. На підставі економіко-статистичного методу та досліджених зональних особливостей формування продуктивності, обґрунтовано агроекологічні особливості основних сировинних зон вирощування льону олійного з позиції подвійного використання біологічної маси культури. Визначено методологічні особливості проведення таких досліджень.

3. Зрошення на фоні застосування мінеральних добрив посилює швидкість лінійного росту рослин, листковий індекс, чисту продуктивність фотосинтезу посівів, унаслідок чого суха наземна маса посівів зростає на 36,8%, збільшується кількість коробочок, насінин у коробочці, зростає маса та покращуються технологічні властивості стебел. Зрошення зумовлює підвищення вмісту жиру в насінні в середньому на 0,42 в.п., а умови живлення – на 0,5–2,1 в.п. Збільшення дози добрив до $N_{90}P_{60}K_{60}$ знижує вміст жиру. Під впливом зрошення та мінерального живлення склад жирних кислот істотно не змінюється.

Переваги сівби із міжряддям 45 см полягають виключно у можливості

отримання насіння харчового, медичного призначення, або органічної продукції. Урожайність насіння при цьому, відповідно до умов зволоження, знижується на 14,7 та 12,4%.

4. У більшості випадків кращі умови для отримання сходів, подальшого росту й розвитку, формування стебла та репродуктивних органів льону олійного складаються за сівби при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості. Ранній строк сівби забезпечує формування більш розвиненого листкового апарату, ефективне його використання, оптимальне поєднання морфологічних показників структури врожаю, що визначає найвищий рівень урожайності насіння (1,34 т/га), вищу врожайність соломи, її загальної та технічної довжини, діаметра стебла й миклості, вмісту лубу та його міцності. Зміщення строку сівби льону спричиняє зменшення технологічно цінних анатомічних ознак, таких як площа паренхіми стебла, кількості пучків та волокон, їх розмірів урожайності та якості соломи.

Загущення рослин зумовлює підвищення врожайності соломи, вмісту лубу та його умовного виходу. За сівби через 20 діб норма висіву повинна бути збільшена до 8 млн шт./га.

5. Морфотипи льону культурного проявляють подібну динаміку процесів росту й розвитку та реакцію на покращення умов зволоження. Продукційний процес сортів різного призначення генетично спрямований на формування основного виду продукції, при зрошенні частка стебел у наземній масі рослин зростає, а насіння зменшується. В умовах Півдня України рослини льону-довгунця набувають ознак олійних сортів та втрачають технологічні властивості соломи. Відмінність будови стебла сортів льону різного морфотипу полягає в суттєвому збільшенні у прядивних порожнини та паренхіми, за зменшення частки серцевини та деревини. За однакових умов вирощування виявлені анатомічні переваги у розмірі, кількості та розвиненості волокнистих пучків та елементарних луб'яних волокон у стеблах льону-довгунця. Для подвійного використання застосування сортів льону-довгунця на Півдні України є недоцільним, це потребує окремого напряму селекції.

6. Неодночасне фізіологічне та технологічне дозрівання рослин, повторне відновлення вегетації, які ускладнюють збирання льону, усуваються механічним або хімічним підсушуванням рослин. Десикація льону препаратами Баста (2 л/га), Раундап (3 л/га) та Реглон Супер (3 л/га) прискорює втрати вологи, зменшує умовні втрати насіння та соломи, знижує засміченість соломи бур'янами і позитивно впливає на її фізико-механічні показники. За наявного технічного забезпечення господарств Півдня України збирання льону олійного подвійного використання повинно передбачати десикацію посівів у фазі жовтої стиглості та скошування на мінімально можливій висоті зрізу, з укладанням соломи у валок для подальшого тюкування в рулони.

7. Економіко-статистичне моделювання прогнозує збільшення площ вирощування та врожайності льону олійного в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, що забезпечує сприятливі передумови для комплексного використання його продукції. Зміщення льону в зону достатнього зволоження та помірного температурного режиму сприяє збільшенню цінності соломи як сировини «Зеленої індустрії».

Технологічні схеми переробки та використання соломи льону повинні мати зонально-територіальний принцип побудови та враховувати обсяги, якість сировини, можливі технології збирання, наявне технологічне обладнання. За довжини стебла, що перевищує 50 см та вмісту лубу 18%, доцільно застосовувати технології збирання льону-довгунця переважно для вилучення короткого волокна, а при довжині стебла 45–50 см та вмісті лубу більше 16% – солону доцільно використовувати у целюлозно-паперовій промисловості. У зонах, в яких загальна довжина стебла льону не перевищує 45 см, а вміст лубу – 13%, технологія дозволяє використовувати солону як сировину для хімічної і будівельної промисловості та як паливо.

8. Льон олійний при побудові технології вирощування за принципами системності та адаптивності забезпечує економічну та енергетичну окупність факторів інтенсифікації. Максимальний прибуток забезпечує сівба льону олійного при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості з міжряддями 15 см

при внесенні добрив нормою $N_{60}P_{45}K_{45}$. Норма висіву насіння повинна складати 6 млн шт./га без зрошення та 7 млн шт./га при зрошенні. В умовах природного зволоження найбільш прибутковим є вирощування сортів Айсберг, ВНІМК 620 та Орфей (6,78–6,88 тис. грн/га), а при зрошенні – Орфей, Айсберг, ВНІМК 620 та

Лірина (6,41–6,74 тис. грн/га). Вищу прибутковість – 5,39 тис. грн/га, забезпечує передзбиральна десикація посівів препаратом Раундап (3 л/га). Виробничі витрати на тюкування соломи в рулони складають 247–297 грн/т, при перевезенні її на відстань більше 20 км транспортні витрати досягають рівня собівартості соломи. Первинну переробку сировини проводити в зоні вирощування культури. Прогнозована вартість соломи льону олійного, залежно від якості, повинна складати не менше 35–45 доларів США за тонну, що забезпечує прибутковість як вирощування, так і переробки.

9. Заходи, що підвищують урожайність льону олійного, поєднання зрошення та удобрення покращують окупність енергетичних витрат. Передзбиральна десикація посівів надає значні переваги при збиранні та є енергетично обґрунтованою. Найменшу енергоємність – 10,4 ГДж/т, та найвищий К_ее – 1,97 забезпечує проведення прямого комбайнування після десикації препаратом Баста (2 л/га). Заготівля соломи потребує збільшення енергетичних потреб в 1,39–1,46 рази, однак прихід енергії в 2,38–2,47 рази перевищує витрати. Технологічне використання соломи підвищує К_ее на 0,16–0,83 одиниці. Найвищий вихід агроенергетичних одиниць господарсько-цінної продукції забезпечує встановлення норми висіву 7 млн шт./га. При зміщенні строків сівби на 10 та 20 днів оптимальною нормою є 8 млн шт./га.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами проведених багаторічних польових досліджень з льоном олійним в умовах Півдня України, економічної та енергетичної оцінок експериментальних даних рекомендуємо:

- вирощувати досліджувану культуру на фоні внесення мінеральних

добрив у дозі $N_{60}P_{45}K_{45}$, сівбу проводити при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості з міжряддями 15 см, збиральні роботи здійснювати після десикації посівів у фазі жовтої стиглості препаратами Баста (2 л/га), Раундап (3 л/га) або Реглон Супер (3 л/га), що забезпечить отримання урожайності насіння 1,57 т/га без зрошення та 2,07 т/га при зрошенні;

– за умов природного зволоження для одержання умовного чистого прибутку у межах 6,8–6,9 тис. грн/га висівати сорти Айсберг та Орфей з нормою висіву 6 млн шт./га;

– при зрошенні висівати сорти Орфей, Айсберг та Лірина з нормою висіву

7 млн шт./га, які характеризуються найкращою реакцією на штучне зволоження та забезпечують умовний прибуток 6,4–6,7 тис. грн/га;

– у технології вирощування льону олійного подвійного використання вносити мінеральні добрива у дозі $N_{60}P_{45}K_{45}$, проводити сівбу із міжряддями 15 см та нормою 8 млн шт./га, перевагу доцільно надавати сортам Айсберг, Лірина, Надійний, Орфей;

– при обранні технологічних схем переробки та використання соломи враховувати довжину стебла і технологічні якості соломи, за її вартості не менше 35–45 доларів США за тонну. Додаткові витрати при зрошення, удобрення та інші агроресурси підвищують цінність соломи як сировини «Зеленої індустрії». Організацію переробки соломи будувати на основі кластерного підходу з найближчим розташуванням пунктів первинної переробки до зон вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов Н. Г. Влияние гербицидов типа 2М-4Х на растения льна. *Труды ВНИИЛ*. Москва. 1975. Вып. 13. С. 134–138.
2. Абрамов Н. Г. Меры борьбы с сорняками. Лен-долгунец. Москва: Колос, 1976. С. 173–195.
3. Абрамов Н. Г., Афанасьев А. А., Афонин М. И. Льноводство / под ред. Н. Д. Матвеева. Москва: ОГИЗ, 1949. 380 с.
4. Агрокліматичний довідник для Київської області / за ред. А. В. Богатира. Київ, 1966. 55 с.
5. Агрометеорология: спр. ременпособ / под. ред. Н. В. Пономаренко. Новосиб. гос. аграр. унт. Агрономический институт. Новосибирск, 2008. С. 5–9.
6. Алабушев В. А., Алабушев А. В., Алабушев В. В. Растениеводство: учеб. пособ. Ростов: Март, 2001. 383 с.
7. Алпатьев А. М. Влагооборот культурных растений. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1954. 248 с.
8. Андреев С. И., Черноталов С. С. Лен масличный – новая культура с большим потенциалом. Нижний новгород, 2000. С. 8–21.
9. Андрищенко А. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподаоських культур олійні, технічні, прядивні та кормові культури. Київ: Алефа, 2001. С. 44–50.
10. Антонова О. И., Герлец Э. А. Действие листовых подкормок льна масличного на урожайность и качество семян по разным удобренным фонам в условиях умеренно засушливой и Колочной степи. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012. № 12 (98). С. 58 – 61.
11. Антонова О. И., Ельчищев А. А., Черенков О. А. Качество семян льна масличного межеумка по зонам Алтайского края. *Проблемы рационального использования природных ресурсов, воспроизводства почвенного плодородия, применения средств химизации в земледелии*: семинар-круглый стол. Барнаул. С. 432–434.

12. Антонова О. И., Поронова Т. Н. Формирование урожайности семян льна масличного в зависимости от свойств почвы на черноземах умеренно засушливой и колючей степи. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012. № 11 (97). С. 57–62.

13. Антонова О. И., Толстых А. С., Стефанькин М. П. Сравнительная эффективность влияния минеральных и органоминеральных удобрений на продуктивность льна масличного в засушливых условиях. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2011. № 12 (86). С. 20–23.

14. Арсланова Л. Е. Формування врожаю льону олійного залежно від агротехнології вирощування в умовах Степової зони Криму: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Херсон, 2013. 20 с.

15. Артемов А. В. Глубокая переработка льна область критических технологий. Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности. 2006. URL: <httpwww.textileclub.ru>

16. Артемов А. В. Отраслевая наукальняного комплекса России: проблемы и перспективы. *Российский химический журнал*. 2003. № 5. С. 68–75.

17. Афанасьев Р. А., Мерзлая Г. Е. Содержание подвижного фосфора в почвах при длительном применении удобрений. *Агροхимия*. 2013. № 2. С. 30–36.

18. Афонин М. И., Лукуть Т. Ф. Влияние сроков сева на формирование урожая льна-долгнца. Пути повышения урожайности полевых культур. 1985. Т. 16. С. 90–96.

19. Бушнев А. В. Отзывчивость сортов льна масличного на удобрение. *Актуальные вопросы селекции, технологии и переработки масличных культур*: междунар. конф. (г. Краснодар 12 марта 2003 г.). Краснодар, 2003. С. 114–120.

20. Базалій В. В. Принципи адаптивної селекції озимої пшениці в зоні південного Степу: монографія. Херсон: Айлант, 2004. 244 с.

21. Баздырев Г.И., Зотов Л. И., Полин В. Д. Сорные растения и меры борьбы с ними в современной земледелии: учеб. пособ. Москва: МСХА, 2004. 242 с.

22. Бакенова Ж. Б. Влияние систем удобрений на агрохимические свойства орошаемой луговокаштановой почвы и продуктивность льна масличного в плодосменном севообороте: автореф. дис... д-ра наука. Алмаата, 2012. 21 с.

23. Баранник В. Г., Голобородько П. А., Гілязетдінов Р. Н. Ресурсозберігаюча технологія вирощування льонудовгунця / за ред. П. А. Голобородька. Глухів: ІЛК УААН, 2001. 29 с.

24. Барановський М. До питання про нову схему сільськогосподарського районування України. *Часопис соціально-економічної географії*. Харків. 2015. Вип. 181. С. 44–49.

25. Барцева А. А. Эффективность минеральных удобрений под лен-долгунец при разной влагообеспеченности. Система удобрения и качество урожая технических, овощных культур и картофеля. *Труды ВИУА*. 1980. Вып. 61. С. 52–55.

26. Безбабченко А. В., Шевалдин Д. М., Новиков Э. В., Корабельников А. Р. Линия для производства однотипного льноволокна, нетканых материалов и межвенцовых утеплителей. *Наукові нотатки*. 2012. Вип. 39. С. 47–54.

27. Белопухов С. Л. К вопросу об извлечении химических элементов льном из почвы. *Известия Тимирязевской с.-х. академии*. 2002. Вып. 4. С. 34–40.

28. Белякова Н. А., Советов П. М. Экономические проблемы производства и переработки льна: монография. Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2005. С. 195.

29. Березовський Ю. В. Технічні рішення процесу переробки лляної сировини. *Наука та інновації*. 2017. Т. 13, № 3. С. 25–37.

30. Бизнесплан и краткое ТЭО инновационного проекта «Льняная целлюлоза». Москва: ООО «РИКОКОНСАЛТИНГ», 2011. 80 с.

31. Біднина І. О. Вміст олії в насінні льону олійного залежно від удобрення в неполивних умовах Степу: матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів з інноваційного розвитку систем землеробства та агротехнологій в Україні (м. Чабани 10–12 грудня 2007 р.). Чабани, 2007. С. 90–91.

32. Біднина І. О. Продуктивність і якість льону олійного залежно від рівня

мінерального живлення в умовах півдня України: автореф. дис. ... канд. с.-г наук. Херсон, 2010. 18 с.

33. Білявський Ю. А. Агроекологічна ефективність добрив та способів основного обробітку сірих опідзолених ґрунтів в умовах Полісся: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Київ, 2002. 18 с.

34. Блэк К. А. Растение и почва. Москва: Колос, 1973.

35. Бобирь С. В., Кузьміна Т. О., Бабіч С. С. Товарознавчі властивості льоно-сировини для армування геотекстильних полотен. *Товарознавчий вісник*. 2014. №7. С. 33–40.

36. Бобирь С. В., Островська А. В., Чермошенцева К. М., Кузьміна Т. О. Одержання трести з соломи льону олійного за допомогою штучного зволоження хімічним композиційним препаратом. *ВЕСТНИК ХНТУ*. 2012. № 2 (45). С. 127–131.

37. Бодян Р. С. Вплив ґрунтовокліматичних умов зони вирощування на урожайність сортів льону-довгунця. *Луб'яні та технічні культури*. 2014. Вип. 3. С. 107–111.

38. Божко Л. Ю. Барсукова О. А. Конспект лекцій з дисципліни «Агрометеорологічні прогнози»: навч. вид. Одеса. 2010. 228 с.

39. Божко Л. Ю. Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур: навч. посіб. МОН України. Одеса: Екологія, 2013. 240 с.

40. Болюк В. А. Вплив удобрення на продуктивність та якість насіння сортів льону олійного на чорноземах типових: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Київ, 2011. 19 с.

41. Борисов Ю. И. Льняной комплекс. *Технический текстиль*. 2003. №6. С. 12–16.

42. Брач Н. Б. Внутривидовое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его использование в генетических исследованиях и селекции): дисс... д-ра биол. наук. Санкт-Петербург, ГНУ ВНИИР им. Н. И. Вавилова, 2007. С. 4.

43. Брач Н. Б. Изучение динамики цветения льна в условиях Юга

Португалии. *Масличные культуры науч.-техн. бюлл. Всероссийского науч.-исслед. инст. масл. культур.* 2005. Вып. 2. С. 69–75.

44. Буряков Ю. П. Ивановский В. К., Осипов П. Ф. Масличный лен. Москва: Россельхозиздат, 1971. 112 с.

45. Бушнев А. С., Мамырко Ю. В., Подлесный С. П. *Масличные культуры науч.-техн. бюлл. Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур.* 2009. Вып. 1 (140). С.33–37.

46. Вавилов Н. И. Центры происхождения культурных растений. Избранные труды. Москва, 1965. Т. 5. С. 42–54.

47. Вавилов П. П., Гриценко В. С. Растениеводство. Москва: Агропромиздат, 1986. 512 с.

48. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.

49. Вакула С. И., Корень Л. В., Анисимова Н. В., Титок В. В. Отзывчивость льна масличного на погодно-климатические условия. Леноводство реалии и перспективы: сб. науч. матер. Могилев, 2008. 408 с.

50. Вакула С. И., Корень Л. В., Игнатовец О. С., Титок В. В., Хотылева Л. В. Экологогенетические аспекты продуктивности и качества сортов льна масличного *Linum usitatissimum* L. *Экологическая генетика.* 2009. Т. 7. № 4. С. 14–21.

51. Вехов В. Н., Губанов И. А., Лебедева Г. Ф. Культурные растения СССР. Москва: Мысль, 1978. С. 193–196.

52. Вешнівська Ю. С. Вплив системи удобрення на структуру та врожайність сортів льону олійного. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН».* 2011. № 34. С. 92–96.

53. Вихарев С. М., Федосова Н. М., Болонкин В. А. Программно-измерительный комплекс для оценки технологической ценности льна: материалы межвузовской научн-техн. конф. Москва. 2008.

54. Волкодав В. В., Бариков Б. А., Животков Л. О. Довідник по апробації сільськогосподарських культур. Київ: Урожай, 1990. С. 241–245.

55. Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Олійні культури в Україні: навч. посіб. Київ: Основа, 2008. 347 с.

56. Гайнулин Р. М. Научное обоснование приёмов возделывания люпина и льна масличного и воспроизводство плодородия почв в лесостепи Среднего Поволжья: автореф.. дисс... д-ра с.-х. наук. Немчиновка, 2008. 40 с.

57. Галкин Ф. М., Хатнянский В. И., Тишков Н. М., Пивень В. Т., Шафоростов В. Д. Лен масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки. Краснодар: РАСХН, 2008. 191 с.

58. Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А., Байбеков Р. Ф. Практикум по почвоведению / под ред. Н. Ф. Ганжары. Москва: Агроконсалт, 2002. 280 с.

59. Гвоздикова Н. Е. Влияние светлого и температурного факторов на рост, развитие и продуктивность льна масличного в камерах искусственного климата. *Бюлетень науково-технічної інформації по масличним культурам ВНИИМК*. 1980. Вип. 2. С. 15–19.

60. Гигроскопическая вата и способ ее получения: пат. 2494183 Российская Федерация, МПК D04H 100, D21F 1114. № 2153544; заявл. 12.10.1999; опубл. 27.07.2000.

61. Гинзбург К. Е. Фосфор основных типов почв СССР. Москва: Наука, 1981. 242 с.

62. Гладкий П. П. О водном режиме сортов льна масличного. Сборник работ по биологии развития и физиологии льна. Москва: Сельхоз-гиз, 1954. С. 127–146.

63. Гобеяк Ю. М. Підвищення продуктивності льону олійного в умовах південного Степу України шляхом оптимізації агрозаходів посівного комплексу: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Херсон, 2008. 19 с.

64. Голобородько П. А. Логінов М. І., Ситник В. П. Ресурсозберігаюча технологія вирощування льону-довгунця: практичні рекомендації. Глухів: ГДПУ, 2006. С. 6–11.

65. Голобородько П. А. Захист посівів льону від бур'янів. *Агроном*. 2005. № 2. С. 76–77.

66. Голуб И. А., Снопов А. Н. Подготовка к севу и формирование урожая льна-долгунца. *Агроном*. 2007. № 1. С. 158–164.

67. Горач О. О. До питання комплексного використання льону олійного. *Інноваційні напрями в селекції, технології вирощування та переробки технічних культур*: матер. наук.-практ. конф. молодих вчених (Глухів, 24 грудня 2009 р.). Суми, 2010. С. 79–82.

68. Горач О. О. Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: автореф. дис... канд. техн. наук. Херсон, 2009. 24 с.

69. Городній М. М., Лісовал А. П., Бикін А. В. Агрохімія. Київ: ТОВ «Алефа», 2003. 775 с.

70. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: ІАЕ, 2010. 400 с.

71. Грабак Н. Х. Організація сівозмін за різних умов господарювання. *Основи ведення сільського господарства та охорона земель*: навч. посіб. Київ: Професіонал, 2006. С. 178–200.

72. Гречкосій В. Відродження галузі. *Агробізнес*. 2010. № 12. С. 176–177.

73. Григорьева Н. П., Нугманов О. К., Нусинович Д. С. Технология получения целлюлозы из травянистых растений и ее свойства. *Вестник КГТУ*. 2011. № 3. С. 165–168.

74. Гринько Ю. П. Влияние микроэлементов на урожайность и качество семян льна масличного: сборник трудов VI междунар. конф. молодых ученых и специалистов, ВНИИМК, 2011. С. 58–60.

75. Губський Ю. І. Біоорганічна хімія. Вінниця: НОВА КНИГА, 2007. С. 126–137.

76. Гудзь В. П., Приймак І. Д., Рибак М. Ф. Адаптивні системи землеробства: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2007. С. 148–158.

77. Гудкова Н. П. Научные основы размещения льна-долгунца в севооборотах южной части Северо-Западного района Российской Федерации: автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. Великие Луки, 1999. 24 с.

78. Гуляев Б. И., Патыка В. Ф. Фосфор как энергетическая основа

процессов фотосинтеза, роста и развития растений. *Агроекологічний журнал*. 2004. № 2. С. 39–42.

79. Данова Л. П. Влияние температуры на синтез жира в семенах масличных растений. *Физиология растений*. 1969. Т. 16. Вып. 3. С. 488–497.

80. Дворятник Н. И. Экономическая эффективность концентрации производства льна масличного. *Бюллетень научно-технической информации по масличным культурам ВНИИМК*. 1977. Вып 1. С. 78–81.

81. Двуреченский В. И., Нугманов А. Б., Слабуш В. И. Рекомендации по возделыванию льна масличного в Костанайской области. Заречное, 2011. 15 с.

82. Демехин В. А., Пелих В. Г., Полупан Н. И. Земельные ресурсы Херсонской области: базовый фактор региональной экономической политики / под ред. В. А. Демехина. Киев: Аграрна наука, 2007. 152 с.

83. Демидов І. М., Тимченко В. К. Споживчі властивості харчових жирових продуктів: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2004. С 13–58.

84. Дідора В. Г. Агро-біологічні основи вирощування льону-довгунця в Поліссі України: автореф. дис... д-ра с.-г. наук. Київ, 2001. 31 с.

85. Дідора В. Г. Періодичність росту та продуктивність льону-довгунця залежно від агро-меліоративних заходів. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 30–32.

86. Дідора В. Г., Малиновський А. С., Дереча О. А. Льонарство: підручник / за ред. В. Г. Дідори. Житомир: Житомирський національний агроекологічний університет, 2008. 488 с.

87. Дідух В. Ф. Дударев І. М., Кірчук Р. В. Збирання та первинна переробка льону-довгунця: монографія. Луцьк: ЛНТУ, 2008. 215 с.

88. Дмитриевская И. И., Степанова Д. С., Белопухов С. Л., Раскат В. А. Влияние длительного применения удобрений на урожайность льна-долгунца и качество волокна. *Достижения науки и техники АПК*. 2015. № 10. С. 50-52.

89. Дмитренко В. П. О методике оценки гидрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур. *Труды УкрНИГМИ*. 1973. Вып. 128. С. 3–23.

90. Дмитренко В. П. Принципи і засоби визначення потенціалу урожаю сільськогосподарських культур за еколого-географічними засадами. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2005. Вип. 254. С. 9–29.

91. Дмитренко Т. Ф. Продуктивність та технологічні показники насіння льону-довгунця та олійного в зоні Полісся. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. № 3. С. 19.

92. Дмитренко Ф. Т. Особливості росту і розвитку олійних та довгунцевого типів льону в ґрунтово-кліматичних умовах поліської зони. *Науково-технічний бюлетень ІОК*. 2009. Вип 5. С. 106–113.

93. Доброчаева Д. М. Семейство Леновые Linaceae Dum. Определитель высших растений Украины: Киев: Наукова думка, 1987. С. 216–218.

94. Доманович А. В. Влияние фотопериода на хозяйственно ценные признаки льна *Linum usitatissimum* L.: автореф. дисс... канд. биолог. Наук. Санкт-Петербург, 2012. 14 с.

95. Дорогунцов С. І., Пітюренко Ю. І., Олійник Я. Б. Розміщення продуктивних сил України: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. Київ: КНЕУ, 2000. С. 216–217.

96. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

97. Дрозд И. Ф. Продуктивность различных образцов льна масличного в зависимости от сроков посева в условиях Западной Украины: матер. VI междунар. конф. молодых ученых. 2011. С. 78–81.

98. Дрозд І. Ф. Особливості впливу метеорологічних умов на формування господарсько цінних ознак льону олійного. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 2. С. 178–181.

99. Дрозд І. Ф., Шпек М. П., Лях В. О. Олійність насіння сортів льону в різних умовах вирощування. *Науково-технічний бюлетень ІОК НААН*. 2010. № 15. С. 45–48.

100. Дрозд О.М. Продуктивність нових сортів льону-довгунця і льону олійного залежно від способів сівби та системи удобрення: автореф. дис. ...

канд. с.-г. наук. Київ, 2005. 18 с.

101. Дрозд, І. Ф. Прояв та мінливість морфологічних, біохімічних і господарсько цінних ознак льону олійного в умовах Передкарпаття: автореф. дис... канд. с.г. наук. 2013. 20 с.

102. Дряхлов А. А. Продуктивность льна масличного в зависимости от засоренности посевов и применения гербицидов на черноземах Западного Предкавказья: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2009. 18 с.

103. ДСТУ 13496.493; ДСТУ 2665797; ДСТУ 3050497.

104. Дударев І. М. Аналіз технологій збирання льону-довгунця. *Сільськогосподарські машини: зб. наук. статей*. Луцьк. 2009. Вип. 19. С. 47–54.

105. Дударев І. М. Особливості збирання льону олійного. *Сільськогосподарські машини*. 2014. Вип. 28. С. 11–17.

106. Дударев І. М. Теоретичні основи розрахунку машин для універсальної технології збирання та післязбиральної обробки льону: монографія. Луцьк: ЛНТУ, 2013. 164 с.

107. Дударев І. М. Універсальна технологія збирання та післязбиральної обробки льону. *Технологічні комплекси*. 2012. № 12 (56). С. 148–152.

108. Дынник В. П. Наследование высоты растений льна. *Лён и конопля*. 1986. № 1. С. 37–38.

109. Дюкарев В. А., Кочаров С. А., Ходырев В. И. Зеленая химия применение возобновляемых ресурсов в химических процессах проектный поход. *Вестник МИТХТ*. 2012. Т. 7. № 3. С. 79–89.

110. Дьяков А. Б. Принципы оптимизации архитектоники посевов в условиях дефицита влаги и азота. *Аграрная Россия*. 2002. № 1. С. 6–18.

111. Дьяков А. Б. Физиология и экология льна. ГНУ ВНИИМК РАСН. Краснодар, 2006. 213 с.

112. Егорова Т. В. Семейство Linaceae Льновые. Флора Восточной Европы. Санкт-Петербург: СПб, 1996. Т. 9. С. 346–361.

113. Ельчищев В. Г., Черенков О. А. Качество семян льна масличного межеумка по зонам Алтайского края. *Проблемы рационального использования*

природних ресурсів, виробництва ґрунтового плідороддя, застосування засобів хімізації в землеробстві: семінар-круглий стіл. С. 432–434.

114. Ермаков А. І. Залежність хімічного складу насіння льна від умов вирощування в різних ґруннокліматических зонах. *Труди по прикладній ботаніці, генетиці і селекції*. 1958. Т. 31. Вип. 3. С. 36–60.

115. Ермаков А. І. Шляхи підвищення вмісту масла в насінні льна. *Труди по прикладній ботаніці, генетиці і селекції*. 1970. Т. 42. Вип. 2. С. 20–41.

116. Есаулко А. Н., Кочкин А. С., Воскобойников А. В. Программування продуктивності льна масличного на основі оптимізації систем удобрень. *Состаніє і перспективи розвитку АПК ЮФО: матер. 73-й науч. практ. конф.* Ставрополь, 2009. С. 48–52.

117. Ефективне використання добрив: наук. метод. реком. В. Л. Нікішенко. Херсон: Херсонська міська друкарня, 2009. С. 26–27.

118. Єременко О. А., Тодорова Л. В., Покопцева Л. А. Вплив погодних умов на проходження та тривалість фенологічних фаз росту та розвитку олійних культур. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. Вип. 99. С. 45–52.

119. Єщенко В. О. Алелопатична дія водних витяжок з надземних рослинних решток різних попередників на схожість, початковий ріст і висоту рослин льону олійного. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань, 2008. Вип. 69. С. 16–19.

120. Єщенко В. О., Коваль С. П. Формування врожайності льону олійного після різних попередників. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2011. Вип. 75. С. 16–19.

121. Жданова Л. П. Влияние температуры на синтез жира в семенах масличных растений. *Физиология растений*. 1969. Т. 16. Вип. 3. С. 488–497.

122. Живетин В. В. Гинзбург Л. Н. Масличный лен и его комплексное развитие. Москва: ЦНИИЛКА, 2000. 389 с.

123. Заришняк А. С., Жилкін В. А., Мельник Ю. Ф. Методичні рекомендації щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських

культур у сівозмінах різних ґрунтовокліматичних зон України / за ред. М. Д. Безуглий. Київ, 2008. 44 с.

124. Захарова Л. М., Кудряшова Т. А. Технология применения гербицидов нового поколения на посевах льна-долгунца: методич. указ. Торжок. 2010. 56 с.

125. Зеленский Н. А., Авдеенко А. П., Мокриков Г. В., Шестов И. Н. Влияние нормы высева на продуктивность льна масличного сорта Небесный по технологии NO-TILL. *Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки: матер. VIII междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию проф. А. Т. Фарниева. Часть 1. Владикавказ, 2012. С. 177–179.*

126. Зеленцов С. В. История культуры льна в мире и России. *Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. Вып. 1 (169). С. 21-23.*

127. Зеленцов С. В., Зеленцов В. С., Мошненко Е. В., Рябенко Л. Г. Современные представления о филогенезе и таксономии рода *Linum* L. и льна обыкновенного (*Linum usitatissimum* L.). *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2016. Вып. 1 (165). С. 106-121.*

128. Зубцов В. А., Осипова Л. Л., Лебедева Т. И. Льняное семя, его состав и свойства. *Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 2. С. 14–16.*

129. Иванов Н. Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара. *Записки геогр. 1948. Т. 1. 228 с.*

130. Иванов П. К., Коробова Л. И. Плотность почвы и плодородие. *Сборник теоретических вопроов обработки почв. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1969. Вып. 2. С. 25–28.*

131. Игнатович Т. Н. Особенности анатомического строения стебля льна в онтогенезе при переувлажнении почвы. *Труды Великолукского с.-х. института. 1972. Вып. 22. С. 114–117.*

132. Изгородин А. К. Исследование возможности использования льна-межеумка в качестве сырья для получения целлюлозы. *Химические волокна. 2004. № 5. С. 30–33.*

133. Имангалиев С. Ж., Куанышкалиев А. Т. Продуктивность льна

масличного в условиях Саратовского Правобережья. *Специалисты АПК нового поколения*: матер. VI Всеросс. науч.-практич. конф. под ред. И. Л. Воротникова. Саратов, 2012. С. 29–30.

134. Ізюмова О. Г. Фізичні властивості чорнозему опідзоленого в зоні впливу цементного виробництва. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 2. С. 45–50.

135. Казанцев В. П., Горбова М. А. Оптимизация сроков уборки льна-долгунца. *Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве: семинар-круглый стол №4*. Барнаул, 2011. С. 265–268.

136. Каленська С. М., Шевчук О. Я., Дмитришак М. Я., Козяр О. М., Демидась Г. І. Олійні культури. *Рослинництво: підручник*. Київ: НАУУ, 2005. С. 330–332.

137. Калієвський М. В. Ефективність мінімалізації основного зяблевого обробітку ґрунту при вирощуванні льону олійного. *Збірник наукових праць УДАУ*. 2007. Вип. 65. С.79–86.

138. Калієвський М. В. Основний обробіток ґрунту під льон олійний після пшениці озимої в південній частині правобережного лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Київ, 2008. 33 с.

139. Калієвський М. В. Поживний режим ґрунту під посівами льону олійного за різних заходів і глибин основного обробітку: матеріали Всеукр. конф. молодих вчених. Умань, 2007. С.76–78.

140. Калієвський М. В., Єщенко В. О. Акумуляція осінньо-зимових опадів та забезпеченність рослин льону олійного вологою за різних способів та глибин основного обробітку ґрунту. *Збірник наукових праць УДАУ*. 2006. Вип. 62. С. 28-37.

141. Калініна О. Ю. Мінливість та успадковування ознак габітусу в льону олійного: автореф. дис... канд. біологіч. наук. Одеса, 2009. 23 с.

142. Калініна О. Ю., В. О. Лях. Вплив умов середовища на мінливість і успадкування ознак галушення стебла і висоти рослин ліній та гібридів F1 льону олійного. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих наук*: зб. тез університетської наук.-практич. конф. студ. та молодих уч.

Запоріжжя, 2009. С. 24–32.

143. Калініна О. Ю., Лях В. О. Генетичний контроль ознак габітусу в льону олійного. *Вісник Донецького національного університету*. 2008. Вип. 2. С. 314–318.

144. Кандиба Н. М. Мінливість та успадкування основних господарськоцінних ознак у міжсортних гібридів льону довгунця: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Харків, 2006. 22 с.

145. Карманова В. А. Анализ пригодности почвенноэкологических условий для возделывания ведущих сельскохозяйственных культур. *Проблемы почвоведения*. Сб. почвенного института им. В. В. Докучаева к 75-летию Л. Л. Шикова. Москва. 2006. С. 368–392.

146. Карманова Л. А. Методические рекомендации по курсу «Агрометеорология». Москва: Российский университет дружбы народов, 1998. 48 с.

147. Карпенко В. В. Влияние различных норм высева на продуктивность льна масличного. *Актуальные и новые направления с.-х. науки*: матер. VIII междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию проф. А. Т. Фарниева. Владикавказ, 2012. С. 176–177.

148. Карпець І. П. Льонарство в Україні та Франції. *Вісник аграрної науки*. 2004. С. 83–84.

149. Карпець І. П., Вареник С. О., Габенець В. В. Льонарство України та Франції. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 3. С. 83–84.

150. Карпець І. П., Острик І. М. Збереження врожаю і якості продукції лону-довгунця прийомами збирання і післязбиральної обробки. *Вісник аграрної науки*. 2002. № 6. С. 34–37.

151. Карташов С. Г., Городецький Е. Ю., Дудка В. С., Москалюк А. А. Вплив оптимальної щільності ґрунту для різних сільськогосподарських культур на врожайність. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2012. Вип. 78. С. 22–27.

152. Качинский Н. А. Физика почвы. Москва: Высшая школа, 1970. 357 с.

153. Кильчевский А. В. Генетико-экологические основы селекции

растений. *Вестник ВОГиС*. 2005. Т. 9. № 4. С. 518–526.

154. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. *Генетика*. 1985. № 21 (9). С. 1481–1497.

155. Кириченко В. В. Визначення оптимальних параметрів виробництва олійних культур: метод. реком. Харків: «Магда LTD», 2012. С. 67–78.

156. Кишлян Н. В., Рожмина Т. А., Кудрявцева Л. П., Киселева Т. С. Изучение сортообразцов в коллекции масличного льна на устойчивость к почвенной кислотности. *Масличные культуры: науч.-технич. бюлл. ВНИИМК*. 2010. Вып. 2. С. 144–145.

157. Клевцов К. М., Соболев О. А., Князев О. В. Дослідження впливу способу збирання льноносолами на вихід лубу зі стебел льону олійного. *Легка промисловість*. 2010. № 4. С. 29–31.

158. Клевцов К. М., Соболев О. А., Князев О. В. Перспективи розширення сировинної бази текстильної промисловості. *Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины*. 2009. № 11 (5). С. 67–72.

159. Клевцов К. М., Соболев О. А., Князев О. В., Горач О. О. Техніко-економічна оцінка ефективності первинної переробки льону олійного в умовах Південного регіону України. *Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины*. 2010. № 1 (16). С. 76–81.

160. Ковалев М. М. Технологии и машины для комбинированной уборки льна-долгунца: автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. Москва, 2009. 42 с.

161. Коваль С. П. Продуктивність льону олійного після різних попередників в умовах правобережного лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. Київ, 2012. 24 с.

162. Коваль С. П., Єщенко В. О. Весняні запаси ґрунтової вологи та їх витрачання за вегетацію льону лійного після різних попередників. *Вісник ХНАУ*. 2009. № 3. С. 135–139.

163. Ковальов В. Б., Дмитренко Т. Ф., Юрченко Л. М. Вплив технологій збирання на врожайність насіння різних груп льону та на вихід олії.

Механізація та електрифікація сільського господарства. 2011. Вип. 95. С. 174–180.

164. Ковальов В. Б., Рудик Р. І. Вплив різних форм азотних добрив на врожайність і якість льону-довгунця. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. 2000. №10. С. 120–125.

165. Когут І. М. Формування урожаю, якості зерна і насіння озимої пшениці при викоистанні олійних культур як попередників в умовах південного Степу: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Херсон, 2009. 18 с.

166. Козленко О. М. Продуктивність ярих олійних культур залежно від елементів технології вирощування в правобережному Лістостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Київ, 2011. 22 с.

167. Коломникова Г. Д. Пищевой режим почвы и поступление питательных веществ в растения льна масличного при выращивании его по разным предшественникам в условиях Омской области. *Агрoхимия*. 1976. № 11. С. 71–78.

168. Коломойченко В. В. Растениеводство: учебник. Москва: Агробизнесцентр, 2007. С. 303–323.

169. Колотов А. П. Влияние абиотических факторов на формирование надземной массы и урожайность семян льна масличного. *АПК России*. 2016. Т. 23. № 4. С. 798–804.

170. Колотов А. П. Продуктивность различных сортов льна масличного в условиях Среднего Урала. *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30. № 6. С. 12–14.

171. Колпаков В. В., Сухарев И. П. Сельскохозяйственные мелиорации. Москва: Агропромиздат, 1988. С. 17–21.

172. Короневский В.И. К методике статистической обработки данных многолетних полевых опытов // *Земледелие*. – 1985. – №11. – С. 56-57.

173. Костенко Н. П. Оновлення офіційних зразків сортів льону довгунця та кудряшу (*Linum usitatissimum* L., *Linum humili* Mill.). *Сортовивчення та сортознавство*. 2012. Вип. 2. С. 11-13.

174. Косточко А. В., Шипина О. Т., Валишина З. Т. Получение и исследование свойств целлюлозы из травянистых растений. *Вестник КГТУ*. 2010. № 9. С. 267–275.

175. Костюков А. Ф. Оперативный метод контроля свойств льняных волокон с помощью ультразвука. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. №3 (101). С. 107–109.

176. Кочкин А. С. Влияние минеральных удобрений на урожайность льна масличного на черноземе выщелоченном: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Ставрополь, 2010. 24 с.

177. Кочубеев Н. В. Влияние гербицидов и норм высева на урожайность сортов льна масличного в подзоне светлокаштановых почв Волгоградской области: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2014. 20 с.

178. Кошкин Е. И., Гатаулина Г. Г., Дьяков А. Б. Частная физиология полевых культур. Москва: Колос, 2005. 344 с.

179. Кучик В. І., Іваніна В. В., Нестеров Г. І. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості: навч. посіб. / за ред. В. І. Купчика. Київ: Кондор, 2007. С. 144–147.

180. Красільнікова Л. О., Авксентьева О. О., Садовниченко Ю. О. Анатомія рослин. Рослинна клітина, тканини, вегетативні органи: підручник. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. С. 159–195.

181. Краснова Д. А. Селекционная ценность образцов льна масличного в условиях Лесостепи среднего Поволжья: автореф. дисс... канд. биологич. наук. Казань, 2010. 21 с.

182. Краснова Д. А., Гайнуллин Р. М., Тагиров М. Ш. Лен масличный биологические особенности, возделывание и использование. Казань: Центр инновационных технологий, 2005. 80 с.

183. Красовская И. В. Корневая система различных сортов льна. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1929. Т. 22. № 1. С. 43–60.

184. Крикунов В. Г. Ґрунти і їх родючість. Київ: Вища школа, 1993. 287 с.

185. Крохмаль А. Н. Влияние различных систем удобрения и обработки

почвы в севообороте на продуктивность льна масличного. *Научные труды Крымского ГАТУ*. Симферополь. 2005. Вып. 89. С. 209–218.

186. Кругла Н. А. Історія розвитку льонарства в Україні: друга половина XIX–XX століття: автореф. дис... канд. історич. наук. Київ, 2002. 15 с.

187. Круть В. М., Медведев В. В., Грабак И. Л., Озераяський Л. А. Теоретичні основи обробітку ґрунту. Обробіток ґрунту в системі інтенсивного землеробства / за ред. В. М. Крутя. Київ: Урожай, 1986. 136 с.

188. Куанышкалиев А. Т. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность льна масличного в условиях Саратовского Правобережья. *Агрохимия и экология: история и современность*. Всерос. науч.-исслед. инт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. 2008. Т. 1. С. 158–161.

189. Куанышкалиев А. Т., В. Б. Нарушев. Влияние сроков, способов посева и норм высева на урожайность льна масличного в Саратовском Правобережье. *Вестник Саратовского госуниверситета им. Н. И. Вавилова*. 2009. № 2. С. 21–25.

190. Кузнецова Г. Н. Оптимизация минерального питания льна масличного в Южной Лесостепи Западной Сибири: автореф. дис... канд. с.-х. наук. Омск, 2004. 18 с.

191. Кукреш С. П. Агрохимическое обоснование энергосберегающих приемов повышения урожайности и качества льна-долгунца в Беларуси: монографія. Горки: Белорусская госуд. с.-х. академия, 2002. С. 132–134.

192. Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений: учеб. пособ. Москва: Высшая школа, 1984. 240 с.

193. Купцов А. И. Основы полевой культуры масличных растений. ОГИЗ: Москва, 1933. 220 с.

194. Куренной В. Н., Михайлина В. В. Рапс озимый и лен масличный надежное дополнение подсолнечнику. *Масличные культуры: науч.-технич. бюлл. ВНИИМК*. 2007. Вып. 1 (136). С. 12–14.

195. Кутузова С. Н., Пороховинова Е. А., Г. И. Пендинен. Происхождение

и эволюция *Linum usitatissimum* L. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2015. Т. 176. Вып. 4. С. 436–455.

196. Кутузова С. Н. Генетика культурных растений / под ред. Т. С. Фадеевой. ВИР, 1998. С. 39–13.

197. Кутузова С. Н. Наследование степени растрескивания коробочек у подвидов культурного льна *Linum usitatissimum* L. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 166. С. 156–162.

198. Кутузова С. Н., Питько Г. Г. Изучение коллекции льна *Linum usitatissimum* L.: методич. указ. Ленинград: ВИР, 1988. 30 с.

199. Кутузова С. Н., Санин А. А., Косых Л. А. Источники устойчивости к засухе в коллекции льна для селекции льна масличного. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 166. С. 534–540.

200. Лазер П. Н., Рудик А. Л., Князев А. В. Продуктивность сортов льна масличного в зоне сухой степи Украины: Межнародна научно стручна конференција екологија у служби одрживог развоја. Нови Сад, 2013. 26-28 септембар. С. 119–124.

201. Лазер П. Н., Рудік О. Л. Елементи адаптивної технології вирощування льону олійного в зоні південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. Вип. 18. С. 99–105.

202. Лазер П. Н., Рудік О. Л., Князев О. В. Агроекологічна оцінка сортів льону олійного за комплексною продуктивністю насіння та соломи в умовах Південного Степу України. *Современные теоретические и практические аспекты селекции гибридов и сортов масличных культур и разработка технологий их выращивания*: сб. тез. межд. науч. конф. Запорожье, 2012. 33 с.

203. Левчук Г. М., Войтович О. М. Реакція різних генотипів льону олійного на дію абіотичних факторів. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. 2009. № 14. С. 130–136.

204. Лён масличный на Ставрополье: монография / под общ. ред. В. К. Дридигера, А. Н. Есаулко, Г. Р. Дорожко. Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2013. С. 37–53.

205. Лещук Н. В., Павлюк Н. В., Брновицька М. А. Наукове обґрунтування гармонізації назв біологічних таксонів відповідно до міжнародних вимог UPOV. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. № 3. С. 65–73.

206. Лихочвор В. В., Петриненко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: Українські технології, 2006. 730 с.

207. Логінов М. І., Литвиненко А. В. Урожайність та якість волокна сортів льону-довгунця різного еколого-географічного походження залежно від норм висіву насіння. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Вип. 11 (26). С. 156–159.

208. Логінов М. І., Чувага В. І, Гілязетдінов Р. Н. Класифікатор ознак рослин виду *Linum usitatissimum* L. Суми: СНАУ, 2010. С. 23-25.

209. Лукомец В. М. Научное обеспечение производства масличных культур в России. Государственное научное учреждение ВНИИМК РАСХН. 2006. 100 с.

210. Лукомец В. М., Зеленцов С. В. Перспективы селекции сортов масличного льна и рыжика посевного для приарктических и высокогорных областей России. *Селекция, семеноводство и генетика*. 2015. № 3. С. 41–48.

211. Лукомец В. М., Зеленцов С. В., Рябенко Л. Г. Применение закона гомологических рядов при определении потенциальной адаптивности культурного льна *Linum usitatissimum* L. к приполярным и альпийским условиям (обзор). *Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК*. 2015. Вып. 1 (161). С. 121–132.

212. Лях В. А., Сорока А. И. Ботанические и цитогенетические особенности видов рода *Linum* и биотехнологические пути работы с ними. Запорожье: ЗНУ, 2008. 182 с.

213. Лях В. О., Полякова І. О. Селекція льону олійного: метод. реком. Запоріжжя: Хортицький НРБЦ, 2008. 5 с.

214. Макконки Б., Миллер П., Косолап Н. Влияние культуры

предшественника на урожайность или сколько влаги оставляет предшественник. Киев: Зерно, 2009. 812 с.

215. Малієнко А. М. Наукові основи обробітку дерновопідзолистих супіщаних ґрунтів Полісся України: автореф. дис... канд. с.-г наук. Київ, 1997. 24 с.

216. Мамырко Ю. В. Плотность почвы и агрегатный состав чернозема выщелоченного под горчицей и льном масличным в зернопропашном севообороте: матер. VI межд. конф. молодых ученых и специалистов. ВНИИМК. 2011. С. 178–182.

217. Масла растительные. Методы определения жирно-кислотного состава. ГОСТ 3041896. Минск: ИПК Издат. стандартов, 1997. 8 с.

218. Масляний О. Вирощування олійного льону на півдні України. *Агроном*. 2005. № 28. С. 78–79.

219. Матюхин А. П., Матюхина Г. Н., В. П. Понажев. Нормы высева семян и дозы удобрений для новых сортов льна-долгунца: рекомендации. Тверь: Твер. гос. ун-т. 1999. 49 с.

220. Махова Т. В. Урожайность льна масличного в зависимости от способов сева и норм высева: матер. VII межд. конф. молодых ученых и специалистов ВНИИМК. Краснодар. 2013. С. 150–154.

221. Махова Т. В., Бережна А.М., Поляков О. І. Вплив способів збирання на врожайність льону олійного. *Вісник Запорізького національного університету*. Запоріжжя: Дніпровський металург. 2011. № 2. С. 19–22.

222. Махова Т. В., Поляков О. І. Вплив агроприємів вирощування на елементи продуктивності та врожайність льону олійного сорту кініка. *Науково-технічний бюлетень ІОК НААН*. Запоріжжя: Дніпровський металург, 2013. Вип. 18. С. 113–117.

223. Махова Т. В., Поляков О. І. Врожайність льону олійного в умовах південного Степу України залежно від строків сівби та норм висіву. *Науково-технічний бюлетень ІОК УААН*. Запоріжжя: Диво, 2012. Вип. 17. С. 116–120.

224. Маційчук В. М. Вплив удобрення й норм висіву на формування врожайності нових сортів льону довгунцю. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ: ВД «ЕКМО», 2007. Вип. 79. С. 87–91.

225. Медведев В. В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. Москва: Агропромиздат, 1988. 160 с.

226. Медведев В. В. Плотность сложения почв. Харьков. 2004. 243 с.

227. Медведев В. В., Лактіонова Т. М. Критерії якості порового простору орних ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ. 2011. Вип. 75. С. 6–14.

228. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208 с.

229. Мемишева Л. С., Уманец Н. Н. Возможности пожнивного сева льна масличного в предгорной зоне Крыма. *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет».* 2013. Вип. 15 (7). С. 27–32.

230. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. В. В. Волкодав. Київ. 2000. 100 с.

231. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / под общ. ред. В. М. Лукомца. Краснодар: ВНИИМК, 2010. С. 73–76.

232. Методика проведення експертизи сортів льону довгунця, олійного (низького, кудряшу) (*Linum usitatissimum* L., *L. humbli* Mill.) на відмінність, однорідність і стабільність, затверджена Наказом Державної служби з охорони прав на сорти рослин № 838 від 15.03.2012 р., розміщена на вебсайті <http://www.sops.gov.ua>.

233. Методические указания по определению биохимических показателей качества масла и семян масличных культур. Краснодар. 1986. С. 4–13.

234. Методические указания по определению технологической оценки льно-соломы и опытов по первичной обработке льна. Москва: МСХ СССР. 1972. 58 с.

235. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии: учеб. пособ. Москва: МГУ, 2001. С. 357–358.

236. Минкевич И. А. Лен масличный. Москва: Сельхозгиз, 1957. 179 с.

237. Минкевич, И. А., Бортковский В. Е. Масличные культуры. Москва: Гос. издат-во. с.-х. литературы, 1955. 416 с.

238. Минкіна Г. О. Агротехнічні прийоми вирощування льону олійного при зрошенні в умовах півдня України: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Херсон, 1996. 21 с.

239. Мирончук В. П. Оптимальні строки збирання льону олійного. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ: «ЕКМО», 2010. Вип. 82. С. 90–93.

240. Мирончук В. П. Продуктивність льону довгунця від норми висівання насіння. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства» УААН.* Київ: «ЕКМО», 2010. Вип. 12. С. 114–117.

241. Мирончук В. П. Якість волокнистої продукції льону-довгунцю залежно від строків збирання. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства» УААН.* Київ: ЕКМО, 2010. Вип. 4. С. 30–35.

242. Мокроносков А. Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. Москва: Наука, 1983. 64 с.

243. Мокшина П., Валитова Л., Карлова Н., Серова Е., Тихонова Т., Шик О. Льняной сектор России и перспективы его развития. Москва: Изд-во Института экономики переходного периода. 2006. 27 с.

244. Молочаева Е. А. Нормы посева и способы посева льна масличного при возделывании его на семена и волокно: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Краснодар, 1955. 14 с.

245. Мороз О. М. Рід *Linum L.* флори України: короткий нарис історії досліджень. *Вісник Чернівецького університету.* 2004. Вип. 193. С. 126–133.

246. Морозов И. В. Формирование урожаев льна масличного в условиях Верхневолжья Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации: автореф. дисс... канд. с.-х наук. Иваново, 2001. 18 с.

247. Муравенко О. В. Сравнение геномов трех близкородственных видов льна и их гибридов с использованием хромосомных и молекулярных маркеров *Генетика*. 2003. № 4. С. 510–518.

248. Налиухин А. Н. Эффективность применения калийных удобрений на льне-долгунц. *Инновационные технологии в земледелии и сельскохозяйственной мелиорации*: матер. междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2012. С. 364–366.

249. Нарушев В. Б., Куанышкалиев А. Т., Мамбеталиев М. Х. Продуктивность сортов льна масличного в зависимости от норм высева в условиях Саратовского Левобережья. *Вавиловские чтения: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 126-й годовщине Н. И. Вавилова и 100-летию Саратовского ГАУ*. Саратов, 2013. С. 69–70.

250. Никитинская Т. В., Вакула С. И., Анисимова Н. В., Титок В. В. Анализ морфологического и биохимического полиморфизма генетических ресурсов льна культурного *Linum usitatissimum* L. *Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры*: матер. междунар. конф., посвящ. 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (г. Минск, 19–22 июня 2012 г.). Минск. 2012. С. 328–332.

251. Никитинская Т. В., Вакула С. И., Коваленко М. Н. Компьютерная морфометрия в систематике льна культурного *Linum usitatissimum* L. *Труды БГУ*. 2008. Т. 3. С. 135–144.

252. Никитинская Т. В., Титок В. В. Систематика и генетический полиморфизм льна культурного *Linum usitatissimum* L. *Генетические ресурсы культурных растений. Проблемы эволюции и систематики культурных растений*: матер. конф., посвящ. 120-летию Е. Н. Синской. Санкт-Петербург. 2009. 8–11 декабря. С. 190–192.

253. Никитишен В. И. Агрохимические основы эффективного применения удобрений в интенсивном земледелии. Москва: Наука, 1984. С. 125–136.

254. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений. Москва: Наука, 1982. С. 7–33.

255. Нікітчин Д. І., Гуцаленко А. П., Ручка В. О. Вивчення елементів інтенсивної технології вирощування льону олійного на насіння в умовах півдня України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. Запоріжжя. 1997. Вип. 2. С. 218–219.

256. Нікішенко В. Л., Малярчук М. П., Заєць С. О. Льон олійний. Технологія вирощування: наук.-метод. реком. Херсон: ВАТ «Херсонська міська друкарня», 2009. 12 с.

257. Объедков М. Г. Лендолгунец. Москва: Россельхозиздат, 1979. 223 с.

258. Оккерт А. В. Вплив норм висіву на формування продуктивності льону олійного Водограй. *Науково-технічний бюлетень ІОК УААН*. Запоріжжя: Диво, 2013. Вип. 18. С. 118–121.

259. Оптасюк О. М., Коротченко І. А. Еколого-ценотична характеристика видів роду *Linum* L. *Український ботанічний журнал*. 2011. Т. 68. № 1. С. 64–75.

260. Оптасюк О. М., Шевер М. В. Рід *Linum* L. у флорі України. Київ: Альтерпрес, 2011. 276 с.

261. Ордина Н. А. Анатомический признак стеблей льна, влияющий на качество волокна. *Первичная обработка лубяных культур: реф. сб. ЦНИИиТЭИЛП*. 1967. № 2. С. 9–10.

262. Ордина Н. А. Оценка качества волокна льняных стеблей по анатомическим признакам. *Лен и конопля*. 1966. № 6. С. 47–51.

263. Островська А. В., Бобирь С. В., Тернова Т. І., Кузьміна Т. О. Дослідження перспектив застосування волокна льону олійного для отримання композиційних матеріалів. *Наукові нотатки*. Луцьк. 2012. Вип. 39. С. 134–140.

264. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы. Минск Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. 48 с.

265. Павленчева Н. В. Метаболизм тканеспецифического галактана и развитие флоэмных волокон льна: автореф. дисс... канд. биолог. наук. Казань, 2004. 24 с.

266. Павлов А. В. Источники высокого качества волокна в коллекции льна-долгунца ВИР и их селекционная ценность: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург, 2007. 20 с.

267. Патент на корисну модель Україна, UA МПК 2015.01 A01C700. Спосіб вирощування льону олійного харчового та лікарського призначення без зрошення та при зрошенні в умовах Сухого Степу України. О. Л. Рудік; Винахідник та власник. № 96273 заявка 13.08.2014; опубліковано 26.01.2015; Бюл. № 1.

268. Пашин Е. Л., Федосова Н. М. Технологическое качество и переработка льна-межеумка: монографія. Кострома: ВНИИЛК, 2003. 85 с.

269. Пейве Я. В. Потребность льна в питательных веществах. Льноводство / ред. Н. Д. Матвеев. Москва: ОГИЗ, 1949. С. 54–61.

270. Перегудов Н. И. Лен масличный на Ставрополье. Ставрополь: Кн. изд-во, 1954. 21 с.

271. Площинская М. Е. Периодизация и регуляция морфогенеза боковых корней *Linum usitatissimum* L.: автореф. дисс... канд. биолог. наук. Москва, 2012. 22 с.

272. Поляков А. И. Влагопотребление льна масличного в зависимости от сроков посева и норм высева. Науково-технічний бюлетень ІОК НААН. Запоріжжя: Дніпровський металург, 2005. Вип. 10. С. 162–167.

273. Поляков А. И., Ручка В. А., Никитенко О. В. Влияние условий выращивания на продуктивность льна масличного. *Науково-технічний бюлетень ІОК УААН*. Запоріжжя: Дніпровський металург, 2005. Вип. 10. С. 179–183.

274. Поляков О. І. Агротехнічні і біокліматичні особливості формування урожайності і якості насіння соняшника, сої, льону олійного, кунжуту, рижію, молочаю олійного в південному Степу України: дис... д-ра с.-г. наук. Запоріжжя, 2011. 34 с.

275. Полякова И. А., Левченко В. И., Поляков В. А., Лях В. А. Особенности биохимического состава семян дикорастущих видов льна.

Масличные культуры: науч.-технич. бюлл. ВНИИМК. 2015. Вып. 2 (162). С. 34–39.

276. Полякова І., Поляков О. Ресурси льону олійного в Україні. *Пропозиція.* 2009. № 11. С. 8–12.

277. Понажев В. П., Рожмина Т. А., Тихомирова В. Я. Инновационные разработки льноводству. Селекция, семеноводство, возделывание, первичная обработка, экономика. Тверь: Твер. гос. ун-т. С. 59–69.

278. Попова Г. А. Сравнительное изучение подвидов *Linum usitatissimum* L. в условиях Западной Сибири: автореф. дисс... канд. биологич. наук. Томск, 2005. 23 с.

279. Примаков О. А., Маринченко І. О., Козорізенко М. П. Шляхи розвитку льонарства в Україні. *Економіка АПК.* 2013. № 11. С. 32–37.

280. Присяжнюк М. В., Мельник С. І., Жилкін В. А. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. *Посібник українського хлібороба,* 2011. С. 41–69.

281. Проблеми і перспективи розвитку льонарства та коноплярства в Україні: матер. наук.-техн. конф. молодих вчених Ін-т луб'яних культур УААН. Глухів, 2003. 92 с.

282. Прокопенко Е. В. Ефективність застосування добрив під льон олійний на чорноземі опідзоленому правобережного Лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Харків, 2009. 26 с.

283. Протопопова В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Киев: Наукова думка, 1991. 201 с.

284. Проценко Д. П. Анатомія рослин. Київ: Київський ун-ту, 2010. 296 с.

285. Прусов А. Н., Прусова С. М., Голубев А. Е., Рыжов А. И. Льняная целюлоза: получение, свойства, применение. *Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека:* матер. междунар. семинара. Торжок, 2011. С. 161–169.

286. Радченко О. В. Розвиток наукових досліджень для вирощування льону олійного в Криму. *Таврійський науковий вісник.* Херсон: Айлант, 2008. Вип. 56.

С. 65–70.

287. Разин С. Н. Развитие теории и технологии механической модификации короткого льняного волокна: автореф. дисс... д-ра тех. наук. Кострома, 2005. 36 с.

288. Расиньш А. П. Материалы к истории культурных и сорных растений на территории Латвийской ССР до XIII в. н. э. Растительность Латвийской ССР сборник. Рига. 1958. Т. II. С. 129–132.

289. Рекомендації по вирощуванню льону олійного науково-практичні рекомендації. Запоріжжя: Дніпропетровський металург, 2012. 20 с.

290. Рибак М. Ф., Янішевський Л. І., Маційчук В. М. Насінна продуктивність рослин льону-довгунцю (*Linum usitatissimum* L.) залежно від норм висіву насіння та мінеральних добрив. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2010. №7. С. 21-25.

291. Рогаш А. Р. Льноводство. Москва: Колос, 1967. С. 357

292. Рожмина Т. А., Кишлян Н. В., Кишлян Л. М. Роль генофонда льна-долгунца в решении проблемы качества льноволокна: матер. межд. науч.-практ. конф. Вологда, 2011. С. 43–47.

293. Романчук Т. В., Бережна А. М. Вплив строків сівби та норм висіву на продуктивність льону олійного. *Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих наук*: зб. матеріалів I Всеукр. наук.-практ. конф. студ. та молодих учених. Запоріжжя: ЗНУ, 2011. С. 39–40.

294. Росс Ю. К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 342 с.

295. Ротмистров В. Корневая система сельскохозяйственных растений и урожай. *Советская агрономия*. 1939. № 8. С. 61–74.

296. Руденко А. И. Определение фаз развития сельскохозяйственных растений. Москва: МОИП, 1950. 151 с.

297. Рудик А. Л. Агротехнологические аспекты в оценке выращивания льна масличного двойного использования. *Экология и строительство*. 2016. № 3. С. 15–22.

298. Рудик А. Л. Агро-экологические аспекты рационального использования биологического потенциала льна масличного. *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: I междунар. науч.-практич. интернет-конф., посвящ. 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно исследовательский институт земледелия»*. Солёное Займище, 2016. С. 2088–2096.

299. Рудик А. Л. Агроэкологические требования при возделывании льна масличного в зоне орошения юга Украины. *Труды Географического общества Республики Дагестан*. Махачкала. 2014. Вып. 42. С. 32–36.

300. Рудик А. Л. Влияние элементов технологии возделывания на формирование стеблестоя посевов льна масличного. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: науч.-практич. ж-л ФГБНУ «РосНИИППМ»*. 2016. Вып. № 1 (61). С. 141–144.

301. Рудик А. Л. Особенности минерального питания растений льна масличного в зоне Сухой Степи Украины при орошении. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: науч.-практич. ж-л ФГБНУ «РосНИИППМ»*. 2015. Вып. № 359. С. 103–109.

302. Рудик А. Л. Формирование биологической массы и потребление элементов питания посевами льна масличного в зоне Сухой Степи Украины. *AMEAnın Xəbərləri biologiya və tibb elmləri*, 2017. Cild 72, № 1. Səh. 58–62.

303. Рудик А. Л., Прошина И. А. Оптимизация современного производства масличных культур в зоне рискованного земледелия. Современные энерго и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. ФГБОУ ВПО РГАТУ / под ред. Н. В. Бышова. Рязань, 2013. С. 649–655.

304. Рудик А. Л., Рудик Н. М. Изучение адаптивных способностей сортов льна масличного в различных условиях влагообеспечения. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: науч.-практич. ж-л ФГБНУ «РосНИИППМ»*. 2017. Вып. № 468. С. 74–79.

305. Рудік О. Л. Біоенергетична оцінка комплексного використання

продукції льону олійного. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур цукрових буряків: зб. наук. пр.* Київ, 2013. Вип. 19. С. 108–112.

306. Рудік О. Л. Вплив агротехнічних заходів вирощування льону олійного, призначеного для подвійного використання, на структуру стеблостою. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2017. Вип. 98. С. 117–124.

307. Рудік О. Л. Вплив елементів посівного комплексу на ефективність вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур: матеріали міжнар. наук.-практич. інтернет-конф., присвяч. 140-річчю створ. ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»* (м. Херсон 22 травня 2014 р.). Херсон, 2014. С. 327–333.

308. Рудік О. Л. Минуле, сучасність та перспективи льонарства в Україні. *Професор С. Л. Франкфурт – видатний вчений агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Київ 18 листопада 2016 р.). Київ: ТОВ «Наш формат», 2016. Ч. 2. С. 347–348.

309. Рудік О. Л. Особливості формування урожаю льону олійного залежно від терміну сівби та норми висіву в умовах Сухого Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. Вип. 21. С. 105–111.

310. Рудік О. Л. Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його використання. *Біосферні основи землеробства в XXI столітті: матеріали міжнар. наук.-техніч. інтернет-конф.* (м. Київ, 2 листопада 2015 р.). Київ, 2015. С. 39–44.

311. Рудік О. Л. Розширення можливостей застосування сортів льону олійного при вирощуванні в зоні сухого Степу України в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство сьогодні, проблеми, перспективи: матеріали регіон. наук.-практич. інтернет-конф., до 80-річчя проф. В. Х. Ківера* (м. Дніпро 23 лист. 2017 р.). Дніпро: ДДАЕУ, 2017. С. 130–132.

312. Рудік О. Л. Сировинний потенціал льону олійного та перспективи

його використання в медицині. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2016. Вип. 96. С. 104–111.

313. Рудік О. Л., Мринський І. М. Продуктивність льону олійного за впровадження технологій подвійного використання культури. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв. 2017. №1 (93). С. 102–112.

314. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна та біоенергетична оцінка подвійного використання льону олійного. Іноваційний розвиток АПК України проблеми та їх вивчення: матер. міжнар. наук.-практич. конф., присвяч. пам'яті декана агрономіч. ф-ту М. Ф. Рибака. Житомир, 2015. С. 118–121.

315. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна та біоенергетична оцінка подвійного використання льону олійного. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. Т. 1. № 2 (50). С. 325–330.

316. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна оцінка продуктивності та перспективи біоенергетичного використання продукції льону олійного. *Теоретичні засади розвитку аграрної галузі на сучасному етапі та впровадження їх у виробництво* матер. доп. міжнар. наук.-практич. конф. Миколаїв, 2015. С. 117–119.

317. Рудік О. Л., Рудік Н. М. Вплив заходів вирощування на склад жирних кислот насіння льону олійного. Лікарські рослини. *Традиції та перспективи досліджень*: матер. III міжнар. наук.-конф. «Березоточа» (м. Херсон, 14–15 липня 2016 р.). Київ: ТОВ «ДІА», 2016. С. 127–131.

318. Рудік О. Л., Рудік Н. М. Вплив мінерального живлення на продукційні процеси та споживання біогенних елементів посівами льону олійного в зоні Сухого Степу України. *Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства*: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., (м. Львів, 18–19 лютого 2016 р.). Львів, 2016. С. 323–330.

319. Рудік О. Л., Рудік Н. М. Особливості зонального розміщення посівів олійних культур в Україні та напрямки їх оптимізації. *Напрями розвитку сучасних систем землеробства*: матер. міжнар. наук.-практич. інтернет-конф., присвяч. 110-річчю від дня народж. проф. С. Д. Лисогорова. Херсон, 2013. С.

219–225.

320. Руководство по селекции и семеноводству масличных культур / под общ. ред. В. С. Пустовойта. Москва: Колос, 1967. 351 с.

321. Ручка В. О. Вплив строків посіву та норм висіву на урожайність і якість насіння нових сортів льону олійного селекції ІОК Айсберг і Орфей. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 139–143.

322. Ручка В. О. Деякі елементи технології вирощування льону олійного в умовах півдня України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. Запоріжжя. 2002. Вип. 5. С. 161–163.

323. Рыжеева О. И. Лен масличный. Руководство по селекции и семеноводству масличных культур. Москва: Колос, 1967. С. 121–172.

324. Рыжов А. И. Голубев А. Е. Технологии получения модифицированного льноволокна медицинского и санитарно-гигиенического назначения. *Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека*: матер. междунар. семинара. Торжок, 2011. С. 151–161.

325. Рябенко Л. Г. Создание исходного материала при селекции льна масличного для Северного Кавказа: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2011. 26 с.

326. Сай В. А. Технологія вирощування, збирання та первинної переробки льону олійного. Луцьк: ЛНТУ, 2012. 168 с.

327. Сай В. А., Дідух В. Ф., Тараймович І. В. Вибір технологій збирання льону олійного в зоні західного Полісся. *Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины*. 2009. № 15. С. 84–87.

328. Самохвалов Г. К. Периодичность питания растений минеральными веществами. Физиология питания и развития растений. Харьков: Харьковский университет, 1972. С. 37–50.

329. Санин А. А., Косых Л. А., Борисов В. В. Технология возделывания льна масличного в зоне Среднего Поволжья / под ред. В. Ф. Казарина. ГНУ Поволжский НИИСС. Кинель, 2006. 16 с.

330. Сафина Н. З. Источники высокого качества волокна для селекции льнадолгунца, выделенные с использованием анатомического метода: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Санкт-Петербург, 2003. 16 с.

331. Сафонов М. Д. Селекция и семеноводство льна масличного. *Научный отчет Воронежской опытной станции масличных культур*. Воронеж, 1952. С. 116–145.

332. Сафонов Ю. М. Економічна ефективність вирощування і переробки льону олійного. *Агросвіт*. 2011. № 3. С. 24–26.

333. Светлова А. А. Таксономический обзор рода *Linum* L. Linaceae флоры России и сопредельных государств. *Новая систематизация высших растений*. 2009. № 41. С. 99–165.

334. Семак Б. Б. Обґрунтування доцільності використання лляних волокон для формування вітчизняного ринку екотекстилю. *Агро-Світ*. 2011. № 3. С. 11–15.

335. Семенова Е. Ф., Преснякова Е. В., Морозкина Н. А., Фадеева Т. М. Аллелопатическая оценка льна культурного *Linum usitatissimum* L. *Масличные культуры: науч.-технич. бюлл. ВНИИМК*. Краснодар, 2011. Вып. 1. С. 43–49.

336. Серякова Л. П. Роль солнечной радиации в жизни растений. *Метеорологические условия и растения: учеб. пособ. по агрометеорологии* / под ред. Ю. П. Андрейков. Ленинград, 1971. 311 с.

337. Сизов А. И. Об эволюции и генетике вида *Linum usitatissimum* L. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Ленинград, 1970. Т. 42. Вып. 1. С. 3–19.

338. Сизов И. А. Биологические особенности сортов и форм льна и использование их в селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Ленинград, 1952. Т. 29. Вып. 2. С. 5–51.

339. Сизов И. А. Биологические свойства и закономерности изменчивости культурного льна. *Генетика сельскому хозяйству*. Москва: Из-во акад. наук СССР, 1963. С. 485–498.

340. Сизов И. А. Динамика образования лубоволокнистых пучков в стебле

различных сортов льна в зависимости от условий выращивания. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Ленинград, 1952. Т. 29. Вып. 2. С. 52–60.

341. Сизов И. А. Закономерности развития и роста льна под влиянием внешних факторов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Ленинград, 1963. Т. 35. Вып. 3. С. 5–20.

342. Сизов И. А. Лен. Москва: Сельхозгиз, 1955. 255 с.

343. Сизов И. А. Особенности прохождения стадийных изменений различными сортами и формами льна. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. Ленинград, 1952. Т. 39. Вып. 2. С. 69–123.

344. Синская Е. Н. Вопросы развития и роста льна в связи с органообразованием и накоплением урожая. *Сборник работ по биологии развития и физиологии льна*. Москва: Сельхозгиз, 1954. 544 с.

345. Синская Е. Н. Классификация льна как исходного материала для селекции и его эволюции. *Сборник работ по биологии развития и физиологии льна*. Москва: Сельхозгиз, 1954. С. 45–102.

346. Синягин И. И. Площади питания растений. Москва: Россельхозиздат, 1975. 384 с.

347. Ситнік І. Д., Юнік А. В., Дорошук В. О. Льон олійний. Сорти-гібриди олійних культур, ячменю ярого: технологія вирощування, використання органо-мінеральнихз добрив ФУРОР на с.-г. культурах. Київ, 2012. С. 29–31.

348. Скорупский Б. В. Изучение сопоставимости агроклиматических показателей со среднеобластной урожайностью полевых культур в Украине. *Труды УкрНИГМИ*. 1992. Вып. 244. С. 28–47.

349. Скорченко А. Ф., Карпець І. П., Ковальов В. Б. Основи ведення льонарства в сучасних умовах. Київ: Норапрінт, 2002. 48 с.

350. Смаглій О. Ф., Кардашов А. Т., Литвак П. В. Агроєкологія: навч. посіб. Київ: Вища освіта, 2006. 671 с.

351. Смирнова В. А. Размещение в СССР подсолнечника и масличного льна в соответствии с природноклиматическими и экономическими условиями

их производства: автореф. дисс... канд. геогр. наук. Москва: МГУ, 1965. 24 с.

352. Соколов Л. Е., Конопатов Е. А. Лабораторный практикум по агротехнике и первичной переработке льна: учеб. пособ. Витебск: УО «ВГТУ». 2006. 141 с.

353. Соколовская Н. А. О роли плотности в усвоении доступной влаги растениями. *Сборник трудов по агрономической физике*. Ленинград. 1970. Вып. 2. С. 121–127.

354. Соловьев А. Я. Льноводство 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1989. 320 с.

355. Сорокина О. Ю., Понажев В. П. Размещение сортов льна-долгунца на почвах с различными агрохимическими показателями: рекомендации. *Инновационные разработки льноводству. Селекция, семеноводство, возделывание, первичная обработка, экономика*. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2011. С. 51–57.

356. Сорочинская М. А. Итоги перспективы селекции льна масличного. *Селекция и семеноводство технических культур*. Москва: Колос, 1973. С. 34–41.

357. Спосіб вирощування льону олійного технічного призначення на фоні природного та штучного вологозабезпечення в умовах Сухого Степу України: пат. Україна, МПК 2015.01 А01В7900. № 95959; заявл. 31.07.2014; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 2.

358. Спосіб одержання целюлози із волокна льону олійного: пат. Україна, МПК 2013. 01 Д01В 100. № 201306466; заявл. 24.05.2013; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 2.

359. Способ определения нормы высева семян: пат. 1724056А1 СССР, SU А 01 С700. № 480506616; заявл. 21.03. 90; опубл. 07.04.92, Бюл. №13.

360. Способ получения полуцеллюлозы: пат. 2343240 Российская Федерация: МПК D21С500; D21С106; D21В116; D01С102; заявл. 12.04.2007; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 3

361. Станков Н. З. Корневая система полевых культур. Москва: Колос,

1964. 279 с.

362. Стахів М. П. Фосфорне живлення рослин та методичні аспекти визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті. *Ґрунтознавство*. 2010. Т. 11, № 34. С. 88–95.

363. Степанов В. Н. Биологическая классификация с.-х. растений полевой культуры. Москва, 1957. 529 с.

364. Стёпин А. Д. Создание сортов льна двустороннего использования на волокно и масло. *Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека*: матер. межд. семинара. Торжок, 2011. С. 71–74.

365. Танфильев Г. И. Очерк географии и истории главнейших культурных растений. Одесса: Гос. изд-во Украины, 1923. С. 155–158.

366. Тараймович И. В. Особенности технологии уборки льна масличного в условиях Западного Полесья Украины. *Современная техника и технологии*. 2013. № 6. С. 21–28.

367. Тараймович І. В. Визначення вмісту волокна за довжиною стебла льону олійного в умовах Західного Полісся. *Современная техника и технологии*. 2013. № 2. С. 42–46.

368. Тараймович І. В. Можливості розширення асортименту продуктів харчування за рахунок місцевої олійної сировини. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2015. № 13. С. 167–171.

369. Тараймович І. В. Особливості первинної переробки стебел льону олійного в умовах Західного Полісся. *Технологічні комплекси*. 2010. № 2. С. 1–12.

370. Технология и оборудование для получения нового экологически чистого утеплителя из отходов льнопроизводства. *Каталог инвестиционных проектов тематическое издание. Передовые технологии России*, 2013. С. 16–24.

371. Тихвинский С. Ф., Дудина А. Н. Новое в анатомическом методе оценки качества волокна. *Лен и конопля*. 1979. № 2. С. 17–18.

372. Тихосова А. А., Путинцева С. В., Головенко Т. Н. Перспективы использования волокна льна масличного для производства текстильных

материалов. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2013. № 24. С. 74–82.

373. Тишков Н. М., Бушнев А. С. Технологические особенности при возделывании льна масличного. *Эффективное животноводство*. 2012. № 3. С. 52–56.

374. Тишков Н. М., Бушнев А. С., Михайлюченко Н. Г. Эффективность применения удобрений на посевах льна масличного в условиях Северного Кавказа. *Масличные культуры*. 2005. Вып. 2. С. 63–68.

375. Тишков Н. М., Дряхлов А. А. Конкурентоспособность льна масличного по отношению к сорнякам в зависимости от засоренности посевов и видового их состава. *Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. 2005. Вып. 1 (132). С. 115–120.

376. Тіхосова Г. А. Оцінка якості волокна, лубу та соломи льону олійного. *Праці ТДАТУ*. Вип. 10. Т. 1. С. 168–172.

377. Тіхосова Г. А. Удосконалення процесу приготування трести з соломи льону олійного за умов Півдня України. *Легка промисловість*. 2010. № 4. С. 51–52.

378. Тіхосова Г. А., Бойко Г. А., Головенко Т. М. Фізичні характеристики волокнистої частини стебел соломи льону олійного за довжиною стебел. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. № 3. С. 246–249.

379. Тіхосова Г. А., Головенко Т. М., Меньяло І. О. Економічна доцільність та перспективи переробки стебел льону олійного на території Херсонської області. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2011. Т. 2. № 5. С. 87–92.

380. Ткач А. В., Порфиоров П. А. Направления повышения эффективности возделывания льна. *АПК: экономика, управление*. 2014. №8. С. 52–57.

381. Ткач А. В., Порфиоров П. А. Организационно-экономический механизм развития кооперации в льноводческом подкомплексе. *Экономика сельского хозяйства России*. 2014. №7. С. 58–65.

382. Ткач А. В., Порфи́ров П. А. Перспективы экономического развития льноводства России с использованием кооперативных форм. *Достижения науки и техники АПК*. 2014. № 9. С. 6-8.

383. Ткаченко Т. Г. Агрометеорологія: навч. посіб. Харків: ХНАУ, 2015. С. 90–96.

384. Товстановская Т. Г. Изменчивость селекционно ценних признаков у льна масличного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2010. № 15. С. 57–61.

385. Товстановська Т. Г. Продуктивність сортообразцов коллекции льна масличного в зависимости от различного соотношения элементов урожая. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур*. Запоріжжя. 2002. Вип. 5. С. 89–98.

386. Товстановська Т. Г., Полякова І. О. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном*. 2007. № 1 (15). С. 156–157.

387. Тонюк М. О., Концеба С. М. Шляхи підвищення економічної ефективності виробництва насіння олійних культур у регіоні. *Економіка АПК*. 2015. № 3. С. 28–33.

388. Тулькубаева С. А., Слабуш В. И., Ташмухамедов М. Б., Абдулова А. Б. Особенности развития растений льна масличного, ярового рапса и рыжика при различных сроках посева и нормах высева в условиях северного Казахстана: матер. VII межд. конф. молодых ученых и спец. ВНИИМК, 2013. С. 238–243.

389. Тупікова А. Д., Махно Ю. О. Ефективність міжвидової гібридизації у межах гомостильних видів льону. *Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур*: зб. тез міжнар. наук. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 16 листопада 2017 р.). Запоріжжя: ІОК НААН, 2017. С. 98–99.

390. Ушкаренко В. О., Лазер П. Н., Минкіна А. О. Водоспоживання і ефективність використання води при вирощуванні льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2003. Вип. 27. С. 16–18.

391. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

392. Фадеева Т. М. Морфобиологические особенности льна культурного *Linum usitatissimum* L. и использование их в селекции при интродукции в среднем Поволжье: автореф. дисс... канд. биолог. Наук. Рамонь, 2008. 25 с.

393. Файружанова А. З., Гордеева Е. А. Влияние доз удобрений на формирование элементов структуры урожая льна масличного. *Инновационное развитие АПК в России: сб. докл. междунар. науч.-практич. конф. мол. ученых.* (г. Саратов, 12–13 марта 2013 г.). Саратов, 2013. С. 367–370.

394. Федоровский Д. В. Зависимость коэффициента завядания от вида растений и осмотического давления почвенного раствора. *Почвоведение.* 1948. № 10. С. 612–621.

395. Федоровський М. Т. Олійні культури в Степу України. Дніпропетровськ: Промінь, 1967. 60 с.

396. Федосова Н. М. Исследование свойств льна межуемка и обоснование метода прогнозирования его технологической ценности: авторф. дисс... канд. тех. наук. Кострома, 2002. 24 с.

397. Федосова Н. М. Расширение возможностей использования масличного льна. *Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины.* 2010. № 1 (16). С. 115–116.

398. Федосова Н. М., Вихарев С. М., Болонкин В. А. Совершенствование способа оценки льнадолгунца по морфологическим признакам. *Достижение науки и техники АПК.* 2012. №11. С. 68–72.

399. Федосова, Н. М., Соколов А. С., Вихарев С. М. Разработка комплексной оценки технологического качества льняных стеблей. *Технология текстильной промышленности.* 2013. № 3 (345). С. 32–35.

400. Філіп'єв І Д., Біднина І. О., Степанова І. М. Витрати елементів живлення льном олійним на формування врожаю. *Таврійський науковий вісник.* Херсон. 2008. Вип. 61. С. 12–16.

401. Філіп'єв І. Д., Біднина І. О. Агроекономічна оцінка продуктивності льону олійного залежно від систем мінерального живлення в неполивних умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Айлант, 2009. Вип. 64. С. 37–42.

402. Ходянков А. А. Комплексное применение бассиностероидов, макроудобрений и пестицидов на льне масличном: рекомендации. Горки: БГСХА, 2013. С. 11–14.

403. Хоміна В. Я. Агротехнологічне і теоретичне обґрунтування технологій вирощування лікарських і ефіроолійних ультру в умовах Лісостепу: монографія. Кам'янець-Подільський, 2015. 185 с.

404. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур справочник. Москва: Агропромиздат, 1990. 235 с.

405. Частная генетика растений НАН Беларуси / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. Минск: Белорусская наука, 2010. С. 235–295.

406. Чекмарёв П. А., Карпунин Б. Ф., Савенко В. Г., Карацеева Ю. Б. Специализированные ресурсосберегающие технологии возделывания льна-долгунца на волокно и семена. Москва: ФГУ РЦСК, 2010. 92 с.

407. Черенков О. А. Формирование продуктивности льнамежеумка под влиянием удобрений на фоне гербицидов при посеве в разные сроки на темнокаштановых почвах: автореф. дисс... канд. с.-х наук. Барнаул, 2009. 22 с.

408. Черенков О. А., Шевяков Р. В., Вьюнова Т. Н., Сурнина Ю. В. Влияние азотосаза на формирование основных показателей качества льна масличного (межеумка) в зоне засушливой степи. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2009. № 11 (61). С. 20-23.

409. Чернова Т. Е. Биогенез флоэмных волокон конопли *Cannabis sativa* L. и льна *Linum usitatissimum* L. сравнительный анализ: автореф. дисс... канд. биолог. наук. Казань, 2007. 24 с.

410. Черноморская Н. М., Станкевич А. К. К вопросу о внутривидовой классификации льна обыкновенного *L. usitatissimum* L. *Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1987. Т. 113. С. 51–63.

411. Чехов А. В., Лапа О. М., Міщенко Л. Ю., Полякова І. О. Льон олійний: біологія, сорти, технологія вирощування. Київ, 2007. 55 с.
412. Чехова І. В., Чехов С. А., Шкурко М. П. Вітчизняний ринок льону. *Економіка України*. 2017. № 1. С. 52–63.
413. Чиков В. И. Связь фотосинтеза с продуктивностью растений. *Сормовский образовательный журнал*. Москва: Наука, 1997. № 12. С. 23–27.
414. Чумак В. С., Десятник Л. М., Кохан А. В. Поживний режим зернових та олійних культур на чорноземах України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 3. С. 131–134.
415. Шалівський С. В., Рибак М. Ф. Продуктивність сортів льону довгунцю залежно від способу сівби та рівня мінерального живлення. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ: «ЕКМО», 2009. Вип. 81. С. 94–98.
416. Шамурзаев Р. И. Научное обоснование повышения продуктивности и качества семян льна масличного в предгорье Кабардино-Балкарской республики: автореф. дисс... канд. с.-х наук. Краснодар, 2011. 23 с.
417. Шамурзаев Р. И., Ханиев М. Х. Продуктивность и качество семян льна масличного в зависимости от уровня минерального питания. *Аграрная наука*. 2009. № 10. С. 14–18.
418. Шанский Ю. А. Агротехника высоких урожаев масличных культур на юго-востоке. Москва: Россельхозиздат, 1966. 136 с.
419. Шваб С. Б. Продуктивність льону олійного залежно від норм висіву та мінеральних добрив в умовах Полісся України: автореф. дис... канд. с.-г. наук. Вінниця, 2006. 18 с.
420. Шваб С. Б., Мирончук В. П. Врожайність льону олійного залежно від норм висіву насіння та удобрення. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ: «ЕКМО», 2007. Вип. 79. С. 110–114.
421. Шевелуха В. С. Периодичность роста сельскохозяйственных растений и пути ее регулирования. Минск: Ураджай, 1977. 424 с.
422. Шиндин А. П., Захарова Л. М., Тихомирова В. Я., Павлова Л. Н., Рожмина Т. А. Лён. Технологии возделывания и защиты от вредных органи

змов. Москва: ООО НПО «РосАгроХим», 2012. 45 с.

423. Шпаар Д., Адам Л., Генапп Х. Яровые масличные культуры. Минск: «ФУАинформ», 1999. 284 с.

424. Шувар А. М., Войтович Р. М. Оцінка способів збирання льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 149–153.

425. Щегорец О. В., Кумскова Н.Д., Горшков С. В. Возделывание льна масличного как инновационный проект диверсификации растениеводства амурской области. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2013. Вып. 21 С. 22-26.

426. Щербаков В. Я., Лазер П. Н., Яковенко Т. М. Сучасний стан та перспективи виробництва олійних культур в Україні. *Таврійський науковий вісник: зб. наук. пр.* Херсон: Айлант, 2004. Вип. 33. С. 10–18.

427. Эллади Е. В. *Linum usitatissimum* L. Лен. Культурная флора СССР. Москва: АН СССР, 1940. Т. 5. С. 109–207.

428. Юзва Ю., Кравець Н., Ониськів В. Особливості жирнокислотного складу лляної олії: матеріали XV наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. Тернопіль, 2011. С. 192–194.

429. Юзепчук С. В. Семейство Льновые *Linaceae* Dumort. Флора СССР. Москва. 1949. Т. 14. С. 84–146.

430. Ягло М. Н. Всхожесть семян разных типов окраски у льна масличного. *Науково-технічний бюлетень ІОК*. 2013. Вип. 18. С. 122–127.

431. Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И. Агрехимия / под ред. Б. Я. Ягодина. Москва: Колос, 2002.

432. Якубовська Т. О. Проблеми переробки котонізованого лляного волокна. *ВІСНИК КНУТД*. 2010. № 5. С. 148–151.

433. Янішевський Л. І., Маційчук В. М., Рибак М. Ф. Удобрення – як продуктивний агротехнічний прийом регулювання потенційними можливостями сортів льону-довгунця. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2007. 2(5). С. 74-82.

434. Яньшевський Л. І., Майцьйчук В. М. Вплив елементів технології вирощування на врожайність насіння сортів льону олійного. *Сортовивчення та сортознавство*. 2014. Вип. 1. С. 31-33.

435. Abel S., Ticconi C. A., Delatorre C. A. Phosphate sensing in higher plants. *Physiol. Plant.* 2002. V. 115. P. 18.

436. Adugna W., Brink M., Achigan-Dako E. G. *Linum usitatissimum* L. Wageningen, Netherlands: PROTA Foundation, 2012. P. 299–306.

437. Aiken S. G., Dallwitz M. J., Consaul L. L. [et al.]. Flora of the Canadian Arctic Archipelago. [Електронний ресурс]. URL: <http://nature.ca/aafloora/data/www/lnlile.htm> (дата звернення: 22.12.2017).

438. Akin D. E. Standards for Flax Fibre. ASTM International Standards Worldwide, In Standardization News, September 2005. www.astm.org/SNEWSSEPTEMBER_2005_akin_sep05.html.

439. Allaby R. G., Peterson G. W., Merriwether D. A., Fu Y.-B. Evidence of the domestication history of flax (*Linum usitatissimum* L.) from genetic diversity of the sad2 locus. *Theoretical and Applied Genetics*. 2005. № 112 (58). P. 58–65.

440. Anon. 1999. Durafibre Inc. of Cargill Limited Processors of flax fiber. Ag Fiber Technology Showcase. <http://www.agrotechfiber.com/showcasedurafibre.html>.

441. Atchison J. E. Worldwide capacities for nonwood plant fiber pulping increasing faster than wood pulp capacities. TAPPI Proceedings, Pulping Conference, 1988. P. 25–45.

442. Aufhammer W., Wagner W., Kaul H.P., Kubler EV Strahlungsnutzung durch Bestände olreicher Kornerfruchtarten Winterraps, Ollein und Sonnenblume im Vergleich J. Agron. Crop Sc. № 4. P. 277–286.

443. Ausdauernder Lein / *Linum perenne*. Übersicht aller Pflanzenseiten auf Naturspaziergang, 2015. [Електронний ресурс]. URL: http://www.naturspaziergang.de/Pflanzen/Linum_perenne.htm (дата звернення: 22.12.2017).

444. Bayartogtokh Rentsen Characterization of flax shives and factors affecting the quality of fuel pellets from flax shives For the Degree of Master of Science.

445. Bazzaz F. A., Harper J. L. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. *New Phytologist*. 1977. Vol. 78. № 1. P. 193–208.

446. Bergford C., Karg S., Rast-Eicher A., Nosch M.-L., Mannening U., Allaby R.G., Murphy B. M., Holst B. Comment on «30,000-Year-Old Wild Flax Fibers». *Science*. 2010. Vol. 328. P. 1634.

447. Blackbeard J. Potential for up to 500000 acres of linseed. *Arable Framg*, 1989. P. 22–25.

448. Bolsheva N. L., Zelenin A.V., Nosova I.V., Amosova A.V., Samatadze N.T., Yurkevich O.Yu., Melnikova N. V., Zelenina D. A., Volkov A. A., Muravenko O. V. The Diversity of Karyotypes and Genomes within Section *Syllinum* of the Genus *Linum* (*Linaceae*) Revealed by Molecular Cytogenetic Markers and RAPD Analysis. *PLoS ONE*, 2015. № 2. T. 10 (4). P. 14-19.

449. Brosius, D. Natural Fiber Composites Slowly Take Root Auto Interiors Still Dominate Consumption Composites Technology Archive. 2006. November 6. P. 237-238.

450. Bagley C. Properties of Flax Fibre Reinforced Composite Materials C. Bagley, T. d'Anselme, J. Guyader Works of INF, 1997. P. 385–386.

451. *Can. J. Plant Sci*, 1993. № 1. P. 47–54.

452. Caramaro L. Flax Polypropylene Textiles for Composite Materials L. Caramaro, C. Joly, R. Gauthier *Techtextil symposium*, 1994. Lecture no 321. 6 p.

453. CROPWAT. A computer program for irrigation planning and management. FAO UN. URL: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/> (дата звернення: 08.07.2018).

454. Davis C. C., Webb C. O., Wurdack K. J., Jaramillo C. A., Donoghue M. J. Explosive radiation of Malpighiales supports a mid-Cretaceous origin of modern tropical rain forests. *American Naturalist*. 2005. No 165. P. 336-365.

455. Diederichsen A., Fu Y.B. Phenotypic and molecular RAPD differentiation of four infraspecific groups of cultivated flax *Linum usitatissimum* L. subsp. *usitatissimum*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2006. Vol. 53. № 1. P. 77–90.

456. Diederichsen A., Hammer K. Variation of cultivated flax (*Linum*

usitatissimum L. subsp. *usitatissimum*) and its wild progenitor pale flax (subsp. *angustifolium* (Huds.) Thell.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 1995. V. 42. Is. 3. P. 263-272.

457. Diederichsen A., Hammer K. Variation of cultivated flax *Linum usitatissimum* L. subsp. *usitatissimum* and its wild progenitor pale flax subsp. *angustifolium* Huds. Thell. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1995. Vol. 42. № 1. P. 263–272.

458. Diederichsen A., Raney J. 11. P. Seed colour, seed weight and seed oil content in *Linum usitatissimum* accessions held by Plant Gene Resources of Canada *Plant Breed.* 2006. Vol. 125. №4. P. 372–377.

459. Diederichsen A., Richards K. Cultvated fax and the genus *Linum* L. Taxonomy and germplasm conservaton. *Flax The genus Linum*, NY Routledge, 2003. P. 23–33.

460. Diederrichsen A., Richards K. Taxonomy and germplasm conservation. *Flax: The genus Linum*, ed. by A.D. Muir and N.D. Westcott. Boca Raton, USA: CRC Press, 2003. P. 39-42.

461. Dillman A. C. Paper from flax. *Yearbook of Agriculture*, 1943–47. P. 750–752.

462. Dimmock J.P.R.E., Bennett S. J., Wright D., EdwardsJones G., Harris I. M. Agronomic evaluation and performance of flax varieties for industrial fibre production. *Journal of Agricultural Science*. 2005. Vol. 143. P. 299–309.

463. Dudarev I., Kirchuk R. Reasoning of technology and design parameters of oil flax harvesting machines. *Agricultural engineering*. 2011. Vol. 33. No. 1. P. 37–42.

464. EIHA European Industrial Hemp Association. Statistik der Europe an Industrial Hemp Association EIHA, Stand Juli August 2006 www.eiha.org.

465. El Shorif Ahmed Fouad M., Sherif Saad M. The effect of soU moisture levels and fertilizers on dry matter and phosphorus uptake by wheat and flax. «Альмаджаллат альмысрийат лиулюм альарази, Egypt. *J. Soil Sci.* 1973-1974. 13, № 2. P. 203–212.

466. For Systema Naturae 2000 Brands, S.J. comp. 1989 present. Systema Naturae 2000. The Taxonomicon. Universal Taxonomic Services, Zwaag, The Netherlands. [http://taxonomicon.taxonomy.nl].

467. Fu Y.Bi, Peterson G., Diederichsen A., Richards K.W. RAPD analysis of genetic relationships of seven flax species in the genus *Linum* L. Genet. Resour. and Crop Evol. 2002. P. 253–259.

468. Goldsbrough, G.H. «Seed flax straw potential for extending its utilization», ARS–2011, Agricultural Research Service, U.S.D.A., April, 1963. P. 22–25.

469. GonzálezGarcía S, et al. Life cycle assessment of raw materials for nonwood pulp mills Hemp and flax. Resour Conserv Recy 2010, 32–40.

470. Harris S. Flax fibre: Innovation and change in the early Neolithic a technological and material perspective. *Textile Society of America Symposium proceedings*. Los Angeles, USA, 2014. P. 913.

471. *Hebepetalum humiriifolium* (Planch.) Benth. Atrium. Biodiversity information system; The Botanical Research Institute of Texas, USA. 2013. [Электронный ресурс]. URL: http://atrium.andesamazon.org/image_info.php?img=imaes/collections/jehouseholder_003213_04_p.jpg&id=92149#image92149 (дата обращения: 22.12.2017).

472. Hedjazi S, Kordsachia O, Patt R, Latibari J, Tschirner U. Alkaline sulfiteanthraquinone (ASAQ) pulping of wheat straw and totally chlorine free (TCF) bleaching of pulps. *Ind Crop Prod*, 2009. 29. P. 27–36.

473. Heer O. 1872. Ueber den Flachs und die Flachskultur im Alterthum. *Neujahrebl. herausgegeben Naturforsch. GesEllsch. Bd. LXXXIV* Zurich.

474. Heller Krzysztof, Byczynska Malgorzata. Ontogenesis of fibre flax *Linum usitatissimum* L. Institute of Natural Fibres, 2004. 16 p.

475. Hemmond J. A. A flax production systems analysis. *Nosht Dakota Farm Res.* 1973. Vol. 30, № 4. P. 17–22.

476. Herbig Ch., Maier U. Flax for oil or fibre? Morphometric analysis of flax seeds and new aspects of flax cultivation in Late Neolithic wetland settlements in

southwest Germany. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2011. Vol. 20. Issue 6. P. 527–533.

477. Heywood V. H. Flowering Plants of the World. *Oxford Univ. Press*, Oxford, UK, 1993. P. 67-69.

478. Holbery, J., Houston, D. NaturalFibreReinforced Polymer Composites in Automotive Applications, JOM The TMS Member Journal, November 2006. P. 80–86.

479. Hugonia longipes H. Perries. Linaceae – Conspectus of the vascular plants of Madagascar. 2015. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/conspectus/linac.shtml> (дата звернення: 22.12.2017).

480. Jessop Avenue Canadian Flax Straw Present and Future End Use Options International Conference on Flax and Other Bast Plants, 2008. P. 281–289.

481. Kaup M., Karus M. novaInstitut GmbH 2000 Hanf, Flachs und andere Naturfasern für Spezialzellstoffe in der EU Eine Marktstudie, Hrsg. novaInsti tut, Ньrth, September, 2000. P. 84-93.

482. Kessler R.W. , R. Kohler. New Strategies for exploiting flax and hemp. *Chemtech*. December. 1996. P. 34–42.

483. Kiarostami Kh., Mohseni R., Saboora A. Biochemical changes of *Rosmarinus officinalis* under salt stress. *J. Stress Physiol. Biochem.* 2010. Vol. 6. P. 114-122.

484. Kozlowski R., Mankowaski J. Composite materials strengthened by plants natural fibres for motor industry. *FAO Intersessional Consultaion on Fibres*. 15–16 November, 1999. P. 29-34.

485. Kvavadze E., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A., Boaretto E., Jakeli N., Matskevich Z., Meshveliani T. 30,000-Year-Old Wild Flax Fibers. *Science*. 2009. Vol. 325 (5946). P. 1359.

486. Lafond G. P., Zentner R. P., Geremia R., Derksen D. A. The effects of tillage systems on the economic performance of spring wheat, winter wheat, flax and field pea production in eastcentral Saskatchewan. 2005. P. 70-75.

487. Lancashire R. J. Chemistry of Garments: Cellulose Fibres. *The University*

of the West Indies. At Mona, Jamaica, 2011. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://wwwchem.uwimona.edu.jm/courses/CHEM2402/Textiles/Veg>.

488. Linaceae DC. Perleb, nom. cons. National Plant Germplasm System. GRIN-Global, USA. 2009. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://npgsweb.arsgrin.gov/gringlobal/taxonomyfamily.aspx?id=658> (дата звернення: 22.12.2017).

489. Linseed world primary production. Database of Food and Agriculture Organization (FAO). 2014. URL: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (дата звернення: 22.12.2017).

490. *Linum flavum* (s. str.) / Gelb-Lein. Bilder von Österreichs Flora. 2011. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.botanische-spaziergaenge.at/viewtopic.php?f=390&t=1042&sid=40f3fe988726281310b61e8a2b37b092> (дата звернення: 22.12.2017).

491. *Linum grandiflorum* Desf. National Plant Germplasm System. GRIN-Global, USA. 2009. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://npgsweb.arsgrin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?22335> (дата звернення: 22.12.2017).

492. *Linum* L., Linaceae – The International Plant Names Index (IPNI), Kew, UK, 2005. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.ipni.org/ipni/advPlantNameSearch.do;jsessionid=98164F0962> (дата звернення: 22.12.2017).

493. *Linum usitatissimum* L. – National Plant Germplasm System. GRIN-Global, USA. 2009. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://npgsweb.arsgrin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?id=22361> (дата звернення: 22.12.2017).

494. Londo J. P., Chiang Yu-C., Hung K-H., Chiang T-Y., Schaal B. A. Phylogeography of Asian wild rice, *Oryza rufipogon*, reveals multiple independent domestications of cultivated rice, *Oryza sativa*. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)*. 2006. Vol. 103. No 25. P. 9578-9583.

495. Mahmoud Rashad Mokhtar, Osama Ibrahim Selim, Ahmed Momtaz, Houssein Mohmoud Saleh. Effect of tillage and fertilization on straw and seed yield of flax. *Agir. Res. Rev.* 1970. № 6. P. 308–316.

496. Marketing report market potential for biofibres to replace E-glass in composite materials. *Composites Innovation Centre Rev.* 2007. 4 April. P. 182-184.

497. Mazza G. *Functional Foods Biochemical and Processing Aspects* Technomic Publishing Company, Inc., 1998. P. 4–59.

498. McDill J., Replinger M., Simpson B.B., Kadereit J.W. The Phylogeny of *Linum* and Linaceae Subfamily Linoideae, with Implications for Their Systematics, Biogeography, and Evolution of Heterostyly. *Systematic Botany*. 2009. No 34(2). P. 386-405.

499. McDill J., Simpson B. Phylogeny of the Flaxes Evolutionary Relationships and Biogeography in *Linum* Linaceae. *Botan. Congress Austin*. (Texas, 13–17 August). Electronic Abstract Site Overview. 2005. № 393.

500. Michael Carus, Christian Gahle, Cezar Pendarovski, Dominik Sven Ortmann, Franjo Grotenhermen, Thomas Breuer, Christin Schmidt Studie zur Markt und Konkurrenz situation bei Naturfasern und Naturfaser Werkstoffen Deutschland und EU. FNR, Gulzow mit Forderung des Bundesministeriums fur Ernahrung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 2015. P. 113–177.

501. Mieleniak B. Lowcost «Compak» board based on vegetable fiber. *Wood Bas. Pan. Int.* 1985. № 1. P. 70-77.

502. Mitkees A. I., Selim M. H., Tohami SharafEIDinF. El, Et Abaseri M. A. Effect of soil salinity on flax crop. *Agr. Res. Rev.* 1972. № 2. P. 43–60.

503. Morvan C., AndjmeOnzighi C., Girault R., Himmelsbach D. S., Driouich A. Akin D. E. Building flax fibres more than one brick in the walls. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2003. P. 935–944.

504. Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. Vascular Plants of Ukraine a Nomenclatural Checklist. Kiev, 1999. P. 246–247.

505. Muir A. D., Westcott N. D. *Flax the genus Linum*. CRC Press, 2003. 307 p.

506. Munder F., Fiirll C., Hempel H. 2004 Results of an advanced technology for decortication of hemp, flax and linseed. *Molecular Crystals and Liquids Crystals*. P. 893–907.

507. Muranenko O. V., Lemesh V. A., Samatadze T. E., Amosova A. V., Grushetskaya Z. E., Popov K. V., Semenova O. Yu., Khotyuleva L. V., Zelenin A. V. Genome Comparisons with Chromosomal and Molecular Markers for Three Closely

Related Flax Species and Their Hybrids. *Russian Journal of Genetics*. 2003. Vol. 39. No 39. P. 414-421.

508. Nadh C. An update canadian oilseed flax straw utilization Cargill, Inc. Central Research Minneapolis. 2000. Vol. 12. No 3. P. 52-55.

509. Nitu Ion, Drăcea Maria, Rizea Aurel. Cultura iriului de ulei pe solurile sărăturate in curs de ameliorare Cereale si plante tehn. 1993. № 2. P. 10–11.

510. Norton A. J., Bennett S. J., Hughes M., Dimmock J. P. R. E., Wright D., Newman G., Harris I. M., Edwards-Jones G. Determining the physical properties of flax fibre for industrial applications the influence of agronomic practice. *Annals of Applied Biology*. 2006. 149 (1). P. 15–25.

511. Oilseed Flax Straw Management Saskatchewan Agriculture, Food and Rural Revitalization. March 2004.

512. Panarctic Flora. 56. Linaceae. Natural History Museum, University of Oslo. [Электронный ресурс]. URL: <http://nhm2.uio.no/paf/56> (дата звернення: 22.12.2017).

513. Pecenka R., Fiirll C., Gusovius H.J. Economic production and processing of agricultural fibre plants for high quality applications in automotive, building and furniture industry XVII-th World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR). Canada June 1317, 2010.

514. Rabetafika H.N., M. Paquot, L. Janssens, A. Castiaux, H.N. Rabetafika Developpement durable et ressources renouvelables CP45 Plan d'appui scientifique a une politique de Developpement Durable (PADD II) Partie 1 Modes de production et de consommation durables Janvier. 2006. 41 p.

515. Reinwardtia indica Dumort. National Plant Germplasm System GRIN-Global, USA, 2011. [Электронный ресурс]. URL: <https://npgsweb.arsgrin.gov/gringlobal/taxonomyde-tail.aspx?id=450532> (дата звернення: 22.12.2017).

516. Rennebaum H., E. Grimm, K. Warnstorff, Diepenbrock W. Fibre quality of linseed *Linum usitatissimum* L. and the assessment of genotypes for use of fibres as a byproduct. *Industrial Crops and Products*. 2002. P. 201–215.

517. Ryan McKenzie, Melissa Roach, Naomi Hotte, Mary DePauw, Neil

Hobson, Susan Koziel, Corey Davis, John Vidmar, Raju Datla, Michael K. Deyholos Genetic and Genomics Resources for Flax Fibre Improvement ID № 13 International Conference on Flax and Other Bast Plants, 2008.

518. Sadak M. Sh., Dawood M. G. Role of ascorbic acid and α tocopherol in alleviating salinity stress on flax plant (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2014. Vol. 10. No. 1. P. 93-111.

519. Samadi A., Mahmoodzadeh A., Gottapeh A. H., Torkamani M. R. Cytogenetic studies in four species of flax (*Linum* spp.). *Journal of Applied Sciences*. 2007. No 7(19). P. 2832-2839.

520. Saskatchewan Agriculture Food and Rural Revitalization SAFRR 2004a Oilseed Flax Straw Management. URL: httpwww.agr.gov.sk.cadocscropsoilseedsflax_straw_management.pdf.

521. Schick T. Nahal Hemar Cave: Cordage, Basketry and Fabrics. *Atiqot*. Israel, 1988. No18. P. 31–43.

522. Seehuber R., Dambroth M., Hoppe D. Untersuchungen zur Trockenmassebildung und Nährstoffaufnahme von Öl- und Faserlein Landbauforschung Volkenrode. 1987. Vol. 37. № 4. P. 224–230.

523. Siea M. A Framework for Assessing The Exchange Costs in the Flax Fibre Supply Chain A Thesis Submitted to the College of Agriculture in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in the Department of Agricultural Economics University of Saskatchewan Saskatoon. May, 2005.

524. Smirnoff N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule. *Current Opinion in Plant Biol.* 2000. Vol. 3. P. 229–235.

525. Sözen M. *Linum pubescens* ssp. *pubescens* – Dogalhayat.org, Turkey, 2013. [Електронний ресурс]. URL: <http://dogalhayat.org/property/linum> (дата звернення: 22.12.2017).

526. Sultana C. Lin graine un developpement gui tarde. Cultivar 2000. 1987. P. 46–48.

527. Sveinsson S., McDill J., Wong G. K. S., Li J., Li X., Michael K., Deyholos M. K., C. B. Cronk Q. C. B. Phylogenetic pinpointing of a paleopolyploidyevent

within the flax genus (*Linum*) using transcriptomics. *Annals of Botany, Oxford Univ. Press*, UK. 2013. P. 1–9.

528. Talebi S. M., Sheidai M., Atri M., Sharifnia F., Noormohammadi Z. Palynological study of the genus *Linum* in Iran (a taxonomic review). *Phytologia Balcanica*. 2012. No 18(3). P. 293-303.

529. Ushijima K., Ikeda K., Nakano R., Matsubara M., Tsuda Y., Kubo Y. Genetic Control of Floral Morph and Petal Pigmentation in *Linum grandiflorum* Desf., a Heterostylous Flax. *The Horticulture Journal*. 2015. No 84(3). P. 261-268.

530. Vaisey-Genser M., Morris D. H. History of the cultivation and uses of flaxseed. In: *Flax: The genus Linum*. ed. by A. D. Muir and N. D. Westcott. Boca Raton, USA: CRC Press, 2003. P. 1–21.

531. Vakula S., Leontiev V., Koren L., Titok V. Ecological variability of oil and protein content in flaxseed Vagos. *Lžū mokslo darbai*. 2009. № 82 (35). P. 77–81.

532. Valamoti S. M. Flax in Neolithic and Bronze Age Greece: archaeobotanical evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2011. Vol. 20. Issue 6. P. 549–560.

533. Wells S.D. Decortication and pulping of seed flax straw. TAPPI, 1953. № 4.

534. Western Economic Diversification website “Canadian Agrivalue Interests in the Canadian Standards Strategy. URL: <http://www.wd.gc.ca/pts/research/agrivalue/26e.asp>

535. Yermanos D. M., Knowles P. F. Fatty acid composition of the oil in crossed seed of flax. *Crop Sci*. 1962. Vol. 2. № 2. P. 109–111.

536. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe, and the Mediterranean Basin., 4th ed. Oxford, Oxford University Press, 2012. P. 100–103.

537. Barakat M. A., ElGhamry W. M., Ghowail S. I. The effect of water table on field crops. II. On flax, alfalfa and maize. *Agr. Res. Rev*. 1971. Vol. 49. № 2. P. 213–218.

538. Hamdi H., Youssif S., Abd E. I. Samie A. G., Ghazy A. Root distribution patterns of flax plant under 1 different soil moisture stress. *Альмаджаллат альмысрийат лиулюм альарази*. *Egypt. J. Soil Sci*. 1973. 13, № 1. P. 116.

ДОДАТКИ

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. **Рудік О. Л.** Оцінка інноваційного потенціалу *Linum humile* Mill як джерела волокнистої та целюлозно-паперової сировини в Україні. *Сучасний стан та пріоритети розвитку системи обліку, оподаткування й аналізу виробничо-економічної діяльності суб'єктів господарювання агропромислового сектору економіки* : колект. моногр. Херсон : Айлант, 2018. С. 356-373.

2. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Дробітько А. В., Білий В. М., **Рудік О. Л.** та ін. Наукове обґрунтування напрямів адаптації систем землеробства до кліматичних змін та забезпечення продовольчої безпеки. *Наукові основи адаптації систем землеробства до змін клімату в Південному Степу України* : колект. моногр. / за ред. чл.-кор. НААН Вожегової Р. А. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. С. 8-39; С. 575–692 (*Отримання та аналіз експериментальних даних, підготування матеріалів монографії*).

3. **Рудік О. Л.** Наукові основи формування технології вирощування льону олійного в умовах Півдня України : монографія. Херсон : Айлант, 2018. 188 с.

4. Vozhehova R.A., Lykhovyd P.V., Kokovikhin S.V., Biliaieva I.M., Markovska O.Y., Lavrenko S.O., **Rudik O.L.** (2019). Artificial neural networks and their implementation in agricultural science and practice. Warsaw, Diamond Trading Tour, 108 pp. (*Отримання та аналіз даних, підготування матеріалів монографії*).

Статті у наукових фахових виданнях України

5. Ушкаренко В. О., Лазер П. Н., **Рудік О. Л.** Особливості елементів технології вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2014. Вип. 80. Ч. 2. С. 198–203 (*Отримання та аналіз даних, написання статті*).

6. Лазер П. Н., Рудік О. Л. Елементи адаптивної технології вирощування льону олійного в зоні Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя. 2013. Вип. 18. С. 99–105 (Отримання та аналіз даних польових дослідів, формулювання висновків).

7. Рудік О. Л. Оцінка сортів льону олійного за урожайністю насіння та соломи в зоні сухого степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя. 2014. Вип. 21. С. 112–118.

8. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна та біоенергетична оцінка подвійного використання льону олійного. *Вісник ЖНАЕУ*. Житомир. 2015. № 2 (50), Т. 1. С. 325–330 (Отримання та аналіз експериментальних даних, написання статті).

9. Адамень Ф. Ф., Лазер П. Н., Рудік О. Л., Патраков О. І. Вплив строків посіву та норми висіву на врожайність і водоспоживання льону олійного. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2015. Вип. 81. С. 14–18 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

10. Рудік О. Л. Формування урожаю льону олійного залежно від терміну посіву та норми висіву в зоні Сухого Степу України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2016. Вип. 95, С. 79–86.

11. Рудік О. Л. Сировинний потенціал льону олійного та перспективи його використання в медицині. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2016. Вип. 96. С. 104-111.

12. Рудік О. Л. Вплив вологозабезпечення на процеси росту та розвитку сортів льону олійного в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2017. Вип. 98. С. 113–121.

13. Рудік О. Л., Рудік Н. М. Оцінка технологій збирання льону олійного, призначеного для подвійного використання. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя. 2017. Вип. 24. С. 208-213.

14. Рудік О. Л. Вплив агротехнічних заходів вирощування льону олійного, призначеного для подвійного використання, на структуру стеблостою. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. Вип. 99. С. 117–123.

15. Вожегова Р. А., Рудік О. Л. Економічне обґрунтування технологій вирощування льону олійного на неполивних і зрошуваних землях в умовах Півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон. 2018. Вип. 69. С. 22-26 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

16. Вожегова Р. А., Рудік О. Л. Енергетичний аналіз технологій вирощування льону олійного в умовах Півдня України за різних схем використання продукції. *Зрошуване землеробство*. Херсон. 2018. Вип. 70. С. 64-68 (Отримання та аналіз експериментальних даних, написання статті).

17. Рудік О. Л. Динаміка водного режимів ґрунту при вирощуванні льону олійного на неполивних та зрошуваних землях Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 117-123.

18. Рудік О.Л., Мринський І.М. Вплив строків сівби та норм висіву на продуктивність льону олійного. *Наукові горизонти*. Житомир. 2018. № 7-8 (70), С. 91-97.

19. Рудік О. Л. Фізико-механічні показники та урожайність соломи льону низького, призначеного для подвійного використання за різних технологій збирання. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2019. Вип. 106. С. 135–141.

Статті у наукових фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних

20. Рудік О. Л., Мринський І. М. Продуктивність льону олійного за впровадження технологій подвійного використання культури. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. №1(93). С. 102–112 (Отримання та аналіз даних, підготування матеріалів до друку).

21. Рудік О. Л., Вожегова Р.А. Вплив заходів передзбирального комплексу на втрату вологи посівами льону олійного в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. №4(100). С. 62–67 (Отримання та аналіз даних, підготування матеріалів до друку).

22. Рудік О. Л. Динаміка розвитку та продуктивність льону олійного залежно від умов зволоження, удобрення, ширини міжрядь та норм висіву на

півдні України. *Науковий вісник НУБіП України*. Серія : Агрономія. 2018. Вип. 287. URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agromija/article/view/7937> (дата звернення : 16.10.2018 р.).

23. Рудік О. Л. Вплив агрозаходів на формування врожаю та якість насіння льону олійного. *Agrology*. Vol. 2. No 3. URL : <http://ojs.dsau.dp.ua/index.php/agrology/issue/view/40> (дата звернення : 18.10.2018 р.).

24. Рудік О. Л., Гальченко Н. М., Коновалова В. М. Моделювання рівнів продуктивності та аналіз ефективності технологій вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Зрошуване землеробство*. Херсон. 2019. Вип. 71. С. 119-122 (*Отримання та аналіз даних, написання статті*).

Статті у періодичних закордонних виданнях

25. Рудик А. Л., Прошина И. А. Оптимизация современного производства масличных культур в зоне рискованного земледелия. *Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства* : сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н. В. Бышова. Рязань. 2013. С. 649–655 (*Отримання та аналіз даних, написання статті*).

26. Рудик А. Л. Агроэкологические требования при возделывании льна масличного в зоне орошения юга Украины. *Труды Географического общества Республики Дагестан*. Махачкала. 2014. Вып. 42. С. 32–36.

27. Рудик А. Л. Влияние влагообеспеченности на общую продуктивность сортов льна масличного в зоне сухой степи Украины. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2014. Вып. 56. Ч. 2. С. 36–44.

28. Рудик А. Л. Агротехнологические аспекты в оценке выращивания льна масличного двойного использования. *Экология и строительство*. 2016. № 3. С. 15–22.

29. Рудик А. Л. Формирование биологической массы и потребление элементов питания посевами льна масличного в зоне Сухой Степи Украины. *AMEA News (Biology and Medical Sciences)*. 2017. Vol. 72(1). P. 58-62.

30. Рудик А., Керимов А. Оценка сортовых особенностей с целью двойного использования посевов льна масличного. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences*. Lankaran. 2018. Vol. 1. P. 221-229 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

31. Рудик А., Керимов А. Влияние сроков посева и норм высева на условия развития и урожайность льна масличного в южной степи Украины. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences*. Lankaran. 2018. Vol. 2. P. 262-268 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

32. Рудик А., Рудик Н. Агроекологические аспекты размещения и использования льна масличного двойного назначения в Украине. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences*. Lankaran. 2019. Vol. 1. P. 114-121 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

Статті в інших наукових виданнях

33. Рудик А. Л., Рудик Н. М. Особенности минерального питания растений льна масличного в зоне сухой степи Украины при орошении. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2015. Вып. № 3(59). С. 103–109 (Отримання та аналіз даних, написання статті).

34. Рудік О. Л. Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його використання. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь. 2016. Вип. 6, Т. 3. С. 116–123.

Патенти

35. Спосіб вирощування льону олійного харчового та лікарського призначення без зрошення та при зрошенні в умовах Сухого Степу України. пат. на корисну модель Україна, UA МПК 2015.01 A01C7/00. О. Л. Рудік; винахідник та власник. № 96273; заявл. 13.08.2014; опубл. 26.01.2015, Бюл. 1.

36. Спосіб вирощування льону олійного технічного призначення на фоні природного та штучного вологозабезпечення в умовах Сухого Степу України. пат. на корисну модель Україна, UA МПК 2015.01 A01B79/00. **О. Л. Рудік**; винахідник та власник. № 95959; заявл. 31.07.2014; опубл. 12.01.2015, Бюл. 2.

Тези доповідей на наукових конференціях

37. Лазер П. Н., **Рудік О. Л.**, Князев О. В. Агроекологічна оцінка сортів льону олійного за комплексною продуктивністю насіння та соломи в умовах південного степу України. *Современные теоретические и практические аспекты селекции гибридов и сортов масличных культур и разработка технологий их выращивания* : сб. тез. межд. научн. конф. Запорожье : Днепропетровский Металлург, 2012. С. 33 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

38. **Рудік О.Л.**, Рудік Н.М. Особливості зонального розміщення посівів олійних культур в Україні та напрямки їх оптимізації. *Напрями розвитку сучасних систем землеробства* : матеріали міжн. наук.-практ. інтернет-конф., присв. 110-річчю від дня народж. проф. С. Д. Лисогорова. Херсон. 2013. С. 219–225 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

39. Лазер П. Н., **Рудік А. Л.**, Князев А. В. Продуктивность сортов льна масличного в зоне сухой степи Украины. *Международная научно стручная конференция экология у служби одрживог развоја* (Нови Сад, 26-28 септембар 2013). С. 119–124 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

40. **Рудік О. Л.**, Рудік Н. М. Вплив елементів посівного комплексу на ефективність вирощування льону олійного в умовах Півдня України. *Сучасні технології вирощування зернових, бобових та технічних культур* : матеріали міжн. наук.-практ. інтернет-конф., присв. 140-річчю створення ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» (22 травня 2014 року) Херсон. 2014. С. 327-333 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

41. **Рудік А. Л.**, Рудік Н. М. Динамика агрофизических свойств почвы при выращивании льна масличного в зоне Сухой Степи Украины // *Пути*

повышения эффективности орошаемого земледелия : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2015. Выпуск № 4(60). С. 52-56. (Отримання та аналіз даних, написання матеріалів).

42. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна та біоенергетична оцінка подвійного використання льону олійного. *Інноваційний розвиток АПК України : проблеми та їх вивчення* : матеріали міжн. наук.-практ. конф., присв. пам'яті декана агроном. ф-ту М. Ф. Рибачка. Житомир : Житомирський національний агроекологічний університет, 2015. С. 118-121 (Отримання та аналіз даних, написання тез).

43. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна оцінка продуктивності та перспективи біоенергетичного використання продукції льону олійного. *Теоретичні засади розвитку аграрної галузі на сучасному етапі та впровадження їх у виробництво* : матеріали міжн. наук.-практ. конф. Миколаїв : Вид-во Миколаївського національного аграрного університету, 2015. С. 117–119 (Отримання та аналіз даних, написання тез).

44. Рудік О. Л. Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його використання. *Біосферні основи землеробства в XXI столітті* : матеріали Міжн. наук.-техн. інтернет-конф., 2 листопада 2015 року. С. 25-27.

45. Рудик А. Л. Влияние элементов технологии возделывания на формирование стеблестоя посевов льна масличного. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИПМ» Новочеркасск. 2016. Вып. № 1(61). С. 141–144.

46. Рудик А. Л. Агроэкологические аспекты рационального использования биологического потенциала льна масличного. *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования* : I Межд. научн.-практ. интернет-конф., посв. 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия» ФГБНУ «ПНИИАЗ». Солёное Займище. 2016. С. 2088-2096.

47. Рудік О. Л., Рудік Н. М. Вплив мінерального живлення на продукційні процеси та споживання біогенних елементів посівами льону олійного в зоні

сухого Степу України. *Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства* : матеріали міжн. наук.-практ. інтернет-конф., 18–19 лютого 2016 р. Львів. 2016. С. 323–330 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

48. **Рудік О. Л.**, Рудік Н. М. Вплив заходів вирощування на склад жирних кислот насіння льону олійного. *Лікарські рослини : Традиції та перспективи досліджень* : матеріали III міжнар. наук. конф. (Березоточа, 14–15 липня 2016 року). ДСЛР ІАП НААН. Київ : ДІА, 2016. С. 127–131 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

49. **Рудік О. Л.** Минуле, сучасність та перспективи льонарства в Україні. *Професор С. Л. Франкфурт – видатний вчений агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні* : матеріали міжн. наук.-практ. конф. (Київ, 18 листоп. 2016 р.). Київ : Наш формат, 2016. Ч. 2. С. 347–348.

50. **Рудик А. Л.**, Рудик Н. М. Изучение адаптивных способностей сортов льна масличного в различных условиях влагообеспечения. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия* : науч.-практ. журнал ФГБНУ «РосНИИППМ» Новочеркасск. 2017. Вып. № 4(68). С. 74-79 (*Отримання та аналіз даних, написання матеріалів*).

51. **Рудік О. Л.** Структура стеблостою льону олійного залежно від агротехнічних заходів його вирощування. *Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур* : зб. тез міжн. наук. інтернет-конф. (Запоріжжя, 16 листопада 2017 р.). Запоріжжя. ІОК НААН, 2017. С. 143–144.

52. **Рудік О. Л.**, Рудік Н. М. Розширення можливостей застосування сортів льону олійного при вирощуванні в зоні сухого Степу України в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство : сьогодення, проблеми, перспективи* : матеріали регіон. наук.-практ. інтернет-конф. (2-3 листопада 2017 р.) : [до 80-річчя професора Ківера В. Х.]. Дніпро : ДДАЕУ, 2017. С. 130–132 (*Отримання та аналіз даних, написання тез*).

53. **Рудік О. Л.** Особливості та перспективи органічного вирощування льону низького *Linum humile Mill.* *Інноваційні технології та препарати в системі органічного землеробства Степу* : зб. матеріалів міжн. наук.-практ.

інтернет-конф. (Херсон, 6 бер. 2018 р.). Херсон : ІЗЗ НААН, 2018. С. 74.

54. **Рудік О. Л.** Еколого-кліматичні закономірності та перспективи поширення льону олійного в Україні. *Інноваційні технології у рослинництві : проблеми та їх вирішення* : матер. міжн. наук.-практ. (Житомир, 7-8 черв. 2018 р.). Житомир : ЖНАУ, 2018. С. 147-152.

Методичні рекомендації

55. Вожегова Р. А., **Рудік О. Л.** Методичні рекомендації з оптимізації технологій вирощування льону олійного в умовах Південного Степу України. Херсон : ІЗЗ НААН, 2017. 16 с. (*Отримання та узагальнення даних, написання рекомендацій*).

56. Вожегова Р. А., **Рудік О. Л.** Науково-методичні рекомендації з формування технологій вирощування льону олійного на зрошуваних і неполивних землях. Херсон : ІЗЗ НААН, 2018. 20 с. (*Отримання та узагальнення даних, написання рекомендацій*).

Акти впровадження

**Акт
впровадження науково-технічної розробки**

автор розробки Рудік Олександр Леонідович
(ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»)
(організація)

Назва розробки: Адаптивна технологія вирощування льону олійного в
неполивних умовах півдня України

Коротка характеристика розробки	Результати впровадження
Впродовж 2014-2015 рр. ТОВ «Торговий дом «Долинское» (Чаплинського району Херсонської області) була використана запропонована Рудік О.Л. технологія вирощування льону олійного. Згідно рекомендацій проводили основне внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ під зяблеву оранку на 20-22 см, та N_{15} під передпосівну культивуацію Висівали сорт Айсберг. Сівбу проводити при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості сівалкою Клен 6 нормою висіву визначеної відповідно до термінів сівби. Передзбиральна десикація виконувалася Баста (2 л/га)	Площа, га: 57
	Урожайність на контролі, т/га: 1,11
	Урожайність при впровадженні розробки, т/га: 1,51
	Економічний ефект від впровадження: чистий прибуток – 4,7 тис грн./га; рентабельність – 51,1%.
	Інші показники, (підвищення якості продукції, економія енергоресурсів, трудових витрат та ін.): Відбулося зменшення виробничих витрат на 4,7%. Зменшилися витрати на післязбиральну доробку насіння.

Не є фінансовим документом

Представник господарства:
Заступник директора
ТОВ «Торговий дом «Долинское»
(поздовж, зліва, по об'єктові, підпис)



Представник автора розробки:
Доцент кафедри землеробства ДВНЗ
«Херсонський державний аграрний університет»,
кандидат с.-г. наук, доцент
Рудік Олександр Леонідович

Акт
впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організації) Рудік Олександр Леонідович
(ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»)

Назва розробки: Адаптивна технологія вирощування льону олійного в
неполивних умовах півдня України

Коротка характеристика розробки	Результати впровадження
Впродовж 2016-2017 рр. в СФГ «Роза ветров» (Василівський район Запорізька область) була впроваджена розроблена автором технологія вирощування льону олійного. Згідно рекомендацій проводили основне внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ під зяблеву оранку на 20-22 см, та N_{15} під передпосівну культивуацію Висівали сорт Айсберг. Сівбу проводити при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості сівалкою Клен 6 нормою висіву визначеної відповідно до термінів сівби. Передзбиральна десикація виконувалася Баста (2 л/га)	Площа, га: 44
	Урожайність на контролі, т/га: 1,17
	Урожайність при впровадженні розробки, т/га: 1,63
	Економічний ефект від впровадження: чистий прибуток – 5,1 тис грн./га; рентабельність – 53,1%.
	Інші показники, (підвищення якості продукції, економія енергоресурсів, трудових витрат та ін.): Спостерігалася зменшення виробничих витрат на 4,5%. Зменшилися витрати на післязбиральну доробку насіння.

Не є фінансовим документом

Представник господарства:

Голова СФГ «Роза ветров»

(посл. ім'я, по батькові, підпис)




Представник автора розробки:
Доцент кафедри землеробства ДВНЗ
«Херсонський державний аграрний університет»,
кандидат с.-г.наук, доцент
Рудік Олександр Леонідович

(підпис)

Акт впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організація) Рудік Олександр Леонідович
(ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»)

Назва розробки: Агроекологічне обґрунтування і розробка технологій
вирощування та переробки льону олійного (межеумку) на
зрошуваних землях півдня України

Коротка характеристика розробки	Результати впровадження
Впродовж 2016-2017 рр. в Державному підприємстві «Дослідне господарство «Асканійське» Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства (Каховський р-н Херсонської обл.) були впроваджені елементи технології вирощування льону олійного, що розроблені кандидатом с.-г. наук, доцентом О. Л. Рудіком. Згідно рекомендацій автора розробки використовували наступні елементи технології вирощування культури: висівали сорти Орфей, Айсберг, ВНИИМК 620 та Лірина, вносили мінеральні добрива у дозі N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ , сівбу проводили з міжряддям 15 см та нормою висіву 8 млн шт./га, формували режим зрошення з передполивним рівнем вологості в 0,7 м шарі ґрунту на рівні 65-70% від НВ, збиральні роботи здійснювати після десикації посівів у фазу жовтої стиглості препаратами Баста (2 л/га) та Раундап (3 л/га)	Площа, га: 75
	Урожай на контролі, т/га: 1,36
	Урожай при впровадженні розробки, т/га: 1,75-1,89
	Економічний ефект від впровадження: чистий прибуток 6152-6831 грн/га; рентабельність 92,7-123,5%
	Інші показники, (підвищення якості продукції, економія енергоресурсів, трудових витрат та ін.): при формуванні технологічних схем переробки та використання соломи, за її вартості 900-1200 грн/т додаткові витрати на зрошення, удобрення та інші агресурси дозволили підвищити цінність соломи як сировини «Зеленої індустрії» та підвищити окупність витрат агресурсів на 16,8-23,7%

Представник господарства:

В.О. директора ДП «ДГ «Асканійське» АДСДС ТЗЗ
кандидат сільськогосподарських наук
Найдьонов Віктор Григорович

(посада, ім'я, по батькові, підпис)

Представник автора розробки:

Доцент кафедри землеробства ДВНЗ
«Херсонський державний аграрний університет»,
кандидат сільськогосподарських
наук, доцент Рудік Олександр Леонідович

(посада, ім'я, по батькові, підпис)



Акт впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організація) Рудік Олександр Леонідович
(ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»)

Назва розробки: Агроекологічне обґрунтування і розробка технологій
виращування та переробки льону олійного (межуємуку) в
неполивних умовах півдня України

Коротка характеристика розробки	Результати впровадження
Впродовж 2016-2017 рр. в Державному підприємстві «Дослідне господарство «Асканійське» Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства (Каховський р-н Херсонської обл.) були впроваджені елементи технології виращування льону олійного, що розроблені кандидатом с.-г. наук, доцентом О. Л. Рудіком. Згідно рекомендацій автора розробки використовували наступні елементи технології виращування культури: висівали сорти Айсберг, ВНИИМК 620 та Орфей, мінеральні добрива вносили у дозі N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ , сівбу проводили при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості із міжряддями 15 см з нормою висіву 6 млн шт./га, збиральні роботи здійснювати після десикації посівів у фазу жовтої стиглості препаратами Баста (2 л/га) та Раундап (3 л/га)	Площа, га: 38
	Урожайність на контролі, т/га: 1,12
	Урожайність при впровадженні розробки, т/га: 1,42-1,47
	Економічний ефект від впровадження: чистий прибуток – 5832-6188 грн./га; рентабельність – 53,5-68,4%.
	Інші показники, (підвищення якості продукції, економія енергоресурсів, трудових витрат та ін.): застосування розробки сприяло зменшенню виробничих витрат та добрив на 10,2-19,8%

Не є фінансовим документом

Представник господарства:

В.О. директора ДП «ДГ «Асканійське» АДСЛС ІЗЗНААН

кандидат сільськогосподарських наук

Найдьонов Віктор Григорович

(посада, ім'я, по батькові, підпис)

Представник автора розробки:

Доцент кафедри землеробства ДВНЗ

«Херсонський державний аграрний університет»

кандидат сільськогосподарських

наук, доцент Рудік Олександр Леонідович

(посада, ім'я, по батькові, підпис)



**Акт
впровадження науково-технічної розробки**

автор розробки Рудік Олександр Леонідович
(ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»)
(організація)

Назва розробки: Адаптивна технологія вирощування льону олійного в
неполивних умовах півдня України

Коротка характеристика розробки	Результати впровадження
Впродовж 2017-2018 рр. в ФГ «Нива» (Снігурівського р-ну, Миколаївської обл.) була впроваджена розроблена автором технологія вирощування льону олійного. Згідно рекомендацій проводили внесення мінеральних добрив N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ , основний обробіток проводили на 20-22 см, висівали сорт Айсберг. Сівбу проводили при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості із міжряддями 15 см з нормою висіву 6 млн шт./га. Проводилася передзбиральна десикація Раундап (3 л/га)	Площа, га: 51
	Урожайність на контролі, т/га: насіння 1,03 соломи 1,31
	Урожайність при впровадженні розробки, т/га: насіння 1,27 соломи 1,74
	Економічний ефект від впровадження: чистий прибуток – 3,3 тис грн./га; рентабельність – 48,4%.
	Інші показники, (підвищення якості продукції, економія енергоресурсів, трудових витрат та ін.): Спостерігалася економія насіннєвого матеріалу на 12,5%, зменшення виробничих витрат на 6,8%. Покращилися умови збирання та якість насіння.

Не є фінансовим документом

Представник господарства:

Голова ФГ «Нива»
Єрмолаєв Олександр Іванович

(посада, ім'я, по батькові, підпис)



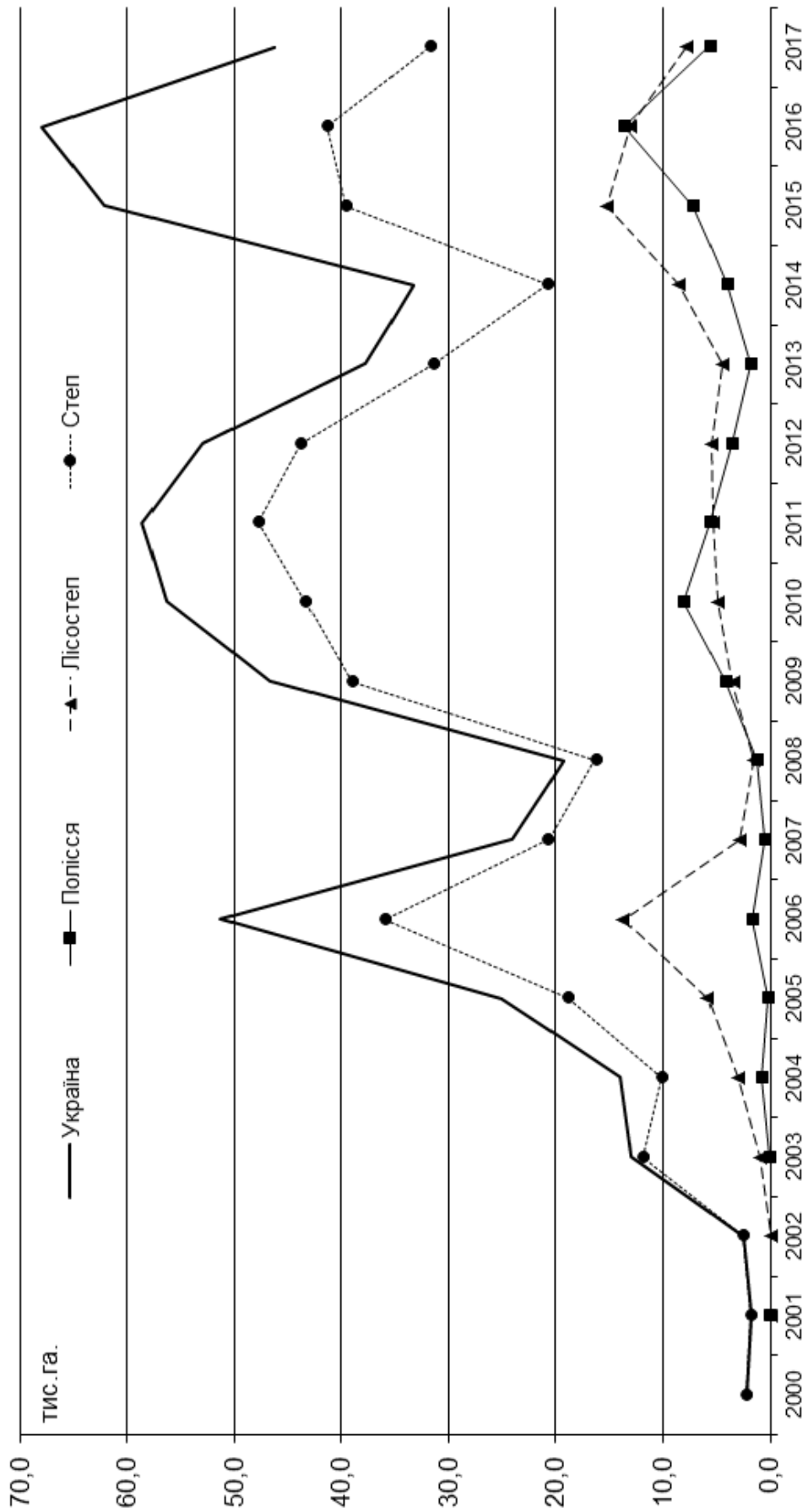
Представник розробника:

Доцент кафедри землеробства ДВНЗ
«Херсонський державний аграрний університет»,
кандидат с.-г. наук, доцент
Рудік Олександр Леонідович

(підпис)

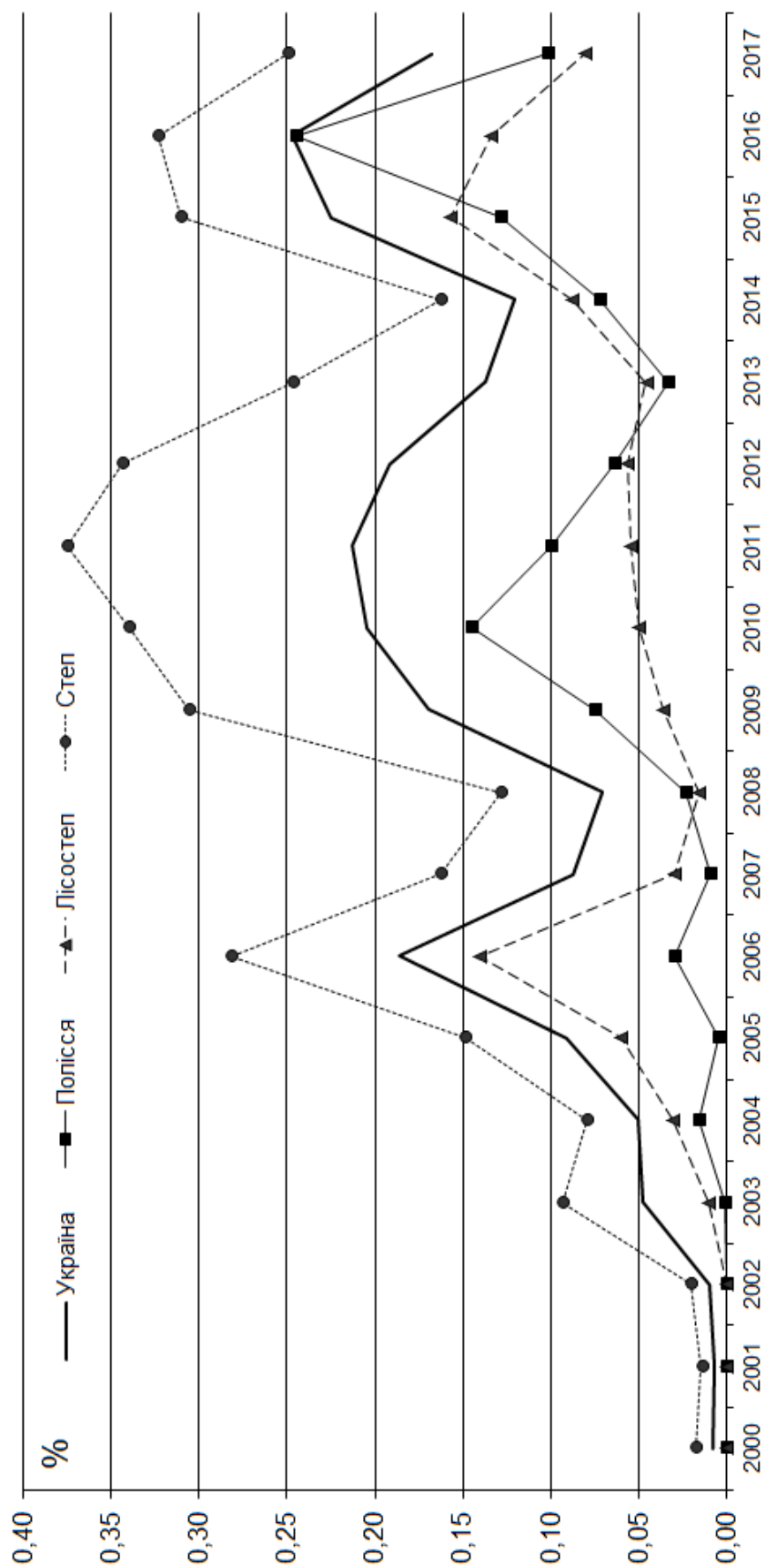
Додаток Б. 1

Збір на площа льону олійного в Україні, тис. га.
(за даними Державної служби статистики України)

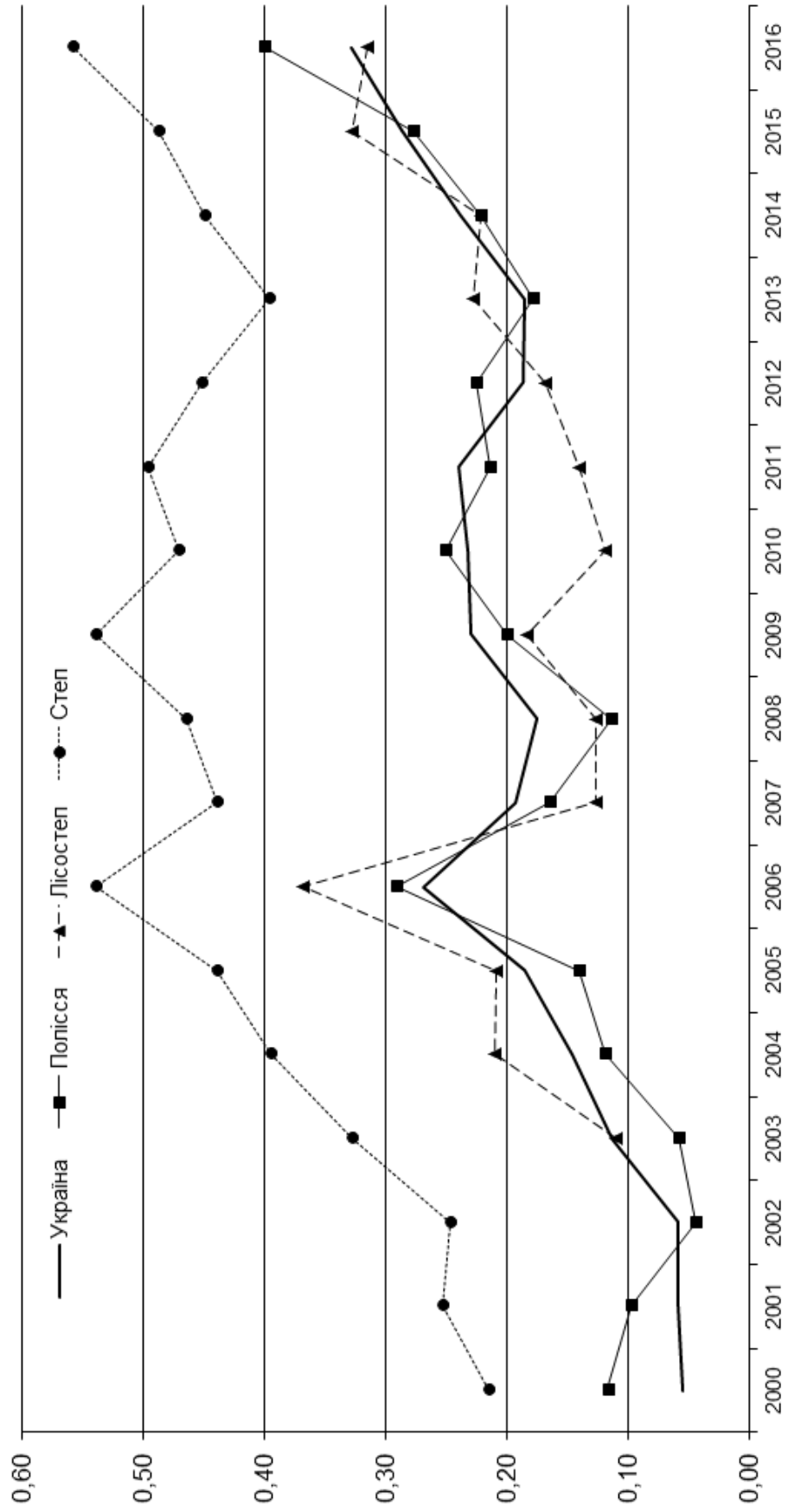


Додаток Б. 2

Частка льону олійного в структурі посівних площ в окремих кліматичних зонах України, %
(за даними Державної служби статистики України)

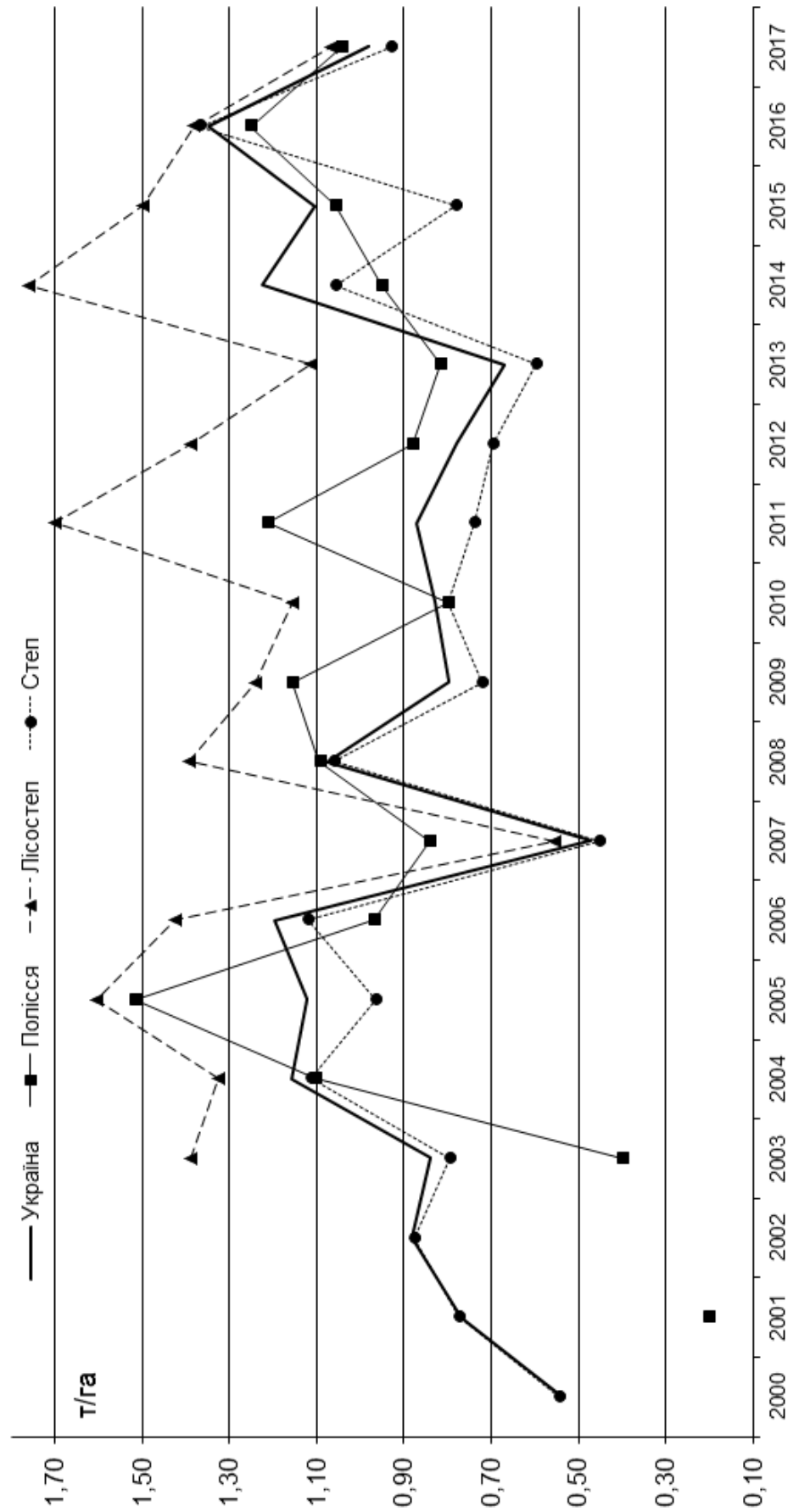


Додаток Б. 3
Коефіцієнт наявності посівів льону олійного в адміністративних одиницях кліматичних зон України
 (за даними Державної служби статистики України)



Додаток Б. 4

Динаміка урожайності льону олійного в кліматичних зонах України, т/га.
(за даними Державної служби статистики України)



Додаток Б. 5

Погодні умови в період досліджень за даними метеостанції Асканія-Нова



Роки	Місяць												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Температура повітря, °С.												
2009	-2,0	2,2	4,1	9,2	15,5	22,6	25,0	22,1	18,1	12,3	6,8	0,8	11,4
2010	-3,3	-0,9	3,1	10,2	17,1	22,6	24,7	26,1	17,8	7,8	9,8	2,0	11,4
2011	-2,7	-3,4	2,3	9,1	15,9	21,6	25,1	22,2	18,3	9,6	1,3	3,6	10,2
2012	-1,7	-7,0	2,3	13,0	20,0	23,1	26,2	23,8	18,8	14,5	6,6	-0,5	11,6
2013	0,3	2,4	3,3	11,4	20,0	22,9	23,6	24,4	15,0	8,8	6,9	0,2	11,6
2014	-1,6	-0,1	6,6	10,4	18,	20,5	25,1	24,4	18,2	8,7	2,7	0,5	11,1
2015	-0,3	0,8	5,0	9,0	16,7	21,3	23,3	24,3	20,8	9,2	7,2	2,4	11,6
2016	-3,2	3,8	6,1	12,2	16,0	17,4	23,6	23,2	18,9	5,5	4,1	-1,7	10,5
2017	-3,7	-0,8	6,7	8,5	15,9	22,0	23,4	25,2	19,4	11,0	5,4	5,7	11,6
2018	-0,6	-0,3	1,8	12,8	18,9	22,4	24,3	25,0	18,7	12,9	2,9	0,8	11,6
Багаторічне	-1,4	-0,9	3,3	9,7	15,4	20,1	23,3	22,2	16,5	10,1	3,7	-0,6	10,1
	Опади, мм												
2009	25	31	28	0	42	35	16	20	53	15	45	53	363
2010	69	82	18	8	21	102	71	0	63	65	31	50	580
2011	33	7	10	33	19	49	6	201	14	14	2	18	406
2012	33	7	24	21	55	31	23	57	2	12	8	21	294
2013	31	19	40	4	7	45	88	20	29	56	5	2	346
2014	37	6	25	11	27	144	0	87	74	69	26	63	569
2015	36	47	77	40	52	41	62	19	5	25	47	7	458
2016	60	27	21	52	96	85	15	26	9	2	28	12	433
2017	14	22	10	82	26	8	7	24	1	11	41	29	275
2018	24	47	35	3	19	11	37	0	20	10	31	56	293
Багаторічне	25	27	28	36	38	59	38	36	36	27	37	34	421
	Відносна вологість повітря, %												
2009	88	85	77	55	70	57	56	51	61	79	89	89	71
2010	88	88	74	64	70	71	71	52	65	81	86	87	75
2011	88	71	67	65	70	62	59	57	59	71	73	88	69
2012	86	81	73	68	64	58	49	54	62	73	82	85	69
2013	92	83	77	65	57	59	57	51	71	84	84	82	72
2014	83	87	69	67	68	64	49	50	56	73	85	88	70
2015	89	81	74	71	66	67	65	50	62	64	81	83	71
2016	86	82	76	70	73	73	60	65	64	77	86	86	70
2017	84	82	74	73	62	54	56	49	63	77	86	87	71
2018	85	84	82	61	60	53	64	44	60	65	80	87	69
Багаторічне	87	82	79	73	67	68	61	62	70	76	83	86	



Додаток Б. 6

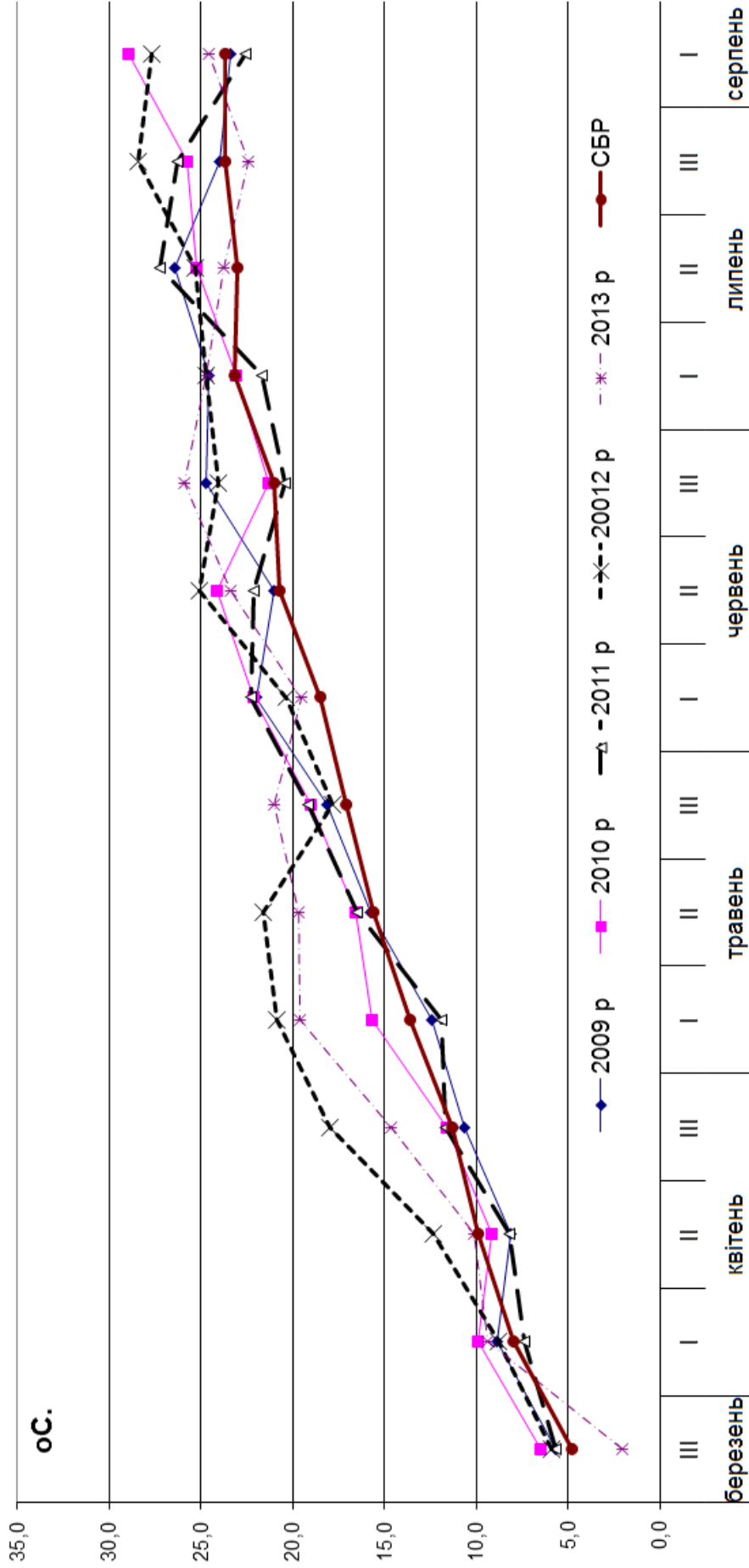
Показники посушливості за період 2009-2013 рр. за даними метеостанції

Асканія Нова

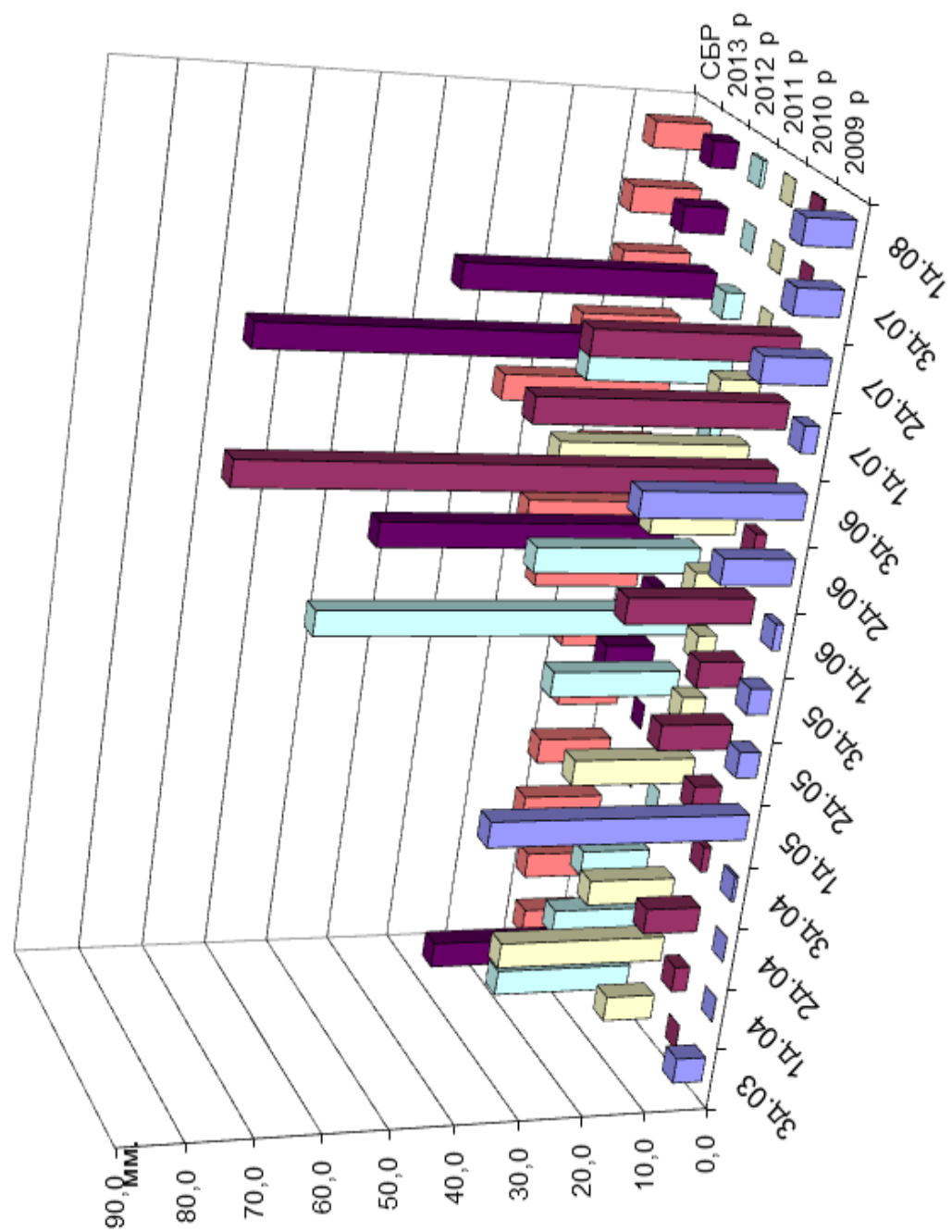
Роки	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова												
2009	-	-	-	0,03	1,00	0,56	0,26	0,29	0,97	-	-	-
2010	-	-	-	0,69	0,43	1,52	0,92	0,00	1,16	-	-	-
2011	-	-	-	3,15	0,55	0,75	0,08	0,31	0,24	-	-	-
2012	-	-	-	0,78	1,28	0,89	0,32	1,32	0,05	-	-	-
2013	-	-	-	0,19	0,16	0,81	1,60	0,44	0,98	-	-	-
Коефіцієнт зволоження М.М. Іванова												
2009	2,17	1,63	0,79	0,01	0,53	0,21	0,10	0,10	0,40	0,29	2,22	4,79
2010	6,85	6,56	0,46	0,15	0,24	0,87	0,55	0,00	0,54	1,89	1,14	2,98
2011	2,98	0,31	0,21	0,55	0,29	0,33	0,03	0,12	0,10	0,23	0,07	1,32
2012	3,61	1,04	0,86	0,30	0,61	0,35	0,11	0,49	0,02	0,25	0,43	1,89
2013	9,86	1,30	1,88	0,06	0,06	0,33	0,64	0,15	0,50	2,53	0,27	0,10
Водно - термічний коефіцієнт В.П. Дмитренка												
2009	0,44	1,17	0,90	0,01	1,26	1,44	0,84	0,70	1,62	0,38	1,19	1,53
2010	0,75	3,21	0,55	0,31	0,65	3,90	2,94	0,01	1,89	1,75	0,88	1,38
2011	0,63	0,12	0,29	1,02	0,72	1,76	0,27	0,78	0,42	0,35	0,08	0,76
2012	0,79	0,07	0,94	0,65	2,58	2,44	1,17	3,86	0,09	0,50	0,38	0,52
2013	2,85	1,45	1,78	0,12	0,33	2,18	4,57	1,35	1,13	2,04	0,21	0,09

Додаток Б. 7

Динаміка температури повітря впродовж періоду вегетації льону олійного, °С.



Надходження опадів впродовж періоду вегетації льону олійного, мм.



Сонячна радіація та транспірація в роки досліджень

Місяці	2014		2015		2016		2017		2018	
	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.
I	3,9	1,48	4,0	1,27	4,6	1,46	4,3	0,77	3,7	1,44
II	6,1	1,44	7,1	1,71	6,5	2,03	5,1	1,40	8,2	1,43
III	10,8	2,87	10,5	2,16	9,4	2,12	9,2	2,23	8,6	2,37
IV	14,0	3,48	16,1	3,31	15,1	3,61	19,0	3,88	15,0	3,72
V	16,6	4,33	17,9	4,57	17,4	3,56	18,2	4,27	18,6	5,01
VI	17,3	5,45	20,6	5,27	20,9	4,33	21,0	5,64	19,8	6,13
VII	20,8	6,29	22,7	6,09	23,5	5,10	20,0	6,01	22,7	6,05
VIII	19,0	6,04	20,2	6,68	18,9	5,53	20,3	6,69	21,7	6,09
IX	15,2	4,56	16,4	5,29	15,6	4,01	15,1	4,79	13,3	4,44
X	9,8	2,71	9,0	3,13	8,3	2,53	7,5	2,39	8,9	2,86
XI	4,7	1,32	4,7	1,75	4,5	1,94	4,1	1,50	4,5	1,30
XII	3,5	1,35	4,3	1,43	3,9	1,01	3,0	1,22	3,6	0,67
Серед.	11,8	3,44	12,8	3,55	12,4	3,10	12,2	3,40	12,4	3,46

Додаток В.1
Водоспоживання посівів льону олійного та його складові у роки досліджень, мм

Фон живлення	Без зрошення			При зрошенні			зрошувана норма
	сумарне водоспоживання	грунтова волога	корисні опади	сумарне водоспоживання	грунтова волога	корисні опади	
2009 рік							
Без добрив	147,9	120,0	27,9	258,0	110,1	27,9	120,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	148,6	120,7	27,9	261,2	113,3	27,9	120,0
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	151,4	123,4	27,9	265,9	118,0	27,9	120,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	152,3	124,4	27,9	268,0	120,1	27,9	120,0
2010 рік							
Без добрив	208,4	127,2	81,2	299,1	137,9	81,2	80,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	209,0	127,8	81,2	300,3	139,1	81,2	80,0
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	211,2	130,0	81,2	303,0	141,8	81,2	80,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	212,0	130,8	81,2	304,4	143,2	81,2	80,0
2011 рік							
Без добрив	153,2	116,8	36,4	226,4	110,0	36,4	80,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	153,8	117,4	36,4	227,9	111,5	36,4	80,0
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	156,4	120,0	36,4	231,4	115,0	36,4	80,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	157,1	120,7	36,4	232,8	116,4	36,4	80,0
2012 рік							
Без добрив	140,3	45,8	94,5	247,4	32,9	94,5	120,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	141,1	46,6	94,5	250,1	35,6	94,5	120,0
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	143,7	49,2	94,5	253,8	39,3	94,5	120,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	144,6	50,1	94,5	253,2	38,7	94,5	120,0
2013 рік							
Без добрив	101,7	29,8	71,9	239,2	33,4	85,9	120,0
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	103,9	32,1	71,9	243,1	37,2	85,9	120,0
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	106,9	35,1	71,9	246,9	41,1	85,9	120,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	108,2	36,3	71,9	249,1	43,2	85,9	120,0

Додаток В.2

Вміст сухих речовин в органах льону олійного залежно від елементів технології вирощування, %

Фон мінерального живлення (В)	Ширина міжряддя, см (С)	Фази онтогенезу та органи рослини (D)												
		алинка			бутонізація			цвітіння			зелена стиглість			
		листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	коробочки
Без зрошення (А)														
Без добрив	15	16,1	14,8	16,5	17,4	16,0	22,6	18,9	22,7	32,1	34,3			
	45	16,2	14,9	17,9	19,6	17,5	21,3	19,8	25,0	34,3	35,9			
N ₄₅ P ₃₀ K ₅₀	15	16,2	14,9	16,9	18,0	16,4	23,4	19,6	23,1	32,6	34,9			
	45	16,2	14,8	18,0	19,8	18,0	21,9	20,6	25,4	34,9	36,7			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	16,3	14,8	16,8	18,3	16,9	24,2	20,4	23,4	33,1	35,1			
	45	16,2	14,9	18,2	20,2	18,5	22,8	21,4	25,8	35,4	37,8			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	16,2	14,9	16,9	18,7	17,1	24,7	20,9	23,8	33,6	35,9			
	45	16,0	14,7	18,3	20,3	19,5	24,4	23,0	26,2	35,9	38,1			
При зрошенні														
Без добрив	15	16,3	14,9	14,1	14,8	15,9	21,4	18,6	19,8	29,1	31,9			
	45	16,3	15,0	15,1	15,6	17,1	22,6	19,2	21,4	30,8	33,5			
N ₄₅ P ₃₀ K ₅₀	15	16,3	14,9	13,8	14,5	15,5	21,0	19,2	19,3	28,2	31,7			
	45	16,3	14,9	14,8	15,0	16,8	22,4	19,9	20,8	29,8	33,5			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	16,2	14,8	13,6	14,3	15,2	20,6	19,7	18,9	27,6	31,2			
	45	16,2	14,8	14,5	15,0	16,4	21,8	20,3	20,2	29,1	33,2			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	16,3	14,9	13,3	14,0	14,9	20,2	20,4	18,6	27,2	31,8			
	45	16,3	14,9	14,2	14,7	16,2	21,6	21,3	19,6	28,3	33,0			
НІР ₀₅ , %: А - 0,07; В - 0,10; С - 0,07; D - 0,16; ABCD-0,72														

Додаток В.3

Накопичення сухих речовин в окремих органах льону олійного продовж активної вегетації, т/га

Фон мінерального живлення (В)	Ширина міжряддя, см (С)	Фази онтогенезу та органи рослини (D)												
		ялінка			бутонізація			цвітіння			зелена стиглість			
		листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	коробочки		
Без зрошення (А)														
Без добрив	15	0,05	0,02	0,50	0,41	0,64	1,41	0,55	0,49	1,67	1,93			
	45	0,05	0,02	0,37	0,32	0,56	0,97	0,44	0,41	1,24	1,50			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,05	0,02	0,55	0,46	0,76	1,69	0,58	0,61	2,05	2,32			
	45	0,05	0,02	0,44	0,37	0,69	1,22	0,48	0,49	1,55	1,76			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,05	0,02	0,59	0,49	0,83	1,84	0,59	0,67	2,30	2,44			
	45	0,05	0,02	0,46	0,40	0,74	1,36	0,52	0,54	1,71	1,88			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,05	0,02	0,62	0,50	0,86	1,97	0,59	0,69	2,41	2,54			
	45	0,05	0,02	0,49	0,42	0,78	1,45	0,50	0,57	1,83	1,94			
При зрошенні														
Без добрив	15	0,05	0,02	0,56	0,42	0,89	1,84	0,63	0,64	2,24	2,45			
	45	0,05	0,02	0,44	0,33	0,74	1,42	0,48	0,53	1,72	1,96			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,05	0,02	0,65	0,47	1,06	2,20	0,61	0,82	2,79	2,78			
	45	0,05	0,02	0,54	0,40	0,92	1,76	0,50	0,69	2,15	2,20			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,05	0,02	0,68	0,52	1,17	2,43	0,57	0,92	3,11	2,79			
	45	0,05	0,02	0,58	0,43	1,03	1,96	0,47	0,77	2,41	2,21			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,05	0,02	0,74	0,54	1,23	2,59	0,57	0,98	3,27	2,90			
	45	0,05	0,02	0,63	0,46	1,11	2,12	0,45	0,80	2,55	2,28			
NIP _{0,5} , т/га: А - 0,01; В - 0,01; С - 0,01; D - 0,02; ABCD - 0,09														

Додаток В.4

Розподіл сухих речовин по окремих органах льону олійного залежно від елементів технології вирощування, %

Фон мінерального живлення (В)	Ширина міжряддя, см (С)	Фази онтогенезу та органи рослини (D)											
		ялінка			бутонізація			цвітіння			зелена стиглість		
		листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	бутони	листя	стебла	коробочки
Без зрошення (А)													
Без добрив	15	74,6	25,4	54,6	45,4	24,8	54,2	21,0	12,1	40,8	47,1		
	45	74,5	25,5	53,8	46,2	28,4	49,4	22,2	13,0	39,4	47,6		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	74,5	25,5	54,8	45,2	25,1	55,8	19,1	12,3	41,1	46,6		
	45	74,5	25,5	54,3	45,7	28,8	50,9	20,3	13,0	40,7	46,3		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	74,0	26,0	55,1	44,9	25,4	56,5	18,0	12,3	42,6	45,1		
	45	73,9	26,1	54,1	45,9	28,2	52,1	19,8	13,1	41,4	45,4		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	75,4	24,6	55,0	45,0	25,2	57,5	17,3	12,3	42,7	45,0		
	45	74,0	26,0	53,6	46,4	28,4	53,2	18,4	13,1	42,2	44,7		
При зрошенні													
Без добрив	15	74,7	25,3	56,7	43,3	26,6	54,7	18,7	12,1	42,0	45,9		
	45	74,5	25,5	57,5	42,5	27,9	53,9	18,2	12,6	40,9	46,6		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	75,2	24,8	58,0	42,0	27,4	56,9	15,7	12,9	43,6	43,5		
	45	75,8	24,2	57,8	42,2	29,0	55,3	15,7	13,6	42,7	43,6		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	74,8	25,2	56,6	43,4	28,0	58,2	13,8	13,5	45,6	40,9		
	45	73,8	26,2	57,6	42,4	29,8	56,6	13,6	14,2	44,8	41,0		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	74,6	25,4	57,8	42,2	28,1	58,9	13,0	13,7	45,7	40,6		
	45	75,6	24,4	58,2	41,8	30,2	57,7	12,1	14,2	45,3	40,5		

Додаток В.6

Структура розподілу елементів живлення в органах льону олійного на час збирання, %
(середнє за 2011-2013 рр.)

Фон мінерального живлення	Ширина міжряддя, см	Органи рослини										
		насіння			стебла			листя, коробочки				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅
Без зрошення												
Без добрив	15	56,6	60,1	19,2	22,5	9,3	49,7	20,9	30,5	31,1		
	45	56,0	58,6	18,5	22,1	9,0	48,1	21,9	32,4	33,5		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	57,1	60,7	19,6	21,6	9,6	49,4	21,3	29,7	31,0		
	45	56,1	59,2	19,1	22,5	9,7	48,6	21,4	31,1	32,3		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	56,0	60,5	19,1	22,1	9,4	49,1	21,9	30,1	31,8		
	45	55,7	59,9	18,7	22,8	9,4	48,8	21,5	30,7	32,4		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	57,1	59,9	19,4	21,9	10,0	47,9	21,0	30,1	32,7		
	45	56,0	58,7	18,5	22,7	10,0	48,9	21,4	31,3	32,6		
При зрошенні												
Без добрив	15	55,3	59,3	17,7	24,1	10,1	51,2	20,5	30,6	31,1		
	45	56,1	59,9	18,4	22,4	9,5	49,7	21,5	30,6	31,9		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	55,8	59,8	18,3	23,3	9,9	50,8	20,9	30,3	30,9		
	45	56,6	60,1	18,6	22,3	9,2	51,0	21,1	30,7	30,4		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	56,9	60,3	18,6	22,2	10,3	50,0	20,9	29,4	31,3		
	45	56,9	60,8	19,8	21,8	9,5	48,3	21,3	29,7	32,0		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	57,7	60,1	18,5	22,3	10,5	50,2	20,1	29,4	31,3		
	45	58,3	59,5	19,1	21,0	10,1	48,8	20,7	30,4	32,1		

Додаток В.7
Винос елементів живлення господарсько-придатною продукцією льону олійного, кг/га (середнє за 2009-2013 рр.)

Фон мінерального живлення	Шириня міжряддя, см	Норма висіву, млн шт./га	Органи рослини													
			насіння						солома						всього	
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Без зрошення																
Без добрив	15	5	31,2	17,9	6,40	12,2	2,75	16,3	43,4	20,7	22,7					
		6	33,8	19,4	6,94	12,7	2,85	16,9	46,5	22,3	23,9					
		7	32,4	18,6	6,64	12,4	2,78	16,5	44,8	21,4	23,2					
	45	5	30,3	17,4	6,41	10,4	2,32	14,5	40,7	19,7	20,9					
		6	29,7	17,0	6,28	10,0	2,25	14,0	39,7	19,3	20,3					
		7	28,4	16,3	6,01	9,6	2,14	13,3	38,0	18,4	19,3					
		5	41,7	23,7	9,09	14,7	3,51	21,3	56,4	27,2	30,4					
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	6	44,8	25,4	9,76	15,5	3,70	22,5	60,3	29,1	32,3					
		7	43,0	24,4	9,36	15,4	3,67	22,3	58,3	28,0	31,7					
		5	39,7	22,7	8,86	13,1	3,06	18,6	52,8	25,7	27,5					
	45	6	38,7	22,1	8,65	12,8	2,98	18,1	51,5	25,1	26,8					
		7	37,8	21,6	8,43	12,3	2,86	17,4	50,0	24,4	25,8					
		5	46,5	26,6	10,20	16,9	3,79	24,1	63,3	30,3	34,3					
		6	50,3	28,7	11,04	18,0	4,04	25,7	68,3	32,8	36,8					
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	7	48,1	27,5	10,55	17,6	3,95	25,1	65,7	31,4	35,7					
		5	44,4	25,2	9,86	15,1	3,26	21,2	59,5	28,4	31,1					
		6	43,7	24,8	9,71	14,8	3,20	20,8	58,5	28,0	30,6					
	45	7	42,1	23,8	9,34	14,3	3,10	20,2	56,4	26,9	29,5					
		5	52,8	28,2	11,09	19,0	4,40	25,6	71,8	32,6	36,7					
		6	56,6	30,2	11,88	19,5	4,51	26,3	76,0	34,7	38,1					
		7	54,2	28,9	11,38	19,0	4,42	25,7	73,2	33,4	37,1					
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	5	49,1	27,4	10,55	16,5	3,87	23,1	65,6	31,2	33,6					
		6	47,7	26,6	10,24	16,2	3,81	22,7	63,9	30,4	32,9					
		7	46,6	26,0	10,01	15,4	3,63	21,6	62,1	29,6	31,6					

Додаток В.8

Динаміка висоти рослин льону залежно від елементів технології вирощування, см
(середнє за 2011-2013 рр.)

Фон живлення (фактор В)	Днів від фази повних сходів (фактор С)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Без зрошення (фактор А)												
Без добрив	0,90	3,25	8,26	12,4	16,8	27,5	34,5	38,4	40,8	42,4	43,2	43,5
N ₄₅ P ₃₀ K ₆₀	0,91	3,25	8,54	12,8	17,7	28,9	36,3	40,3	42,8	44,3	45,1	45,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,91	3,26	8,50	12,9	17,9	29,2	36,6	40,7	43,1	44,8	45,6	45,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,98	3,45	8,74	13,2	18,3	29,8	37,3	41,4	43,8	45,5	46,3	46,7
При зрошенні												
Без добрив	0,87	3,30	8,35	12,4	17,5	28,3	36,0	41,7	45,3	47,5	48,5	48,9
N ₄₅ P ₃₀ K ₆₀	0,94	3,30	8,37	12,7	18,0	29,8	38,5	44,6	48,4	50,6	51,8	52,5
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,97	3,36	8,56	13,0	18,3	30,2	38,9	45,0	48,9	51,1	52,4	53,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,98	3,42	8,75	13,2	18,7	31,1	40,0	46,3	50,2	52,5	53,8	54,5

НІР₀₅, см: А – 0,31; В – 0,45; С – 1,07

Додаток В.9

Швидкість лінійного росту рослин льону залежно від елементів технології вирощування, мм/добу
(середнє за 2011-2013 рр.)

Фон живлення	Днів від фази повних сходів											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	Без зрошення											
Без добрив	1,8	4,7	10,0	8,2	8,9	21,4	13,9	7,8	4,9	3,2	1,6	0,6
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,8	4,7	10,6	8,6	9,7	22,4	14,8	8,2	4,8	3,0	1,7	0,3
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,8	4,7	10,5	8,7	10,0	22,6	14,8	8,4	4,8	3,3	1,6	0,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,0	4,9	10,6	8,9	10,3	23,0	15,0	8,0	4,9	3,5	1,5	0,9
	При зрошенні											
Без добрив	1,7	4,9	10,1	8,2	10,0	21,6	15,4	11,5	7,2	4,4	2,2	0,8
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,9	4,7	10,1	8,6	10,8	23,6	17,3	12,1	7,6	4,4	2,4	1,4
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,9	4,8	10,4	8,8	10,7	23,8	17,4	12,1	7,8	4,6	2,5	1,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,0	4,9	10,7	8,9	11,1	24,8	17,9	12,6	7,7	4,6	2,7	1,4

Додаток В.10

Вплив технології вирощування льону олійного на складові структури урожаю насіння

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см			45 см				15 см			45 см				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Загальна кількість коробочок на рослині, шт.															
Без добрив	8,73	8,67	7,20	8,84	7,68	6,88	10,5	9,57	8,67	10,1	9,08	8,19			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	10,7	10,3	8,29	10,0	8,72	8,13	11,9	10,9	9,83	11,6	10,2	9,39			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	10,6	9,82	9,04	10,5	8,93	8,13	12,1	10,9	10,2	11,7	9,99	9,33			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	10,6	9,91	8,70	10,3	8,90	8,18	12,1	11,0	10,2	11,5	10,1	9,88			
НІР ₀₅	А - 0,15-0,17; В - 0,21-0,24; С - 0,15-0,17; D - 0,18-0,21; АВСD - 0,73-0,84														
Середня кількість насіння в коробочці, шт.															
Без добрив	6,67	6,32	6,00	6,36	6,08	5,66	6,77	6,62	6,34	6,80	6,44	6,03			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,71	6,52	6,37	6,46	6,21	5,87	7,13	6,87	6,63	6,95	6,71	6,34			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,92	6,71	6,46	6,78	6,44	6,03	7,26	7,13	6,80	7,24	6,92	6,45			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	7,23	6,78	6,58	6,83	6,74	6,10	7,55	7,25	6,91	7,33	7,01	6,52			
НІР ₀₅	А - 0,05-0,07; В - 0,07-0,10; С - 0,05-0,08; D - 0,06-0,08; АВСD - 0,23-0,34														
Маса 1000 насіння, г															
Без добрив	6,46	6,33	6,32	6,38	6,32	6,19	6,77	6,77	6,71	6,62	6,58	6,51			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,59	6,41	6,41	6,46	6,39	6,29	6,99	6,93	6,82	6,83	6,80	6,60			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,68	6,62	6,55	6,52	6,54	6,53	7,06	7,03	7,06	7,00	6,93	6,81			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,76	6,72	6,62	6,67	6,57	6,54	7,18	7,18	7,08	7,09	7,08	6,88			
НІР ₀₅	А - 0,05-0,06; В - 0,07-0,08; С - 0,05-0,06; D - 0,06-0,07; АВСD - 0,25-0,29														

Додаток В.11

Вплив технології вирощування на елементи індивідуальної продуктивності рослин льону олійного

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см			45 см				15 см			45 см				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Передзбиральна густина рослин, шт./м²															
Без добрив	294	350	417	283	339	391	311	372	428	308	355	422			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	301	351	424	296	362	415	319	381	446	312	372	435			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	312	379	430	298	362	426	323	388	454	318	383	444			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	315	375	434	298	364	419	327	385	445	332	388	434			
Кількість насіння із однієї рослини, шт.															
Без добрив	58,2	54,8	43,2	56,2	46,7	38,9	71,4	63,3	54,9	68,9	58,5	49,4			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	71,5	67,1	52,8	64,8	54,1	47,7	84,7	74,5	65,2	80,3	68,2	59,5			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	73,3	65,9	58,4	70,8	57,5	49,0	87,9	77,7	69,1	84,6	69,1	60,2			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	76,9	67,2	57,2	70,6	60,0	49,9	91,5	79,6	70,4	83,9	71,1	64,4			
Маса насіння з однієї рослини, г															
Без добрив	0,38	0,35	0,27	0,36	0,30	0,24	0,48	0,43	0,37	0,46	0,38	0,32			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,47	0,43	0,34	0,42	0,35	0,30	0,59	0,52	0,45	0,55	0,46	0,39			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,49	0,44	0,38	0,46	0,38	0,32	0,62	0,55	0,49	0,59	0,48	0,41			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,52	0,45	0,38	0,47	0,39	0,33	0,66	0,57	0,50	0,60	0,50	0,44			

Додаток В.12

Колівання урожайності насіння льону олійного під впливом заходів його вирощування (середнє за 2009-2013 рр.)

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га при зрошенні														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см			45 см				15 см			45 см				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Без добрив										0,38	0,36	0,43	0,37	0,35	0,38
N ₄₅ P ₃₀ K ₅₀										0,44	0,43	0,53	0,42	0,42	0,44
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅										0,48	0,45	0,57	0,46	0,44	0,46
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀										0,49	0,45	0,58	0,51	0,5	0,53
N ₄₅ P ₃₀ K ₅₀	0,29	0,3	0,29	0,26	0,25	0,26	0,35	0,37	0,39	0,14	0,14	0,15	0,13	0,12	0,1
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,1	0,12	0,11	0,09	0,1	0,08	0,14	0,14	0,15	0,1	0,08	0,09	0,11	0,1	0,13
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,09	0,08	0,08	0,06	0,04	0,06	0,1	0,08	0,09						
Без добрив				-0,09	-0,2	-0,19							-0,1	-0,21	-0,24
N ₄₅ P ₃₀ K ₅₀				-0,12	-0,25	-0,22							-0,14	-0,26	-0,31
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅				-0,13	-0,27	-0,25							-0,15	-0,28	-0,36
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀				-0,16	-0,31	-0,27							-0,14	-0,26	-0,32
Без добрив		0,09	-0,05		-0,02	-0,04					0,07	0,02		-0,04	-0,01
N ₄₅ P ₃₀ K ₅₀		0,1	-0,06		-0,03	-0,03					0,09	0,04		-0,03	-0,01
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅		0,12	-0,07		-0,02	-0,05					0,09	0,05		-0,04	-0,03
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀		0,11	-0,07		-0,04	-0,03					0,07	0,06		-0,05	0
НІР ₀₅	А, С – від 0,019 до 0,031; В – від 0,028 до 0,044; D – від 0,024 до 0,038; ABCD – від 0,095 до 0,151 т/га														

Додаток В.13

Структура біологічної маси льону олійного

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см			45 см				15 см			45 см				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Частка насіння в біомасі рослин															
Без добрив	26,0	26,8	26,3	28,6	28,4	28,7	26,5	26,6	26,8	28,8	28,9	29,1			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	26,9	27,2	26,8	29,0	29,1	29,2	27,1	27,2	27,4	29,5	29,6	29,7			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	27,0	27,1	27,0	29,3	29,1	29,3	27,3	27,4	27,6	29,3	29,6	30,0			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	27,0	27,2	27,1	28,7	28,7	28,9	27,1	27,2	27,4	29,6	29,8	30,1			
Частка стебел в біомасі рослин															
Без добрив	48,2	46,9	47,7	43,1	42,9	42,9	49,7	49,3	48,9	45,3	45,3	44,8			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	46,6	46,0	46,5	42,2	42,4	41,8	49,4	49,4	49,1	45,7	45,2	45,3			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	46,3	46,1	46,3	42,0	42,1	42,0	50,0	49,5	49,3	46,5	45,8	45,5			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	46,6	46,0	46,3	42,8	43,0	42,5	50,5	50,4	50,1	46,6	46,3	45,8			
Співвідношення урожайності соломи та насіння															
Без добрив	158	151	155	129	128	128	158	156	154	131	130	129			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	148	145	150	125	124	123	150	148	148	125	124	122			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	147	145	148	123	123	124	148	146	144	125	122	120			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	150	143	146	128	128	126	150	148	147	124	121	119			

Додаток В.14
 Зміни анатомічної будови стебел льону олійного під впливом заходів вирощування, мм

Режим волого забезпечення (А)	Фон живлення (В)	Ширина міжряддя (С), см	Товщина шару, мм				покривний
			порожина	серцевина	деревина	паренхіма	
Без зрошення	Без добрив	15	0,230	0,162	0,200	0,120	0,013
		45	0,229	0,189	0,217	0,121	0,013
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,215	0,152	0,260	0,140	0,012
		45	0,212	0,170	0,279	0,144	0,013
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,211	0,160	0,253	0,157	0,012
		14	0,207	0,186	0,271	0,162	0,013
При зрошенні	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,211	0,165	0,258	0,154	0,013
		45	0,208	0,194	0,279	0,160	0,013
	Без добрив	15	0,251	0,125	0,234	0,131	0,011
		45	0,255	0,162	0,258	0,137	0,013
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,245	0,109	0,291	0,161	0,013
		45	0,249	0,144	0,323	0,170	0,013
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,245	0,128	0,307	0,163	0,013	
	14	0,249	0,166	0,343	0,175	0,014	
НІР ₀₅ для середніх ефектів	N ₉ P ₆₀ K ₆₀	15	0,242	0,145	0,315	0,168	0,013
		45	0,245	0,184	0,351	0,179	0,014
	А	0,0012	0,0018	0,0014	0,0007	0,0001	
		0,0019	0,0024	0,0022	0,0017	0,0001	
	В	0,0009	0,0021	0,002	0,001	0,0001	
С							

Додаток В.15

Площа поперечного зрізу окремих тканин стебел льону олійного за різних заходів його вирощування, мм²

Режим волого-забезпечення	Фон живлення	Ширина міжряддя, см	Площа тканини, мм ²				
			порожина	серцевина	деревина	паренхіма	покривна
Без зрошення	Без добрив	15	0,166	0,315	0,619	0,491	0,057
		45	0,164	0,384	0,718	0,530	0,064
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,145	0,277	0,812	0,613	0,058
		45	0,142	0,318	0,915	0,664	0,065
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,139	0,291	0,788	0,691	0,060
		14	0,135	0,351	0,900	0,756	0,067
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,140	0,304	0,819	0,689	0,064	
	45	0,136	0,371	0,947	0,762	0,071	
При зрошенні	Без добрив	15	0,197	0,245	0,724	0,557	0,054
		45	0,204	0,340	0,884	0,641	0,069
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	0,189	0,204	0,913	0,733	0,065
		45	0,194	0,290	1,125	0,857	0,075
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	0,188	0,248	1,015	0,779	0,072
		14	0,194	0,346	1,261	0,928	0,083
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	0,184	0,286	1,077	0,831	0,074	
	45	0,189	0,389	1,331	0,977	0,085	

Додаток В.16

Кількісна оцінка механічних тварин стебла льону олійного

Режим волого-забезпечення	Фон живлення	Ширина міжряддя, см	Показники					
			діаметр стебла, мм	кількість пучків, шт.	кількість волокон в пучку, шт.	середній переріз волокна, мкм	середній переріз порожнини волокна, мкм	товщина стінки волокна, мкм
Без зрошення	Без добрив	15	1,45	26,6	27,0	26,6	10,2	8,20
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	45	1,54	25,0	24,9	25,1	10,4	7,35
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	1,56	27,0	27,7	28,0	10,6	8,71
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	45	1,64	25,3	25,6	26,3	10,8	7,76
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	1,58	27,2	28,0	28,5	10,8	8,88
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	14	1,68	25,3	25,6	26,5	10,9	7,80
При зрошенні	Без добрив	15	1,60	27,3	28,0	29,1	10,9	9,12
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	45	1,71	25,7	25,7	27,1	11,0	8,06
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	1,50	28,5	30,1	28,7	9,50	9,61
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	45	1,65	26,9	27,3	27,1	9,70	8,70
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	15	1,64	29,2	31,3	30,7	9,95	10,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	45	1,80	27,5	28,3	28,8	10,0	9,39
НІР ₀₅ для середніх ефектів	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15	1,71	29,6	31,9	31,7	10,1	10,8
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	14	1,89	27,7	28,7	29,7	10,2	9,72
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	15	1,77	29,8	32,1	32,2	10,2	11,0
		45	1,95	27,8	29,1	30,1	10,3	9,91
		A	0,004	0,41	0,41	0,25	0,12	0,18
		B	0,008	0,53	0,41	0,42	0,1	0,22
		C	0,005	0,28	0,35	0,18	0,07	0,09

Додаток В.17

Зосередженість механічних тканин у стебла льону олійного, залежно від елементів технології вирощування культури

Режим волого-забезпечення	Фон живлення	Ширина міжряддя, см	Показники					
			кількість волокон із стебла, шт.	кількість пучків на площі паренхіми, шт./мм ²	кількість волокон на площі паренхіми, шт./мм ²	кількість пучків по довжині кола паренхіми, шт./мм	кількість волокон по довжині кола паренхіми, шт./мм	площа пучка, мм ²
Без зрошення	Без добрив	15	719	54,1	1462	5,95	161	0,018
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	45	623	47,1	1175	5,26	131	0,017
		15	747	44,0	1218	5,60	155	0,020
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	45	648	38,1	976	5,00	128	0,019
		15	762	39,4	1102	5,55	156	0,021
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	добрив	14	648	33,5	857	4,88	125
15			764	39,7	1110	5,52	154	0,021
При зрошенні	Без добрив	45	662	33,8	869	4,88	125	0,019
		15	858	51,1	1541	6,12	184	0,021
	N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	45	734	42,0	1144	5,28	144	0,019
		15	914	39,8	1247	5,76	181	0,024
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	45	778	32,1	908	4,93	140	0,021
		15	943	37,9	1210	5,58	178	0,024
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	добрив	14	794	29,8	855	4,73	136	0,022
		15	957	35,9	1151	5,45	175	0,024
		45	808	28,5	827	4,62	134	0,022

Додаток В.18

Урожайність та якість соломи льону олійного залежно від технології його вирощування

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см			45 см				15 см			45 см				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Урожайність соломи, т/га															
Без добрив	1,68	1,74	1,70	1,26	1,22	1,16	2,27	2,35	2,36	1,75	1,70	1,66			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2,00	2,11	2,09	1,53	1,49	1,43	2,68	2,78	2,83	2,07	2,01	1,96			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2,13	2,27	2,22	1,63	1,60	1,55	2,85	2,95	2,98	2,22	2,12	2,06			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,30	2,36	2,31	1,76	1,73	1,65	3,05	3,10	3,19	2,34	2,23	2,18			
НІР _{0,5}	А, С – від 0,022 до 0,037; В – від 0,0318 до 0,052; D – від 0,027 до 0,045; ABCD – від 0,108 до 0,18 т/га														
Вміст лубу, %															
Без добрив	13,2	13,4	13,6	11,8	11,4	11,1	19,6	20,0	20,1	18,5	18,2	18,0			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	14,8	15,1	15,2	13,3	13,0	12,6	21,4	21,8	22,0	20,2	19,9	19,8			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	14,5	14,8	14,9	13,1	12,8	12,4	22,2	22,7	22,9	20,3	20,0	19,9			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	14,1	14,4	14,5	12,4	12,2	11,9	20,6	21,1	21,4	19,0	18,9	18,8			
НІР _{0,5}	А, С – від 0,09 до 0,16; В – від 0,13 до 0,23; D – від 0,12 до 0,20; ABCD – від 0,46 до 0,78%														
Міцність даН (кг/с)															
Без добрив	6,00	6,14	6,20	5,91	5,74	5,60	13,2	13,9	14,0	12,4	12,2	11,9			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	6,03	6,31	6,39	5,91	5,94	5,73	13,7	14,2	14,8	13,7	13,6	13,1			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6,01	6,20	6,36	6,14	6,01	5,80	14,1	14,2	14,9	14,2	14,1	13,7			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,16	6,49	6,54	6,08	5,75	5,97	13,8	14,6	14,9	14,3	13,6	13,6			
НІР _{0,5}	А, С – від 0,11 до 0,14; В – від 0,16 до 0,20; D – від 0,14 до 0,17; ABCD – від 0,55 до 0,68														

Додаток В.19

Лійна характеристика стебел льону олійного залежно від технології його вирощування

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см		45 см		15 см			45 см			15 см		45 см		
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
<i>Довжина загальна, см</i>															
Без добрив	45,9	45,1	44,7	44,5	44,2	43,2	49,6	50,3	51,1	48,4	48,1	47,0			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	48,0	47,0	46,4	46,3	45,6	44,5	52,4	53,0	53,9	50,8	50,3	49,0			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	48,5	47,6	46,9	46,6	46,0	44,7	53,8	54,5	55,4	51,5	51,1	49,8			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	48,7	48,1	47,6	46,9	46,2	45,0	55,0	55,7	56,1	52,8	51,9	50,6			
НІР ₀₅	А, С – від 0,56 до 0,6; В – від 0,79 до 0,85; D – від 0,69 до 0,73; ABCD – від 2,75 до 2,93														
<i>Довжина технічна, см</i>															
Без добрив	25,8	28,1	31,5	22,7	23,1	21,3	34,8	35,8	38,1	25,7	26,0	26,5			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	28,0	30,7	34,0	24,2	24,3	24,2	39,0	40,6	43,2	28,6	29,3	29,6			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	30,2	32,4	35,3	25,2	25,8	25,6	42,4	44,8	46,6	30,1	31,4	31,7			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	32,3	33,8	36,0	26,5	27,0	26,8	45,1	47,4	49,7	31,4	33,0	33,4			
НІР ₀₅	А, С – від 0,47 до 0,59; В – від 0,67 до 0,83; D – від 0,58 до 0,72; ABCD – від 2,31 до 2,89														
<i>Відсоток технічної довжини у загальній</i>															
Без добрив	56,3	62,6	70,5	51,2	52,2	49,4	70,2	71,3	75,1	53,0	53,9	56,3			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	58,4	65,5	73,4	52,4	53,5	54,4	74,6	76,6	80,0	56,3	58,3	60,5			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	62,2	68,3	75,4	54,3	56,2	57,3	78,9	82,1	84,4	58,4	61,5	63,7			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	66,4	70,5	75,5	56,5	58,3	59,4	82,0	85,1	88,6	59,4	63,7	66,0			
<i>Милкість</i>															
Без добрив	172	192	217	145	149	140	226	237	254	152	158	163			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	176	197	218	142	147	149	232	245	263	154	162	166			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	186	204	225	145	154	155	243	261	276	155	166	170			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	196	209	225	150	157	159	248	265	281	156	168	173			

Додаток В.20

Оцінка продуктивності посівів льону олійного залежно від технології його вирощування
Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га

Фон живлення (В)	без зрошення							при зрошенні						
	15 см			45 см				15 см			45 см			
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7		
	Вихід олій, т/га													
Без добрив	0,41	0,44	0,42	0,37	0,36	0,34	0,56	0,57	0,57	0,51	0,49	0,49		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,53	0,56	0,54	0,47	0,46	0,45	0,70	0,73	0,74	0,64	0,62	0,62		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,57	0,61	0,59	0,52	0,51	0,48	0,77	0,80	0,82	0,70	0,68	0,66		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,60	0,64	0,61	0,53	0,51	0,50	0,80	0,83	0,85	0,74	0,71	0,71		
Умовний вихід лубу, т/га														
Без добрив	0,22	0,23	0,23	0,15	0,14	0,13	0,45	0,47	0,47	0,32	0,31	0,30		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	0,30	0,32	0,32	0,20	0,19	0,18	0,57	0,61	0,62	0,42	0,40	0,39		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,31	0,34	0,33	0,22	0,20	0,19	0,64	0,67	0,68	0,45	0,43	0,41		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,32	0,34	0,34	0,22	0,21	0,20	0,63	0,65	0,68	0,45	0,42	0,41		
Вихід зернових одиниць, т/га														
Без добрив	2,61	2,80	2,70	2,18	2,10	1,99	4,09	4,29	4,36	3,45	3,34	3,27		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	3,37	3,62	3,52	2,81	2,73	2,62	5,16	5,44	5,56	4,33	4,21	4,14		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	3,59	3,88	3,76	3,01	2,93	2,81	5,63	5,91	6,05	4,66	4,51	4,41		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,78	4,02	3,90	3,11	3,03	2,92	5,76	5,98	6,19	4,83	4,66	4,61		

Додаток В. 21

Урожайність льону олійного сорту Південна ніч, т/га

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (Д), млн.шт/га.														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см.			45 см.				15 см.			45 см.				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Урожайність насіння 2009 р.															
Без добрив	0,856	0,930	0,978	0,753	0,829	0,851	1,316	1,392	1,479	1,291	1,377	1,469			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,311	1,379	1,454	1,169	1,239	1,292	1,829	1,890	2,000	1,766	1,870	1,951			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,398	1,490	1,562	1,270	1,340	1,402	1,982	2,047	2,164	1,880	1,993	2,087			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,481	1,560	1,621	1,308	1,422	1,471	2,095	2,082	2,271	2,041	2,110	2,179			
НІР ₀₅ А, С – 0,031; В – 0,044; Д – 0,038; АВСД – 0,149															
Урожайність насіння 2010 р.															
Бездобрив	1,032	1,148	1,203	0,993	1,088	1,138	1,458	1,533	1,597	1,367	1,417	1,458			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,217	1,351	1,418	1,183	1,293	1,337	1,717	1,822	1,913	1,617	1,703	1,763			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,298	1,427	1,498	1,250	1,358	1,423	1,833	1,933	2,027	1,718	1,810	1,868			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,338	1,482	1,548	1,277	1,378	1,450	1,892	1,998	2,065	1,763	1,882	1,943			
НІР ₀₅ А, С – 0,030; В – 0,043; Д – 0,037; АВСД – 0,148															
Урожайність насіння 2011 р.															
Бездобрив	1,234	1,275	1,089	1,131	1,081	0,953	1,550	1,655	1,606	1,364	1,332	1,281			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,431	1,477	1,263	1,310	1,278	1,105	1,774	1,888	1,831	1,561	1,527	1,455			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,604	1,657	1,416	1,471	1,434	1,239	1,964	2,075	2,015	1,751	1,681	1,627			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,673	1,729	1,474	1,522	1,478	1,315	2,035	2,157	2,092	1,833	1,768	1,718			
НІР ₀₅ А, С – 0,024; В – 0,034; Д – 0,029; АВСД – 0,117															
Урожайність насіння 2012 р.															
Бездобрив	1,101	1,228	1,079	1,052	0,874	0,789	1,430	1,478	1,452	1,394	1,218	1,103			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,399	1,553	1,379	1,285	1,098	1,061	1,751	1,828	1,859	1,671	1,492	1,394			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,472	1,633	1,479	1,342	1,181	1,108	1,861	1,938	2,015	1,793	1,609	1,417			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,604	1,763	1,620	1,445	1,208	1,158	2,042	2,074	2,153	1,971	1,741	1,683			
НІР ₀₅ А, С – 0,019; В – 0,028; Д – 0,024; АВСД – 0,095															
Урожайність насіння 2013 р.															
Бездобрив	1,097	1,191	1,149	0,945	0,861	0,798	1,444	1,483	1,532	1,261	1,160	1,121			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,392	1,500	1,450	1,194	1,100	1,034	1,865	1,974	1,981	1,634	1,515	1,474			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,496	1,622	1,564	1,288	1,185	1,101	2,000	2,113	2,148	1,735	1,605	1,568			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,580	1,699	1,639	1,341	1,238	1,167	2,081	2,189	2,231	1,846	1,713	1,665			
НІР ₀₅ А, С – 0,029; В – 0,041; Д – 0,035; АВСД – 0,142															

Продовження додатку В. 21

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (Д), млн шт/га.														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см.			45 см.				15 см.			45 см.				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
	Урожайність соломи 2009 р.														
Без добрив	1,56	1,61	1,67	1,11	1,09	1,05	2,36	2,46	2,47	1,83	1,85	1,77			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2,03	2,05	2,18	1,42	1,40	1,39	3,00	3,01	3,15	2,21	2,18	2,14			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2,11	2,25	2,30	1,51	1,46	1,46	3,15	3,28	3,31	2,31	2,28	2,23			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,18	2,28	2,32	1,55	1,59	1,51	3,27	3,35	3,44	2,34	2,34	2,30			
	НІР ₀₅ А, С – 0,02; В – 0,03; Д – 0,02; АВСД – 0,11														
	2010 р.														
Бездобрив	1,78	2,01	1,90	1,45	1,44	1,35	2,37	2,50	2,51	1,87	1,83	1,77			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2,02	2,31	2,22	1,65	1,60	1,51	2,64	2,84	2,90	2,05	2,01	1,90			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2,21	2,44	2,30	1,79	1,71	1,64	2,85	3,02	3,08	2,30	2,20	2,08			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,42	2,52	2,46	1,92	1,83	1,73	3,12	3,11	3,31	2,46	2,23	2,23			
	НІР ₀₅ А, С – 0,03; В – 0,043; Д – 0,04; АВСД – 0,15														
	2011 р.														
Бездобрив	1,88	1,91	1,89	1,57	1,48	1,51	2,43	2,42	2,45	1,99	1,86	1,87			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	2,11	2,14	2,17	1,80	1,77	1,75	2,75	2,83	2,88	2,28	2,15	2,13			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2,33	2,41	2,40	1,94	1,89	1,82	2,94	2,96	3,04	2,39	2,28	2,24			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,57	2,55	2,59	2,15	2,09	2,01	3,25	3,22	3,31	2,63	2,50	2,48			
	НІР ₀₅ А, С – 0,04; В – 0,05; Д – 0,04; АВСД – 0,18														
	2012 р.														
Бездобрив	1,55	1,62	1,54	1,14	1,12	0,97	2,03	2,08	2,16	1,56	1,51	1,48			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,88	2,04	1,92	1,48	1,40	1,29	2,43	2,51	2,56	1,95	1,86	1,84			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,98	2,13	1,98	1,58	1,51	1,45	2,57	2,65	2,69	2,08	1,96	1,91			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,16	2,25	2,08	1,68	1,62	1,52	2,78	2,90	2,98	2,16	2,07	1,94			
	НІР ₀₅ А, С – 0,03; В – 0,04; Д – 0,0336; АВСД – 0,13														
	2013 р.														
Бездобрив	1,65	1,55	1,51	1,03	0,95	0,94	2,17	2,28	2,19	1,50	1,43	1,40			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,94	2,01	1,95	1,32	1,29	1,22	2,58	2,72	2,68	1,85	1,83	1,79			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2,03	2,14	2,13	1,35	1,41	1,38	2,74	2,84	2,78	2,03	1,90	1,84			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	2,15	2,20	2,11	1,51	1,50	1,49	2,81	2,93	2,91	2,12	2,02	1,96			
	НІР ₀₅ А, С – 0,03; В – 0,04; Д – 0,04; АВСД – 0,14														

Додаток Д.1

Утворення сирової біологічної маси посівами льону олійного, т/га

Фаза (С)	Органи рослини	Строки сівби (А) та норма висіву (В), млн шт./га																	
		Ранній						Середній						Пізній					
		4	6	8	10	12	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12			
Ялінка	всього	0,30	0,44	0,55	0,65	0,74	0,29	0,44	0,55	0,65	0,71	0,26	0,40	0,49	0,61	0,66			
	листя	0,22	0,32	0,40	0,47	0,54	0,20	0,31	0,39	0,46	0,51	0,19	0,28	0,35	0,43	0,47			
	стебла	0,08	0,12	0,15	0,18	0,20	0,08	0,12	0,16	0,19	0,20	0,07	0,11	0,14	0,18	0,19			
Бутонізація	всього	5,83	7,3	7,95	8,16	8,35	4,99	6,26	6,81	7,08	7,25	4,27	5,3	5,79	6,00	6,13			
	листя	3,33	4,3	4,7	4,56	4,62	2,82	3,62	3,97	3,91	3,91	2,37	2,98	3,28	3,28	3,26			
	стебла	2,5	3	3,25	3,6	3,73	2,17	2,64	2,84	3,17	3,34	1,9	2,32	2,51	2,72	2,87			
Цвітіння	всього	14,2	15,5	16,7	19,2	19,7	13,1	14,1	15,1	17,3	17,8	12,1	12,9	13,8	15,9	16,4			
	листя	4,98	5,46	5,85	6,63	6,83	4,21	4,54	4,8	5,49	5,6	3,78	4,02	4,32	4,89	4,96			
	стебла	6,88	7,75	8,49	9,92	10,47	6,33	7,02	7,72	9,09	9,43	5,77	6,5	7,06	8,32	8,71			
Зелена стиглість	коробочки	2,36	2,33	2,32	2,62	2,36	2,55	2,53	2,53	2,69	2,72	2,51	2,33	2,41	2,67	2,68			
	всього	15,4	15,2	14,4	13,8	14,0	13,2	14,0	13,6	13,5	12,5	11,3	11,4	11,6	11,1	11,1			
	листя	2,75	2,72	2,57	2,43	2,44	2,35	2,49	2,41	2,38	2,17	2,02	2	2,04	1,94	1,93			
НІР ₀₅	стебла	5,99	5,92	5,88	5,98	6,24	5,03	5,33	5,46	5,71	5,47	4,2	4,25	4,54	4,56	4,76			
	коробочки	6,62	6,57	5,96	5,35	5,28	5,86	6,19	5,77	5,42	4,86	5,09	5,14	5,03	4,63	4,4			
		A-0,33; B-0,43; C-0,38; ABC-1,48																	

Додаток Д.2

Розподіл сухої біологічної маси в наземних органах льону олійного, % (середнє 2009-2013 рр.)

Фаза	Органи рослини	Строки сівки та норма висіву, млн шт./га																	
		Ранній						Середній						Пізній					
		4	6	8	10	12	12	4	6	8	10	12	12	4	6	8	10	12	
«ялінка»	листя	75,5	75,3	73,8	74,2	74,5	73,1	73,7	72,8	72,5	72,5	73,6	73,0	72,4	72,3	71,9			
	стебла	24,5	24,7	26,2	25,8	25,5	26,9	26,3	27,2	27,5	27,5	26,4	27,0	27,6	27,7	28,1			
бутонізація	листя	53,9	55,7	55,9	51,8	51,1	54,0	55,4	55,9	52,9	51,4	53,6	54,2	54,6	52,0	50,4			
	стебла	46,1	44,3	44,1	48,2	48,9	46,0	44,6	44,1	47,1	48,6	46,4	45,8	45,4	48,0	49,6			
цвітіння	листя	25,1	25,6	25,5	25,3	24,9	23,3	24,0	23,5	23,5	22,9	25,1	25,3	25,5	25,4	24,4			
	стебла	53,8	55,4	56,8	56,7	59,4	52,7	54,8	56,3	56,5	58,1	49,8	52,3	53,5	54,0	55,7			
зелена стиглість	коробочки	21,1	19,0	17,8	18,0	15,7	24,0	21,2	20,1	20,0	19,1	25,1	22,4	20,9	20,7	19,9			
	листя	11,4	12,5	13,1	13,7	13,7	12,6	13,3	13,1	13,4	13,2	12,5	13,2	13,8	14,1	14,3			
зелена стиглість	стебла	38,8	39,6	41,0	43,9	45,3	39,7	40,5	41,6	44,0	45,6	39,6	38,5	41,9	43,7	45,4			
	коробочки	49,9	47,9	45,9	42,5	41,0	47,6	46,2	45,3	42,6	41,2	48,0	48,3	44,3	42,2	40,3			

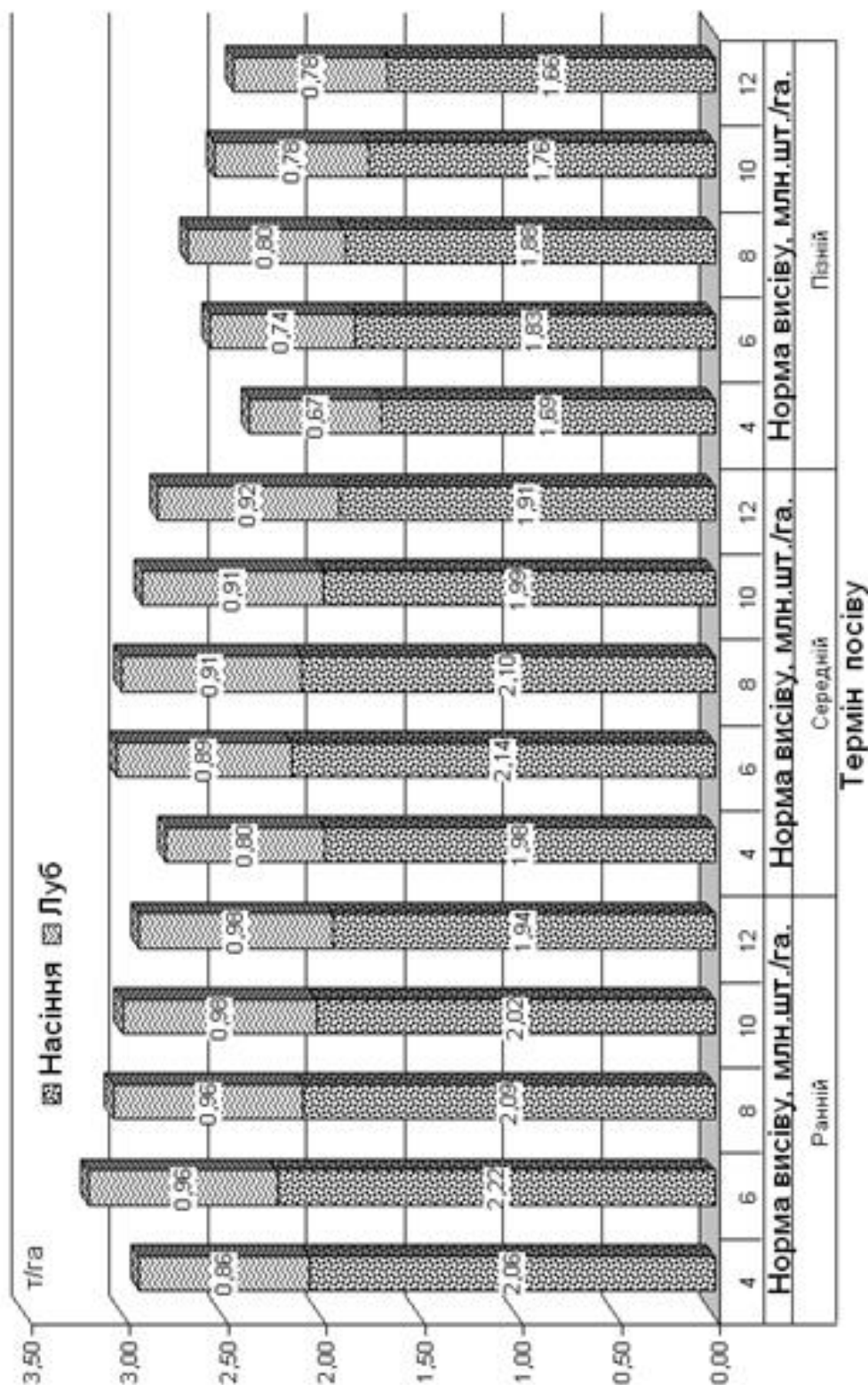
Додаток Д.3

Урожайність насіння льону олійного залежно від термінів посіву та норми висіву, т/га

Строк посіву (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Урожайність в роки досліджень, т/га				
		2009	2010	2011	2012	2013
Ранній (настання фізичної стигlosti ґрунту)	4	0,99	1,22	1,18	1,25	1,60
	6	1,03	1,35	1,24	1,33	1,77
	8	1,00	1,32	1,20	1,16	1,64
	10	0,99	1,29	1,10	1,15	1,59
	12	0,97	1,22	0,96	1,13	1,59
Середній (через 10 днів)	4	1,14	1,13	1,03	1,07	1,62
	6	1,23	1,27	1,17	1,10	1,73
	8	1,19	1,28	1,12	1,11	1,65
	10	1,17	1,23	1,01	1,05	1,56
	12	1,14	1,16	0,9	1,01	1,55
Пізній (через 20 днів)	4	0,83	0,96	0,98	1,00	1,34
	6	0,93	1,12	1,09	1,02	1,36
	8	0,92	1,21	1,05	1,04	1,47
	10	0,86	1,18	0,97	0,97	1,35
	12	0,83	1,05	0,87	0,97	1,30
НІР ⁰⁵	А	0,043	0,037	0,03	0,038	0,037
	В	0,056	0,048	0,039	0,049	0,048
	АВ	0,096	0,082	0,067	0,085	0,083

Додаток Д.4

Оцінка продуктивності льону олійного подвійного призначення в умовних зернових одиницях, т/га



Додаток Д.5

Кількісна оцінка механічних тканин стебла льону олійного

Показники	Термін сіви та норма висіву, млн шт./га											
	ранній				середній				пізній			
	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Кількість пучків, шт.	22,5	22,8	23	22,2	22,5	23,1	20	20,4	20,7			
Кількість волокон в пучку, шт.	23,6	25,7	25,9	21,8	23,4	24,1	19,9	20,8	21,2			
Розрахункова кількість волокон, шт.	531	586	596	484	527	557	398	424	439			
Середній переріз волокна, мкм	25,9	25,5	23,9	26,9	26	24,8	28,3	27,5	26,2			
Середній переріз порожнини волокна, мкм	8,3	8,17	8	8,9	8,23	8,1	9,4	9,2	9			
Товщина стінки волокна, мкм	8,8	8,65	7,95	9	8,88	8,35	9,45	9,15	8,62			
Кількість волокон на площі стебла, шт./мм ²	171	365	495	174	403	509	174	326	442			
Кількість пучків на площі паренхіми, шт./мм ²	22,7	41,8	52,5	26,3	52,8	61,1	34,5	52,4	71,2			
Кількість волокон на площі паренхіми, шт./мм ²	536	1075	1359	573	1237	1470	686	1091	1509			
Кількість пучків по довжині кола паренхіми, шт./мм	3,71	5,23	6,09	3,88	5,73	6,44	3,87	5,21	6,04			
Кількість волокон по довжині кола паренхіми, шт./мм	88	134	158	85	134	155	77	109	128			
Площа пучка, мм ²	0,008	0,015	0,015	0,016	0,015	0,014	0,017	0,015	0,015			

Додаток Д. 6
Урожайність льону олійного сорту Південна ніч за різних строків сівби та норм висіву, т/га.

Строк (А) (настання фізичної стигlosti трупт)	Норма висіву, мт н шт/га (В)	Роки										
		насна					солота					
		2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	
Ранній (настання фізичної стигlosti трупт)	4	0,995	1,218	1,181	1,253	1,596	1,484	1,566	1,579	1,515	1,850	
	6	1,032	1,353	1,243	1,331	1,766	1,563	1,770	1,695	1,635	2,094	
	8	0,998	1,323	1,205	1,161	1,639	1,603	1,814	1,763	1,532	2,084	
	10	0,989	1,290	1,102	1,154	1,590	1,660	1,859	1,681	1,594	2,105	
	12	0,973	1,220	0,959	1,135	1,586	1,702	1,853	1,549	1,645	2,223	
Середній (через 10 дб)	4	1,144	1,132	1,032	1,073	1,618	1,644	1,394	1,354	1,259	1,858	
	6	1,230	1,267	1,172	1,104	1,725	1,804	1,579	1,564	1,306	2,002	
	8	1,187	1,278	1,124	1,115	1,647	1,878	1,705	1,608	1,422	2,038	
	10	1,171	1,228	1,013	1,050	1,563	1,938	1,736	1,521	1,434	2,055	
	12	1,142	1,158	0,908	1,015	1,550	1,962	1,699	1,416	1,430	2,110	
Пізній (через 20 дб)	4	0,827	0,960	0,983	1,004	1,340	1,171	1,145	1,256	1,127	1,486	
	6	0,934	1,123	1,092	1,025	1,360	1,327	1,356	1,432	1,178	1,510	
	8	0,924	1,205	1,048	1,044	1,470	1,388	1,523	1,461	1,268	1,724	
	10	0,858	1,177	0,970	0,972	1,350	1,358	1,581	1,407	1,263	1,697	
	12	0,829	1,048	0,871	0,972	1,297	1,431	1,496	1,335	1,342	1,720	
НІР:	А	0,043	0,037	0,030	0,038	0,037	0,032	0,031	0,035	0,024	0,040	
	В	0,056	0,048	0,039	0,049	0,048	0,041	0,039	0,046	0,032	0,051	
	АВ	0,096	0,082	0,067	0,085	0,083	0,071	0,068	0,079	0,055	0,089	

Додаток Е.1

Розподіл сухої наземної маси між окремими органами рослин сортів льону без зрошення, %

Сорти	Фази росту й розвитку											
	«ялінка»			бутонізація			цвітіння			зелена стиглість		
	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	коробочки	листя	стебла	коробочки
Айсберг	74,2	25,8	57,0	43,0	24,8	49,0	26,1	13,9	50,7	35,4		
Блакитно помаранчевий	74,5	25,5	57,0	43,0	26,5	51,2	22,2	16,3	49,8	33,9		
Вера	73,2	26,8	57,4	42,6	25,8	49,5	24,7	15,0	52,3	32,7		
ВНИИМК 620	74,1	25,9	56,3	43,7	23,5	49,1	27,4	13,3	53,5	33,2		
Глнум	73,8	26,2	55,4	44,6	23,8	58,4	17,8	11,6	58,7	29,7		
Дебют	74,1	25,9	55,8	44,2	23,1	48,8	28,2	13,7	52,8	33,5		
Еврика	74,8	25,2	56,4	43,6	24,2	50,5	25,3	13,5	52,5	34,0		
Золотистий	74,3	25,7	56,8	43,2	24,1	52,3	23,6	14,9	48,9	36,1		
Квіка	75,0	25,0	57,2	42,8	22,6	52,7	24,7	12,3	52,6	35,1		
Лірина	73,8	26,2	56,0	44,0	24,2	56,1	19,8	17,7	48,0	34,3		
Надійний	73,7	26,3	55,5	44,5	23,2	55,5	21,3	16,9	49,3	33,8		
Орфей	74,0	26,0	56,5	43,5	22,2	49,6	28,2	15,6	48,6	35,8		
Південна ніч (St)	74,1	25,9	56,4	43,6	23,8	50,9	25,3	13,9	49,3	36,8		
Ручеєк	73,9	26,1	57,0	43,0	24,4	49,3	26,3	13,6	51,3	35,1		

Додаток Е.2

Розподіл сухої наземної маси між окремими органами рослин сортів льону в умовах зрошення, %

Сорти	Фази росту й розвигну												
	«ялінка»			бутонація			цвітіння			зелена стиглість			
	листя	стебла	листя	стебла	листя	стебла	коробочки	листя	стебла	коробочки	листя	стебла	коробочки
Айсберг	74,3	25,7	56,7	43,3	23,5	51,1	25,4	19,1	38,6	42,3			
Блакитно помаранчевий	74,1	25,9	57,1	42,9	24,2	55,1	20,7	22,1	36,8	41,1			
Вера	74,6	25,4	57,2	42,8	25,2	53,2	21,5	21,3	37,6	41,1			
ВНИИМК 620	74,3	25,7	56,2	43,8	23,5	49,1	27,4	18,2	37,8	43,9			
Г л н у м	73,4	26,6	55,4	44,6	23,6	58,8	17,5	14,2	54,3	31,5			
Дебют	74,4	25,6	55,9	44,1	23,8	52,8	23,4	18,9	37,9	43,1			
Еврика	73,7	26,3	57,4	42,6	25,3	49,4	25,2	16,1	38,4	45,5			
Золотистий	74,7	25,3	56,7	43,3	26,0	54,6	19,5	20,4	36,7	43,0			
Ківка	72,9	27,1	55,6	44,4	23,3	50,7	26,0	16,1	40,3	43,6			
Лірина	74,4	25,6	55,6	44,4	26,0	53,1	21,0	24,6	36,2	39,2			
Надійний	74,7	25,3	55,8	44,2	25,1	56,3	18,5	23,1	35,8	41,1			
Орфей	74,4	25,6	57,0	43,0	24,4	50,9	24,6	19,2	37,6	43,2			
Південна ніч (St)	74,1	25,9	56,1	43,9	22,4	53,0	24,6	20,7	38,6	40,7			
Ручеек	74,0	26,0	57,4	42,6	25,0	49,2	25,9	19,0	39,4	41,6			

Додаток Е.3

Вплив вологозабезпеченості на висоту рослин сортів льону, см (середнє за 2011-2013 рр.)

Сорти (В)	Без зрошення (А)					При зрошенні						
	«ялінка»	бутонізація	цігіння	зелена стиглість	«ялінка»	бутонізація	цігіння	зелена стиглість	«ялінка»	бутонізація	цігіння	зелена стиглість
Айсберг	3,7	27,4	40,8	46,5	3,6	32,8	47,1	53,0				
Благитно помаранчевий*	2,8	26,9	37,7	45,7	3,0	31,1	44,1	54,3				
Вера	3,4	27,6	40,1	46,7	3,6	31,6	46,9	55,4				
ВНИИМК 620	3,9	27,8	42,2	48,4	3,6	31,6	47,2	53,9				
Глілум*	2,6	37,8	51,6	56,0	2,7	57,5	76,4	83,3				
Дебют	3,5	30,8	41,0	47,5	3,7	33,7	46,5	53,9				
Евріка*	3,8	29,2	41,5	47,0	3,5	32,6	45,6	51,4				
Золотистий	3,6	28,5	39,0	44,6	3,5	31,1	44,8	53,4				
Ківка	3,5	27,6	38,3	44,4	3,9	35,0	48,9	56,1				
Лірина*	3,4	30,7	40,0	46,4	3,2	35,7	47,0	55,3				
Надійний*	3,1	31,0	41,5	50,5	3,4	34,8	50,8	59,7				
Орфей	3,6	28,5	39,0	44,3	3,8	31,6	45,5	53,3				
Південна ніч (St)	3,3	27,9	41,5	49,0	3,6	33,1	48,9	56,7				
Ручеек	3,6	26,8	39,6	45,9	3,5	29,9	43,9	50,8				
НІР ₀₅	A	0,03-0,05	0,21-0,24	0,25-0,27	0,27-0,33							
	B	0,07-0,13	0,56-0,64	0,66-0,72	0,72-0,87							
	AB	0,02-0,03	0,15-0,17	0,18-0,19	0,19-0,23							

Додаток Б.4

Швидкість лінійного росту сортів льону залежно від умов зволоження, см/добу (середнє за 2011-2013 рр.)

Сорти (В)	Без зрошення (А)				При зрошенні			
	сходи - ялінка	ялінка - бутонізація	бутонізація - цвітіння	цвітіння - зелена стиглість	сходи - ялінка	ялінка - бутонізація	бутонізація - цвітіння	цвітіння - зелена стиглість
Айсберг	0,49	1,12	1,00	0,27	0,50	1,25	1,02	0,26
Блажитно помаранчевий*	0,38	1,03	0,84	0,35	0,39	1,08	0,89	0,44
Вера	0,49	1,13	0,94	0,31	0,50	1,16	0,99	0,38
ВНИИМК 620	0,53	1,12	1,08	0,32	0,48	1,16	1,10	0,31
Глінум*	0,28	1,47	1,03	0,26	0,29	2,12	1,18	0,37
Дебют	0,52	1,17	0,77	0,32	0,51	1,22	0,87	0,34
Евріка*	0,50	1,23	0,94	0,27	0,49	1,25	0,95	0,27
Золотистий	0,52	1,14	0,84	0,26	0,48	1,15	0,91	0,38
Квіка	0,53	1,25	0,89	0,29	0,55	1,28	0,90	0,36
Лірина*	0,45	1,13	0,69	0,28	0,39	1,28	0,71	0,37
Надійний*	0,41	1,16	0,76	0,40	0,43	1,20	1,01	0,40
Орфей	0,46	1,14	0,85	0,23	0,52	1,15	0,95	0,35
Південна ніч (St)	0,45	1,15	1,00	0,35	0,50	1,22	1,03	0,35
Ручеєк	0,52	1,07	0,98	0,31	0,46	1,10	0,99	0,32

Додаток Е.5

Елементи структури урожаю сортів льону за різних умов вологозабезпечення (середнє за 2011-2013 рр.)

Сорти (В)	Без зрошення (А)				При зрошенні			
	середня кількість, шт.		маса, г		середня кількість, шт.		маса, г	
	коробочок на рослині	насіння в коробочці	1000 насіння	насіння з рослини	коробочок на рослині	насіння в коробочці	1000 насіння	насіння з рослини
Айсберг	9,13	6,23	5,87	0,33	9,70	6,64	6,72	0,43
Блакитно помаранчевий*	8,13	6,92	5,75	0,32	8,68	7,34	6,50	0,41
Вера	7,76	6,68	6,16	0,32	8,36	7,47	6,63	0,41
ВНИИМК 620	8,74	6,42	6,05	0,34	9,29	6,70	6,72	0,42
Г лінум*	7,13	6,69	4,04	0,19	7,27	7,02	4,42	0,23
Дебют	7,92	6,36	6,03	0,30	9,40	6,60	6,51	0,40
Еврика*	7,98	6,36	6,42	0,33	9,12	6,52	7,02	0,42
Золотистий	7,39	6,40	6,02	0,28	8,41	6,85	6,65	0,38
Ківка	8,40	6,32	5,56	0,30	8,85	6,68	6,55	0,39
Лірина*	9,41	6,41	5,45	0,33	9,99	6,75	6,34	0,43
Надійний*	7,66	6,73	6,23	0,32	8,53	7,23	6,99	0,43
Орфей	8,02	6,51	6,23	0,33	8,87	7,05	6,87	0,43
Південна ніч (St)	7,38	6,70	6,33	0,31	8,38	7,41	6,79	0,42
Ручеек	9,28	6,48	5,59	0,34	9,52	7,07	6,23	0,42
НІР ₀₅	A	0,17-0,33	0,08-0,09	0,07-0,11				
	B	0,44-0,69	0,18-0,25	0,18-0,23				
	AB	0,12-0,23	0,05-0,07	0,05-0,08				

Додаток Е.6

Жирнокислотний склад олії сортів льону, %

Сорти (В)	Без зрошення						При зрошення											
	Насичені			Мононе насичені			Полі ненасичені			Насичені			Мононе насичені			Полі ненасичені		
	пальмітинова	стеаринова	олеїнова	лінолева	лінолено ва	ліноленова	пальмітинова	стеаринова	олеїнова	лінолева	лінолено ва	ліноленова	пальмітинова	стеаринова	олеїнова	лінолева	лінолено ва	ліноленова
Айсберг	5,7	3,9	19,4	15,4	55,7		4,7	3,0	18,7	14,4								
Блакитно-помаранчевий*	5,2	4,2	22,5	14,9	53,1		4,8	2,5	19,0	15,2								
Вера	5,2	2,9	19,0	15,9	56,9		5,2	2,3	17,4	16,3								
ВНИИМК 620	5,6	3,4	21,0	16,2	53,8		5,6	2,5	17,1	14,4								
Гліум*	4,8	2,9	23,9	14,6	53,8		5,0	3,0	22,7	13,3								
Дебют	5,6	2,8	20,3	13,6	57,6		5,1	2,7	19,5	14,7								
Еврика*	6,3	3,9	21,6	14,7	53,5		5,3	3,3	20,8	12,5								
Золотистий	5,8	3,3	16,8	12,5	61,6		5,0	2,1	16,1	13,7								
Квіка	5,9	2,9	35,5	14,4	41,3		5,5	2,4	34,5	15,7								
Лірина*	5,0	2,4	21,0	18,2	53,4		5,3	2,7	20,8	15,9								
Надійний*	5,4	2,5	21,0	14,3	56,8		5,9	3,9	24,1	13,5								
Орфей	6,4	3,6	21,9	14,7	53,5		5,4	2,0	19,0	14,0								
Південна ніч (St)	5,7	2,9	21,9	14,2	55,4		4,9	2,7	21,1	14,7								
Ручеєк	5,5	3,0	22,1	14,2	55,2		5,5	2,9	19,6	13,6								
НІР ₀₅	A	0,06-0,09	0,04-0,11	0,29-0,48	0,17-0,25	0,36-0,52												
	B	0,17-0,2	0,09-0,24	0,76-1,26	0,44-0,58	0,95-1,36												
	AB	0,04-0,06	0,03-0,08	0,21-0,34	0,12-0,17	0,25-0,36												

Примітка: * дані за 2011-2013 рр.

Додаток Е.7

Товщина шару тканин стебел льону олійного залежно від умов зволоження, мм (середнє за 2011-2013 рр.)

Сорти (фактор В)	Товщина шару, мм						Радіус стебла, мм
	порожина 2	серцевина 3	деревина 4	паренхіма 5	покривний 6	7	
1							
Без зрошення (фактор А)							
Айсберг	0,207	0,162	0,254	0,146	0,019	0,788	
Блакитно помаранчевий	0,204	0,159	0,228	0,142	0,028	0,761	
Вера	0,187	0,165	0,247	0,142	0,024	0,766	
ВНИИМК 620	0,222	0,136	0,236	0,135	0,032	0,760	
Глінум	0,304	0,122	0,227	0,158	0,028	0,838	
Дебют	0,222	0,154	0,232	0,121	0,028	0,756	
Евріка	0,179	0,148	0,259	0,120	0,033	0,739	
Золотистий	0,199	0,163	0,274	0,138	0,023	0,796	
Ківіка	0,181	0,161	0,229	0,150	0,026	0,747	
Лірина	0,229	0,132	0,203	0,144	0,021	0,729	
Надійний	0,227	0,131	0,210	0,149	0,020	0,737	
Орфей	0,212	0,155	0,239	0,146	0,021	0,773	
Південна ніч (St)	0,181	0,154	0,207	0,158	0,020	0,720	
Ручеєк	0,218	0,134	0,230	0,129	0,021	0,731	

Продовження додатку Е.7

1	2	3	4	5	6	7	
При зрошенні (фактор А)							
Айсберг	0,220	0,119	0,286	0,162	0,021	0,809	
Блакитно помаранчевий	0,215	0,125	0,305	0,156	0,026	0,828	
Вера	0,247	0,105	0,289	0,146	0,027	0,814	
ВНИИМК 620	0,239	0,104	0,285	0,119	0,027	0,773	
Гліум	0,384	0,105	0,270	0,188	0,025	0,972	
Дебют	0,198	0,122	0,234	0,178	0,026	0,758	
Евріка	0,204	0,121	0,286	0,142	0,022	0,776	
Золотистий	0,192	0,112	0,349	0,143	0,025	0,822	
Квіка	0,227	0,082	0,282	0,130	0,029	0,751	
Лірина	0,282	0,066	0,239	0,158	0,029	0,774	
Надійний	0,268	0,095	0,235	0,121	0,022	0,741	
Орфей	0,226	0,126	0,277	0,156	0,027	0,812	
Південна ніч (St)	0,226	0,090	0,280	0,156	0,027	0,779	
Ручеєк	0,229	0,066	0,304	0,145	0,028	0,772	
НІР ₀₅	А	0,0017-0,0018	0,0010-0,0011	0,0019	0,0011-0,0012	0,0002	0,0033-0,0034
	В	0,0045-0,0048	0,0027-0,0029	0,0049-0,0051	0,0028-0,0032	0,0004-0,0007	0,0086-0,0090
	АВ	0,0012-0,0013	0,0007-0,0008	0,0013-0,0014	0,0008-0,0009	0,0001-0,0002	0,0023-0,0024

Додаток Е.8

Площа поперечного зрізу окремих тканин стебел льону олійного за різних умов зволоження, мм²
(середнє за 2011-2013 рр.)

Сорти (фактор В)	Площа тканини, мм					
	порожнина 2	серцевина 3	деревина 4	паренхіма 5	покривна 6	
1						
	Без зрошення (фактор А)					
Айсберг	0,135	0,294	0,793	0,637		0,091
Блакитно помаранчевий	0,131	0,283	0,684	0,589		0,133
Вера	0,110	0,281	0,739	0,596		0,116
ВНИИМК 620	0,154	0,247	0,703	0,562		0,149
Глілум*	0,290	0,278	0,768	0,727		0,143
Дебют	0,154	0,289	0,715	0,507		0,132
Евріка*	0,100	0,235	0,742	0,486		0,152
Золотистий	0,124	0,286	0,856	0,612		0,112
Ківка	0,103	0,264	0,656	0,607		0,121
Лірина*	0,165	0,245	0,589	0,574		0,094
Надійний*	0,161	0,240	0,610	0,602		0,092
Орфей	0,141	0,281	0,731	0,621		0,100
Південна ніч (St)	0,102	0,249	0,571	0,616		0,089
Ручеек	0,149	0,239	0,673	0,524		0,094

Продовження додатку Е.8

1	2	3	4	5	6
При зрошенні (фактор А)					
Айсберг	0,152	0,210	0,866	0,720	0,107
Блакитно помаранчевий*	0,146	0,219	0,947	0,710	0,131
Вера	0,192	0,197	0,900	0,656	0,136
ВНИИМК 620	0,179	0,190	0,867	0,513	0,128
Глілум*	0,464	0,287	1,059	1,010	0,150
Дебют	0,123	0,199	0,643	0,719	0,120
Евріка *	0,131	0,201	0,842	0,610	0,107
Золотистий	0,116	0,175	1,049	0,652	0,129
Квівка	0,162	0,138	0,798	0,537	0,135
Лірина *	0,249	0,131	0,700	0,660	0,140
Надійний*	0,225	0,187	0,707	0,501	0,101
Орфей	0,160	0,228	0,852	0,693	0,137
Південна ніч (St)	0,160	0,154	0,801	0,662	0,130
Ручеєк	0,165	0,109	0,855	0,610	0,135

Додаток Е.9

Кількісна оцінка механічних тканин стебел сортів льону олійного

Сорти (фактор В)	Показники					
	кількість пучків, шт. 2	кількість волокон в пучку, шт. 3	розрахункова кількість волокон, шт. 4	середній переріз волокна, мкм 5	середній переріз порожини волокна, мкм 6	товщина стілки волокна, мкм 7
1						
Без зрощення (фактор А)						
Айсберг	26,0	23,0	598	24,8	7,44	8,67
Блакитно помаранчевий	23,7	23,5	556	23,3	7,50	7,89
Вера	25,1	24,5	616	24,4	8,33	8,03
ВНИИМК 620	23,8	21,0	501	25,1	8,99	8,06
Глінум	26,8	27,4	733	26,7	8,36	9,17
Дебют	24,2	18,5	446	27,7	9,70	9,02
Евріка	23,6	18,8	443	25,7	10,91	7,41
Золотистий	25,1	27,5	690	24,7	9,75	7,50
Ківіка	24,1	25,0	601	27,4	7,72	9,86
Лірина	25,3	19,5	494	27,4	7,72	9,86
Надійний	24,1	18,0	434	24,4	8,38	8,01
Орфей	26,2	20,8	546	23,4	9,12	7,12
Південна ніч (St)	25,9	20,6	534	27,3	9,68	8,81
Ручеек	23,7	20,8	493	30,0	10,55	9,71

Продовження додатку Е.9

1	2	3	4	5	6	7
При зрошенні (фактор А)						
Айсберг	26,5	25,5	677	30,1	7,38	11,36
Блакітно помаранчевий	24,7	25,8	638	32,2	6,99	12,60
Вера	25,5	26,3	673	27,4	8,18	9,59
ВНИИМК 620	24,0	24,0	575	29,7	7,43	11,13
Гліум	28,0	32,0	896	30,2	6,86	11,67
Дебют	24,5	21,7	530	31,8	7,23	12,27
Еврика	24,0	22,5	541	30,0	8,50	10,74
Золотистий	25,4	27,7	704	34,2	9,35	12,43
Квівка	26,3	25,9	682	29,0	6,93	11,04
Лірина	25,8	21,3	548	29,0	6,93	11,04
Надійний	24,4	21,6	528	25,9	5,59	10,14
Орфей	26,8	24,5	657	25,2	8,00	8,59
Південна ніч (St)	26,2	25,5	668	29,2	9,09	10,04
Ручеєк	24,1	24,5	591	33,1	8,29	12,42
A	0,47-0,53	0,50-0,54	-	0,19-0,20	0,06	-
B	1,25-1,41	1,34-1,46	-	0,50-0,53	0,15-0,16	-
AB	0,33-0,38	0,36-0,38	-	0,13-0,14	0,04	-

Додаток Е.10

Зосередженість механічних тканин у стеблах сортів льону олійного за різних умов зволоження

Сорти (фактор В)	Показники						площа пучка, мм ²
	кількість волокон на площі стебла, шт./мм ²	кількість пучків на площі паренхіми. шт./мм ²	кількість волокон на площі паренхіми. шт./мм ²	кількість пучків по довжині кола паренхіми, шт./мм	кількість волокон по довжині кола паренхіми, шт./мм		
1	2	3	4	5	6	7	
	Без зрошення (фактор А)						
Айсберг	118	40,8	939	5,38	124	0,015	
Блакитно помаранчевий	103	40,2	943	5,14	121	0,018	
Вера	115	42,1	1033	5,39	132	0,020	
ВНИИМК 620	92	42,4	891	5,21	109	0,010	
Г лінум*	164	36,8	1008	5,26	144	0,019	
Дебют	81	48,2	893	5,30	98	0,012	
Евріка*	77	48,5	910	5,32	100	0,014	
Золотистий	139	41,0	1127	5,16	142	0,019	
Ківіка	107	40,0	999	5,34	133	0,019	
Ліріна*	84	44,2	862	5,70	111	0,019	
Надійний*	75	40,1	720	5,36	96	0,015	
Орфей	104	42,2	880	5,55	116	0,014	
Південна ніч (St)	88	42,1	869	5,89	122	0,014	
Ручеек	84	45,4	945	5,31	111	0,016	

Продовження додатку Е.10

1	2	3	4	5	6	7
При зрошенні (фактор А)						
Айсберг	141	37,0	942	5,37	137	0,016
Блакитно помаранчевий*	139	34,8	900	4,90	127	0,024
Вера	142	39,1	1029	5,17	136	0,026
ВНИИМК 620	110	46,9	1126	5,12	123	0,019
Г лнум*	270	27,7	888	4,71	151	0,026
Дебюг	97	34,0	738	5,32	115	0,014
Еврика*	104	39,4	986	5,07	114	0,020
Золотистий	151	39,1	1084	5,08	141	0,024
Ківіка	122	49,4	1279	5,83	151	0,020
Лірина*	104	39,0	829	5,51	117	0,020
Надійний*	92	48,6	1053	5,40	117	0,016
Орфей	138	38,7	948	5,44	133	0,016
Південна ніч (St)	129	39,7	1012	5,55	141	0,018
Ручеєк	112	40,3	988	5,19	127	0,021
НІР ₀₅ для площі пучка: А - 0,12-0,13; В - 0,32-0,33; АВ - 0,09						

Додаток Е.11

Урожайність та елементи продуктивності соломи сортів льону за різних умов вологозабезпечення

Сорти (фактор В)	Показники						
	урожайність соломи, т/га	вміст лубу,%	умовний вихід лубу, кг/га	міцність, даН (кг/с)	загальний вихід зернових одиниць, т/га	коefficient солома/насіння	
1	2	3	4	5	6	7	
Без зрошення (фактор А)							
Айсберг	1,88	15,6	293	7,90	3,40	1,37	
Блакино помаранчевий*	1,93	13,6	262	6,77	3,19	1,34	
Вера	1,62	15,6	253	6,96	3,14	1,23	
ВНИИМК 620	1,84	13,4	247	6,64	3,21	1,34	
Г лнум*	2,54	17,4	442	9,32	3,06	3,09	
Дебют	1,62	14,2	230	6,80	2,95	1,29	
Евріка*	1,86	13,1	244	6,59	3,13	1,40	
Золотистий	1,42	13,7	195	7,51	2,62	1,25	
Ківіка	1,55	15,2	236	8,10	2,93	1,27	
Лірина*	2,00	15,9	318	9,03	3,44	1,49	
Надійний*	2,12	10,7	227	7,40	3,08	1,58	
Орфей	1,76	15,1	266	7,91	3,27	1,29	
Південна ніч (St)	1,62	14,8	240	7,13	3,05	1,26	
Ручеек	2,00	11,2	224	5,47	3,13	1,47	

Продовження додатку Е.1.11

1	2	3	4	5	6	7
При зрошенні (фактор А)						
Айсберг	2,60	22,6	588	12,8	5,27	1,43
Блакитно помаранчевий*	2,79	21,0	586	13,0	5,09	1,62
Вера	2,72	19,4	528	11,6	4,90	1,56
ВНИИМК 620	2,63	20,8	547	12,5	5,07	1,47
Глнум*	3,74	28,5	1070	16,9	5,68	3,90
Дебют	2,42	22,7	549	12,6	4,96	1,41
Евріка*	2,82	17,4	491	11,0	4,80	1,59
Золотистий	2,49	20,8	518	13,1	4,64	1,56
Ківіка	2,70	21,2	572	12,8	4,89	1,66
Лірина*	2,97	22,7	674	14,6	5,59	1,65
Надійний*	3,59	19,8	711	13,3	5,69	2,01
Орфей	3,10	24,6	763	15,1	5,94	1,70
Південна ніч (St)	2,84	22,5	639	12,7	5,32	1,64
Ручеєк	2,89	21,0	607	11,7	5,27	1,62
НІР ₀₅	А	0,037-0,085	1,03-1,92;	0,16-0,21;		
	В	0,098-0,18	1,46-2,71	0,40-0,45		
	АВ	0,14-0,26	0,39-0,91;	0,11-0,15;		

Додаток Е.12

Опорні майданчики відбору рослинних зразків

Зони районування		Науковий центр, географічне розташування	Умовне позначення
за ГТК	Провінції		
Достатнього зволоження (1,3-1,6)	Лісостепова Західна Ґрунти - сірі лісові опідзолені	Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН 49°47' п.ш. 23°52' с.д.	ЛС.з.п.
Достатнього зволоження (1,3-1,6)	Лісостепова Правобережна Ґрунти - темно сірі опідзолені	ННЦ "Інститут землеробства НААН" 50°20' п.ш. 30°25' с.д.	ЛС.п.п.
Достатнього зволоження (1,3-1,6)	Лісостепова Правобережна* Ґрунти - темно-сірі опідзолені	Інститут луб'яних культур НААН 51°41' п.ш. 33°55' с.д.	ЛС.л.п.
Недостатньо зволожена (1-1,3)	Лісостепова Лівобережна Ґрунти - чорноземи типові	ДГ "Степне" Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавилова 49°34' п.ш. 34°49' с.д.	ЛС.л.
Помірно- посушлива (1-0,7)	Степова Лівобережна Ґрунти - чорноземи типові малогумусні	Інститут Олійних культур НААН 47°53' п.ш. 30°01' с.д.	С.л.
Суворо посушлива (до 0,7)	Сухостепова Присивашська Ґрунти - темно- каштанові	Асканійська ДС ДС «Інституту зрошуваного землеробства» НААН 46°33' п.ш. 33°49' с.д.	С.п.

Лінійна характеристика льону олійного різних природно-сільськогосподарських зон вирощування (середнє за 2012-2014 рр.)

Сорти (фактор В)	Довжина загальна, см	Довжина технічна, см	$\frac{\text{технічна}}{\text{загальна}}, \%$	Середнє по базовому майданчику		
				довжина загальна, см	довжина технічна, см	$\frac{\text{технічна}}{\text{загальна}}$
Лісостепова Західна провінція (фактор А)						
Еврика	55,9	39,2	0,70	64,9	43,0	66,3
Лірина	70,8	45,6	0,64			
Надійний	68,6	45,4	0,66			
П ніч (St)	64,1	41,7	0,65			
Лісостепова Правобережна провінція						
Еврика	62,2	42,6	0,68	66,9	45,4	67,9
Лірина	74,5	51,0	0,68			
Надійний	67,6	45,7	0,68			
П ніч (St)	63,1	42,4	0,67			
Лісостепова Правобережна* провінція						
Еврика	63,6	41,7	0,66	65,2	43,0	65,9
Лірина	68,3	44,8	0,66			
Надійний	65,2	43,7	0,67			
П ніч (St)	63,7	41,7	0,65			
Лісостепова Лівобережна провінція						
Еврика	61,3	39,5	0,64	65,6	43,0	65,6
Лірина	73,1	49,2	0,67			
Надійний	64,5	43,1	0,67			
П ніч (St)	63,5	40,3	0,63			
Степова Лівобережна провінція						
Еврика	44,2	28,0	0,63	47,6	30,8	64,8
Лірина	53,4	35,9	0,67			
Надійний	48,9	31,2	0,64			
П ніч (St)	44,0	28,2	0,64			
Сухостепова Присивашська провінція						
Еврика	44,6	26,8	0,60	46,2	28,6	61,8
Лірина	46,3	28,9	0,62			
Надійний	49,5	31,1	0,63			
П ніч (St)	44,4	27,5	0,62			
НІР 05 істотність часткових відмінностей				істотність середніх ефектів		
А	3,04	2,58	А	1,52	1,29	
В	3,12	2,66	В	1,27	1,08	

Додаток Е.14

Структура наземної маси рослин льону олійного перед збиранням,
(середнє за 2012-2014 рр.)

Сорти	Частка в наземній масі, %			Співвідношення стебло/насіння
	стебла	полова	насіння	
<i>Лісостепова Західна провінція</i>				
Еврика	57,9	17,0	25,1	2,31
Лірина	60,3	16,7	23,1	2,61
Надійний	59,9	16,4	23,6	2,54
П ніч (St)	60,0	15,8	24,2	2,48
<i>Лісостепова Правобережна провінція</i>				
Еврика	59,2	14,6	26,2	2,27
Лірина	61,3	14,6	24,2	2,54
Надійний	62,4	13,6	24,0	2,59
П ніч (St)	61,5	13,4	25,1	2,45
<i>Лісостепова Правобережна* провінція</i>				
Еврика	58,5	16,2	25,3	2,30
Лірина	59,5	17,7	22,7	2,62
Надійний	60,7	16,7	22,6	2,69
П ніч (St)	60,0	16,4	23,6	2,54
<i>Лісостепова Лівобережна провінція</i>				
Еврика	55,4	16,4	28,1	1,98
Лірина	55,0	18,1	26,9	2,05
Надійний	55,9	17,3	26,8	2,09
П ніч (St)	54,3	17,0	28,7	1,90
<i>Степова Лівобережна провінція</i>				
Еврика	45,2	21,5	33,3	1,36
Лірина	47,0	21,4	31,6	1,48
Надійний	47,5	20,6	32,0	1,48
П ніч (St)	47,6	20,0	32,3	1,47
<i>Сухостепова Присиваїська провінція</i>				
Еврика	42,7	23,8	33,5	1,28
Лірина	45,3	23,0	31,7	1,45
Надійний	46,3	22,6	31,1	1,50
П ніч (St)	44,6	23,8	31,5	1,43

Додаток Е.15

Якісні показники стебел льону олійного (середнє за 2012-2014 рр.)

Сорти	Вміст лубу, %	Дисперсія		Міцність лубу, даН (кг/с)	Дисперсія	
		загальна	Років		загальна	років
<i>Лісостепова Західна провінція</i>						
Еврика	21,8	0,67	0,55	15,3	0,79	0,17
Лірина	24,3	0,45	0,36	17,0	0,97	0,23
Надійний	23,5	0,56	0,48	17,8	0,83	0,47
П ніч (St)	21,9	0,66	0,56	19,1	0,76	0,61
<i>Лісостепова Правобережна провінція</i>						
Еврика	21,0	0,61	0,38	15,1	0,72	0,49
Лірина	22,8	0,64	0,54	16,5	0,52	0,26
Надійний	21,4	0,42	0,32	14,8	0,63	0,23
П ніч (St)	20,1	0,63	0,54	16,8	0,49	0,22
<i>Лісостепова Правобережна* провінція</i>						
Еврика	20,1	0,87	0,78	16,5	0,42	0,18
Лірина	22,0	0,42	0,29	16,1	0,72	0,42
Надійний	20,8	0,75	0,61	14,4	0,71	0,41
П ніч (St)	20,4	0,84	0,72	15,5	0,81	0,52
<i>Лісостепова Лівобережна провінція</i>						
Еврика	20,1	0,84	0,74	12,0	0,73	0,47
Лірина	21,8	0,86	0,71	11,1	0,42	0,28
Надійний	19,7	0,86	0,79	10,5	0,57	0,29
П ніч (St)	18,0	0,93	0,78	13,3	0,66	0,35
<i>Степова Лівобережна провінція</i>						
Еврика	17,0	0,97	0,82	9,2	0,94	0,26
Лірина	18,3	0,85	0,75	8,8	0,73	0,24
Надійний	16,8	0,98	0,86	8,2	0,79	0,16
П ніч (St)	17,5	0,94	0,78	11,9	0,97	0,33
<i>Сухостепова Присивашська провінція</i>						
Еврика	13,9	0,95	0,87	6,7	0,24	0,13
Лірина	13,6	0,94	0,86	7,1	0,33	0,17
Надійний	14,3	0,94	0,83	6,5	0,23	0,14
П ніч (St)	13,3	0,87	0,76	9,0	0,65	0,23

Додаток Е.16

Урожайність сортів льону олійного за різних умов вологозабезпечення, т/га

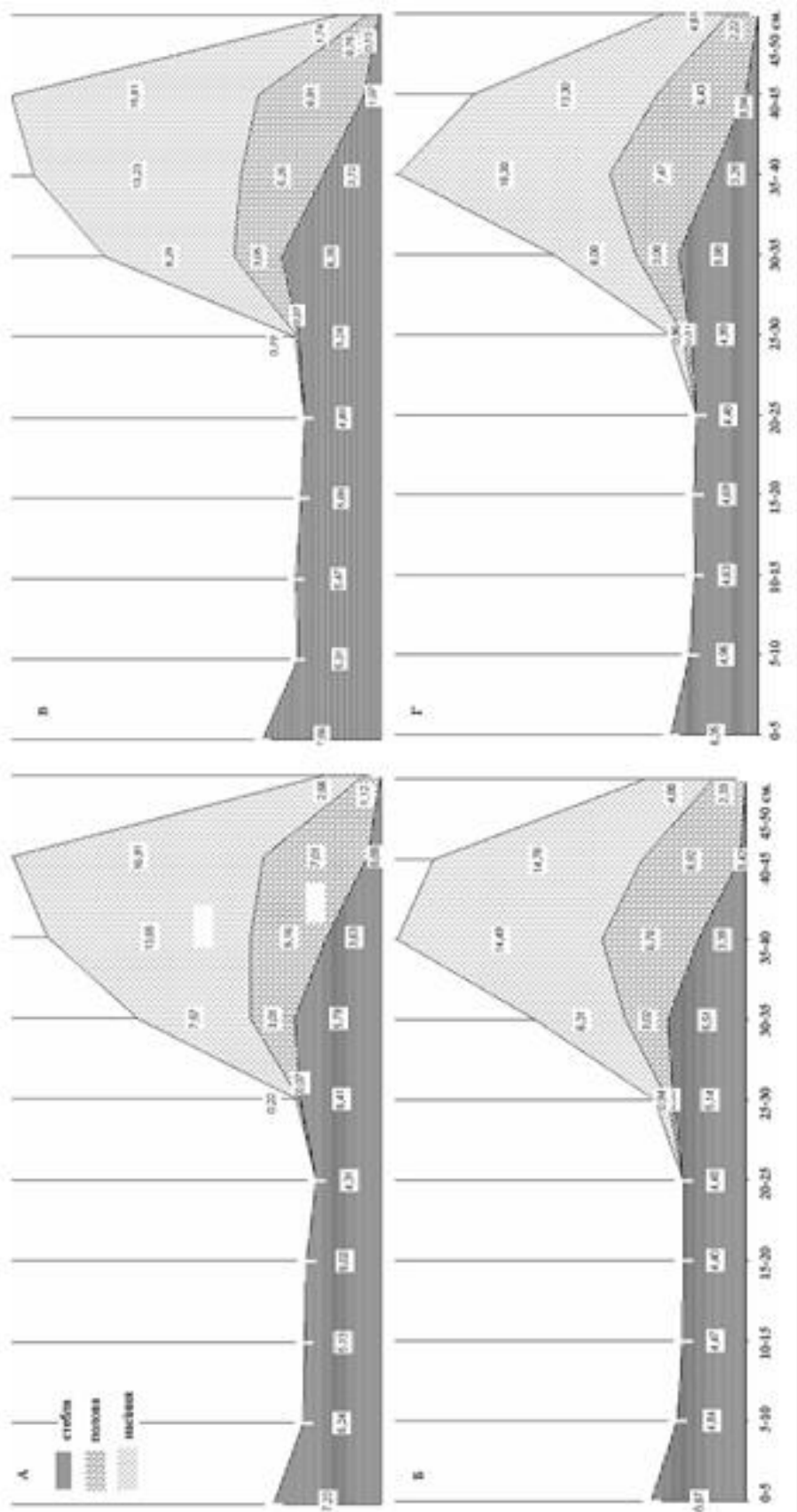
Сорти (В)	При зрошенні (А)									
	Без зрошення (А)					роки досліджень				
	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
	Урожайність насіння, т/га									
Айсберг	1,343	1,328	1,547	1,289	1,360	1,821	1,913	1,882	1,672	1,822
Блакитно помаранчевий	-	-	1,310	1,181	1,509	-	-	1,760	1,580	1,810
Віра	1,415	1,183	1,372	1,228	1,373	1,866	1,718	1,735	1,592	1,740
ВНИИМК 620	1,282	1,472	1,486	1,262	1,340	1,730	1,818	1,864	1,649	1,920
Глінум	-	-	0,949	0,683	0,850	-	-	1,107	0,813	0,983
Дебют	1,317	1,192	1,323	1,211	1,208	1,781	1,540	1,811	1,644	1,827
Евріка	-	-	1,330	1,314	1,352	-	-	1,800	1,657	1,840
Золотистий	1,236	1,057	1,217	1,099	1,050	1,711	1,582	1,687	1,510	1,490
Ківіка	1,234	1,187	1,332	1,162	1,193	1,692	1,493	1,658	1,539	1,740
Лірина	-	-	1,319	1,199	1,503	-	-	1,780	1,632	1,990
Надійний	-	-	1,354	1,289	1,383	-	-	1,787	1,703	1,870
Орфей	1,292	1,247	1,358	1,270	1,638	1,757	1,888	1,763	1,714	2,008
Південна ніч (St)	1,392	1,133	1,353	1,330	1,200	1,900	1,683	1,721	1,682	1,650
Ручеек	1,210	1,508	1,312	1,358	1,488	1,678	1,883	1,759	1,620	1,980
НІР ₀₅ А	0,038	0,037	0,028	0,021	0,035					
В	0,081	0,079	0,075	0,055	0,093					
АВ	0,114	0,112	0,106	0,078	0,132					

Продовження додатку Е.16

Сорти(В)	Без зрошення (А)										При зрошенні (А)									
											роки досліджень									
	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013					
	Урожайність соломи, т/га																			
Айсберг	2,173	1,843	1,950	1,573	1,863	2,930	2,760	2,510	2,208	2,598										
Блакитно помаранчевий	–	–	1,838	1,683	2,258	–	–	3,153	2,353	2,863										
Віра	2,048	1,485	1,480	1,393	1,683	2,995	2,773	2,800	2,280	2,730										
ВНИИМК 620	1,988	1,803	2,088	1,503	1,803	3,080	2,783	2,353	2,150	2,808										
Глілум	–	–	2,863	2,158	2,608	–	–	4,048	3,450	3,720										
Дебют	2,040	1,533	1,640	1,308	1,573	2,920	2,290	2,300	2,030	2,573										
Евірка	–	–	1,863	1,823	1,898	–	–	2,980	2,458	3,010										
Золотистий	1,868	1,353	1,360	1,233	1,313	2,883	2,618	2,493	2,138	2,333										
Ківіка	1,928	1,410	1,550	1,358	1,513	2,988	2,500	2,720	2,393	2,888										
Лірина	–	–	1,953	1,738	2,308	–	–	3,078	2,508	3,320										
Надійний	–	–	2,333	1,933	2,088	–	–	4,073	3,518	3,180										
Орфей	2,000	1,543	1,690	1,458	2,133	3,190	3,318	2,973	2,603	3,410										
Південна ніч (St)	2,075	1,405	1,550	1,528	1,518	3,098	2,865	3,048	2,460	2,708										
Ручеєк	2,123	1,708	2,298	1,708	2,170	2,998	3,153	2,648	2,443	3,193										
НІР ₀₅ А	0,085	0,084	0,056	0,037	0,056															
В	0,181	0,179	0,148	0,098	0,147															
АВ	0,256	0,253	0,210	0,138	0,208															

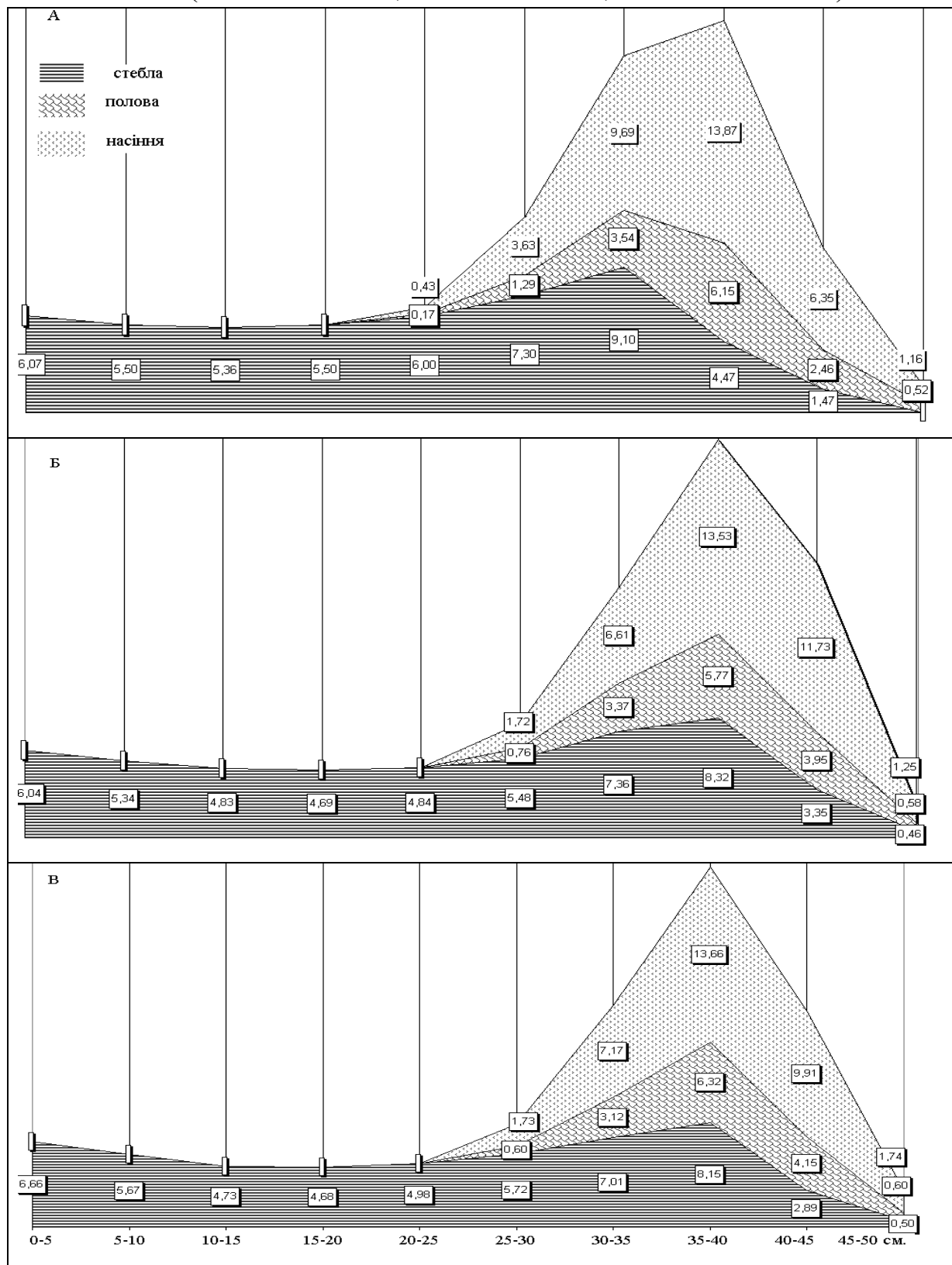
Додаток Ж.1

Розподіл маси льону по шарам без зрошення, % (А; Б – без добрив) (В; Г – на фоні N₆₀ P₄₅ K₄₅). (А; В – міжряддя 15 см), (Б; Г – міжряддя 45 см)

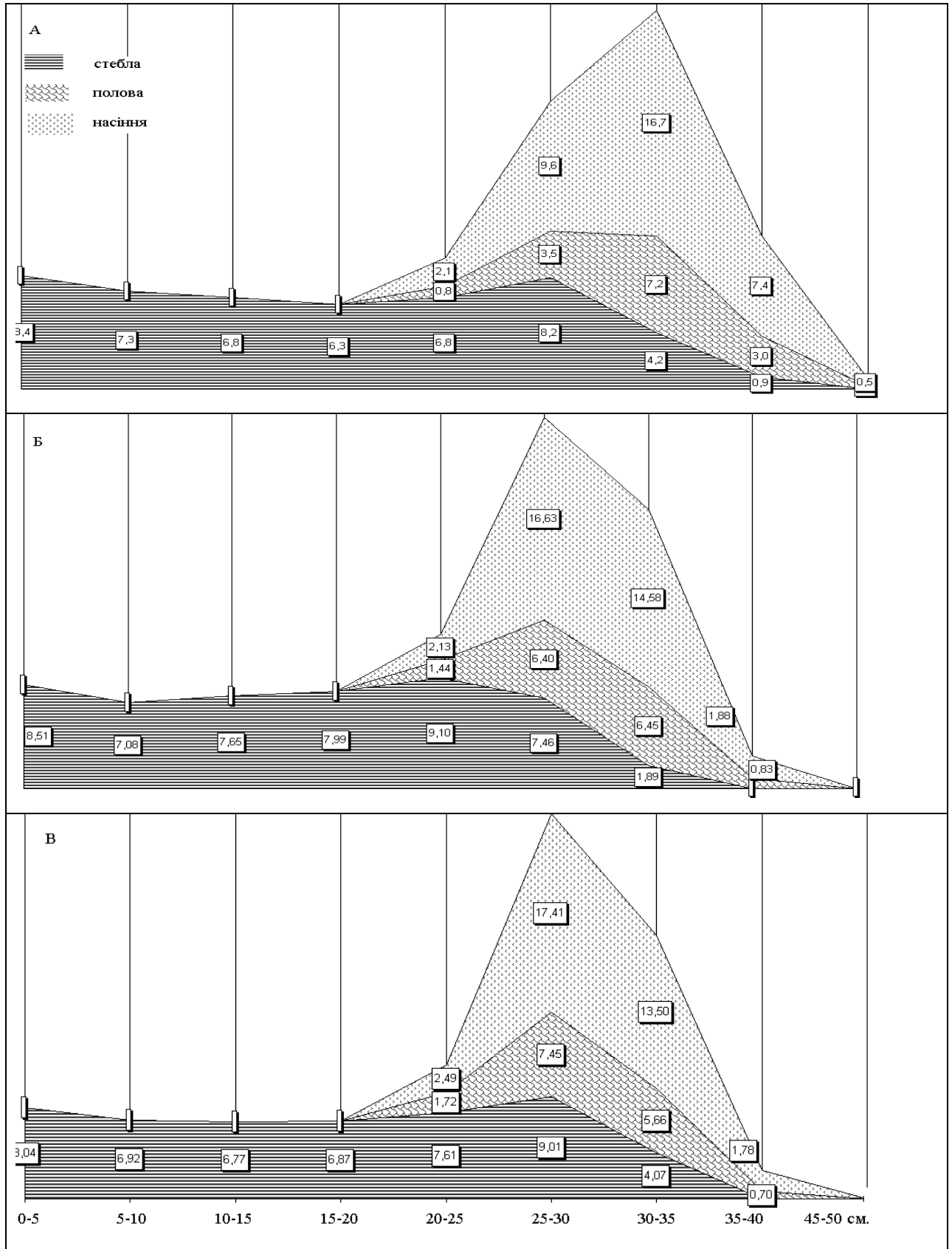


Додаток Ж.3

Розподіл маси льону по шарам при ранній сівбі, %
(А - 4 млн шт./га; Б - 8 млн шт./га; В - 12 млн шт./га.)

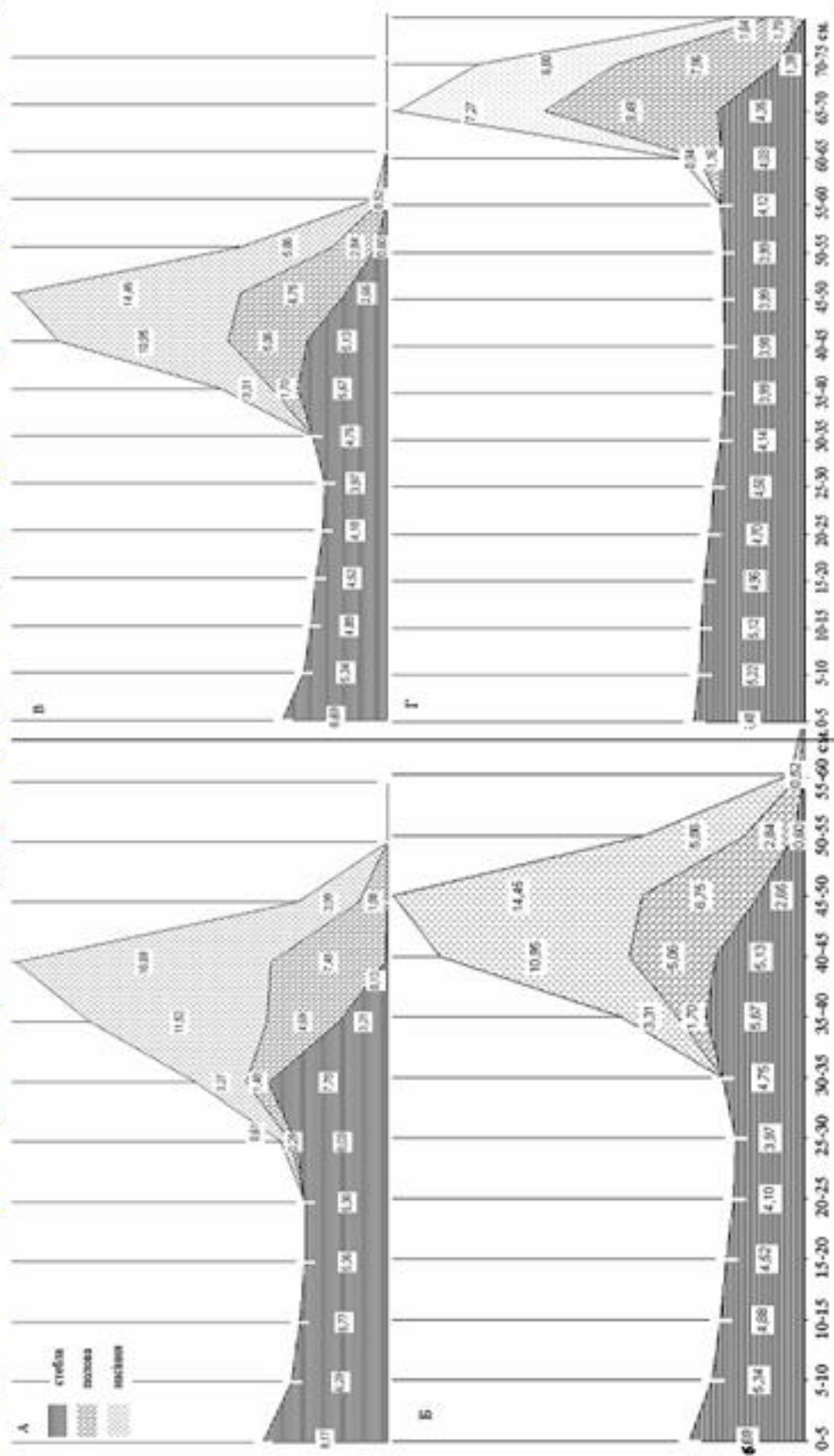


Додаток Ж.4
 Розподіл маси льону по шарам при пізній сівбі, %
 (А - 4 млн шт./га; Б - 8 млн шт./га; В - 12 млн шт./га.)



Додаток Ж.5

Розподіл масиліону по шарам без зрошення (А; Б) та при зрошенні (В; Г),% (А; В – сорт Айсберг, Б; Г – сорт Глілум)



Додаток Ж.6

Вплив технології збирання на вологість рослин льону олійного

Днів після обробки (В)	У роки поновлення вегетації культури (2010; 2013)				У роки звичайного завершення вегетації (2009; 2011; 2012)			
	пряме комбайнування		двохфазне збирання		пряме комбайнування		двохфазне збирання	
	без обробки	Реглон Супер 3 л/га	Раундап 3 л/га	Баста 2 л/га	без обробки	Реглон Супер 3 л/га	Раундап 3 л/га	Баста 2 л/га
Насіння								
0	31,3	30,4	29,8	30,6	28,0	28,1	28,1	27,8
4	22,5	18,4	22,0	18,2	16,4	11,8	14,1	11,1
8	18,5	10,6	13,3	10,3	13,7	9,4	10,1	9,6
12	13,2	9,5	11,6	9,5	10,2	9,3	9,7	9,3
Коробочки								
0	39,2	38,6	38,0	38,9	32,9	32,8	32,5	32,6
4	30,7	22,3	26,6	22,0	22,6	15,7	20,5	15,1
8	23,8	13,9	17,2	13,3	16,0	10,1	13,2	9,8
12	19,6	10,3	13,5	10,5	13,7	9,6	11,9	9,5
Стебла								
0	60,6	60,0	59,5	60,1	51,5	51,5	51,2	51,5
4	56,2	31,5	37,2	31,7	40,0	29,2	32,2	26,8
8	51,1	20,3	25,0	20,8	32,7	19,1	23,4	18,4
12	43,3	15,7	20,7	15,8	27,9	15,6	18,1	15,3
НІР ₀₅	А-0,41-0,53; В-0,36-0,48; С-0,32-0,41; АВС-1,41-1,85							

Урожайність льону олійного залежно від технології збирання, т/га

Роки	Технологія збирання						Величина НІР ⁰⁵
	пряме комбайнування			двофазне збирання			
	без обробки	Реглон Супер 3 л/га	Раундап 3 л/га	Баста 2 л/га			
	Урожайність насіння						
2009	1,242	1,341	1,313	1,350	1,110	0,084	
2010	1,063	1,228	1,263	1,285	1,178	0,060	
2011	1,297	1,427	1,402	1,430	1,187	0,084	
2012	1,212	1,361	1,333	1,359	1,142	0,059	
2013	1,490	1,630	1,580	1,614	1,410	0,074	
	Урожайність соломи						
2009	1,978	2,104	2,054	2,148	1,584	0,140	
2010	1,397	1,649	1,676	1,726	1,384	0,067	
2011	1,860	2,033	1,987	2,056	1,527	0,082	
2012	1,532	1,749	1,717	1,785	1,292	0,085	
2013	1,874	2,021	1,967	2,017	1,583	0,091	

Додаток К.1

Оцінка енергетичної ефективності посівів льону олійного залежно від технології його вирощування

Фон живлення (В)	Режим зволоження (А), ширина міжряддя (С) та норма висіву (D), млн шт./га														
	без зрошення							при зрошенні							
	15 см			45 см				15 см			45 см				
	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Витрати енергій, ГДж/га															
Без добрив	7,32	7,65	7,96	8,03	8,34	8,65	12,3	12,8	13,1	13,1	13,1	13,4	13,7		
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	13,3	13,6	14,0	14,0	14,3	14,4	18,3	18,8	19,1	19,1	19,1	19,4	19,7		
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	15,5	16,0	16,3	16,2	16,5	16,8	20,6	21,0	21,3	21,2	21,2	21,5	21,8		
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	19,2	19,5	19,8	19,6	19,9	20,3	24,1	24,4	24,8	24,9	24,9	25,2	25,5		
Приріст енергій, ГДж/га															
Без добрив	14,4	15,9	14,6	11,9	11,1	10,0	17,3	18,1	18,2	14,4	13,3	12,8			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	14,4	16,1	14,6	11,2	10,3	9,58	18,4	19,7	20,2	14,8	13,8	13,3			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	14,3	16,2	14,4	10,9	10,2	8,84	18,9	20,5	21,1	15,3	14,2	13,2			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	12,4	14,3	12,6	8,66	7,53	6,60	17,5	18,6	19,5	13,8	12,5	12,2			
Енергоємність, ГДж/т															
Без добрив	6,90	6,65	7,24	8,28	8,78	9,51	8,52	8,49	8,59	9,75	10,29	10,62			
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	9,86	9,41	10,0	11,4	11,9	12,3	10,2	10,0	10,0	11,5	12,0	12,2			
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	10,7	10,2	10,9	12,2	12,7	13,4	10,7	10,4	10,3	11,9	12,4	12,8			
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	12,4	11,8	12,5	14,2	14,9	15,5	11,9	11,6	11,5	13,2	13,7	13,9			

Додаток К.2

Енергетична ефективність вирощування льону олійного залежно від терміну посіву та норми висіву

Строк сівби	Норма висіву, млн шт./га	Насіннєве використання			Подвійне використання		
		витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності	витрати енергії, ГДж/га	приріст енергії, ГДж/га	коефіцієнт енергетичної ефективності
Ранній (настання фізичної стиглості ґрунту)	4	11,6	14,0	2,20	15,4	32,1	3,09
	6	12,3	15,2	2,24	15,5	35,9	3,31
	8	12,9	12,9	2,00	16,1	33,8	3,09
	10	13,5	11,5	1,85	16,7	32,6	2,95
	12	13,9	10,1	1,73	17,1	31,3	2,83
	4	11,5	13,1	2,14	15,2	29,9	2,96
Середній (через 10 днів)	6	12,4	14,3	2,15	16,1	33,1	3,05
	8	13,0	13,0	2,00	16,7	33,0	2,97
	10	13,6	11,0	1,81	17,3	31,1	2,79
	12	14,0	9,6	1,69	17,7	29,4	2,66
	4	11,6	9,3	1,80	16,4	21,5	2,31
	6	12,2	10,3	1,84	16,0	25,2	2,58
Пізній (через 20 днів)	8	12,9	10,5	1,82	16,6	26,9	2,62
	10	13,5	8,5	1,63	17,2	24,7	2,43
	12	14,1	6,4	1,46	17,8	22,6	2,27

Додаток Л.1

Температурні умови протягом вегетації льону олійного різних строків сівби (середнє за 2009-20113 рр.)

Термін посіву	Міжфазні періоди							
	сівба – сходи	сходи - ялішка	ялішка - бутонізація	бутонізація - цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	зелена – повна стиглість	посів – повна стиглість	сходи – повна стиглість
Середня температурна повітря, °С								
Ранній	6,8	9,2	14,1	18,4	21,0	23,4	16,7	18,6
Середній	8,9	10,6	15,7	19,3	21,4	23,9	18,3	19,5
Пізній	10,7	14,4	17,3	19,5	22,6	24,4	19,6	20,9
<i>s</i>	1,95	2,69	1,60	0,59	0,83	0,50	1,45	1,16
Сума активних температур (>5), °С								
Ранній	109	64,1	333	233	453	641	1832	1723
Середній	110	71,7	355	240	457	665	1898	1788
Пізній	114	87,2	396	238	461	659	1957	1842
Сума активних температур (>10), °С								
Ранній	37,5	35,6	299	233	453	641	1698	1661
Середній	49,8	49,0	341	240	457	665	1802	1752
Пізній	82,9	80,5	391	238	461	659	1913	1830
Сума ефективних температур (>5), °С								
Ранній	45,6	30,1	214	170	345	504	1308	1262
Середній	48,6	38,7	241	178	350	526	1382	1333
Пізній	61,3	57,2	281	177	359	524	1461	1399
Сума ефективних температур (>10), °С								
Ранній	5,5	5,6	99	107	237	367	820	815
Середній	5,8	9,0	129	116	243	387	890	884
Пізній	14,9	28,5	167	116	257	591	1174	1159

Додаток Л.2

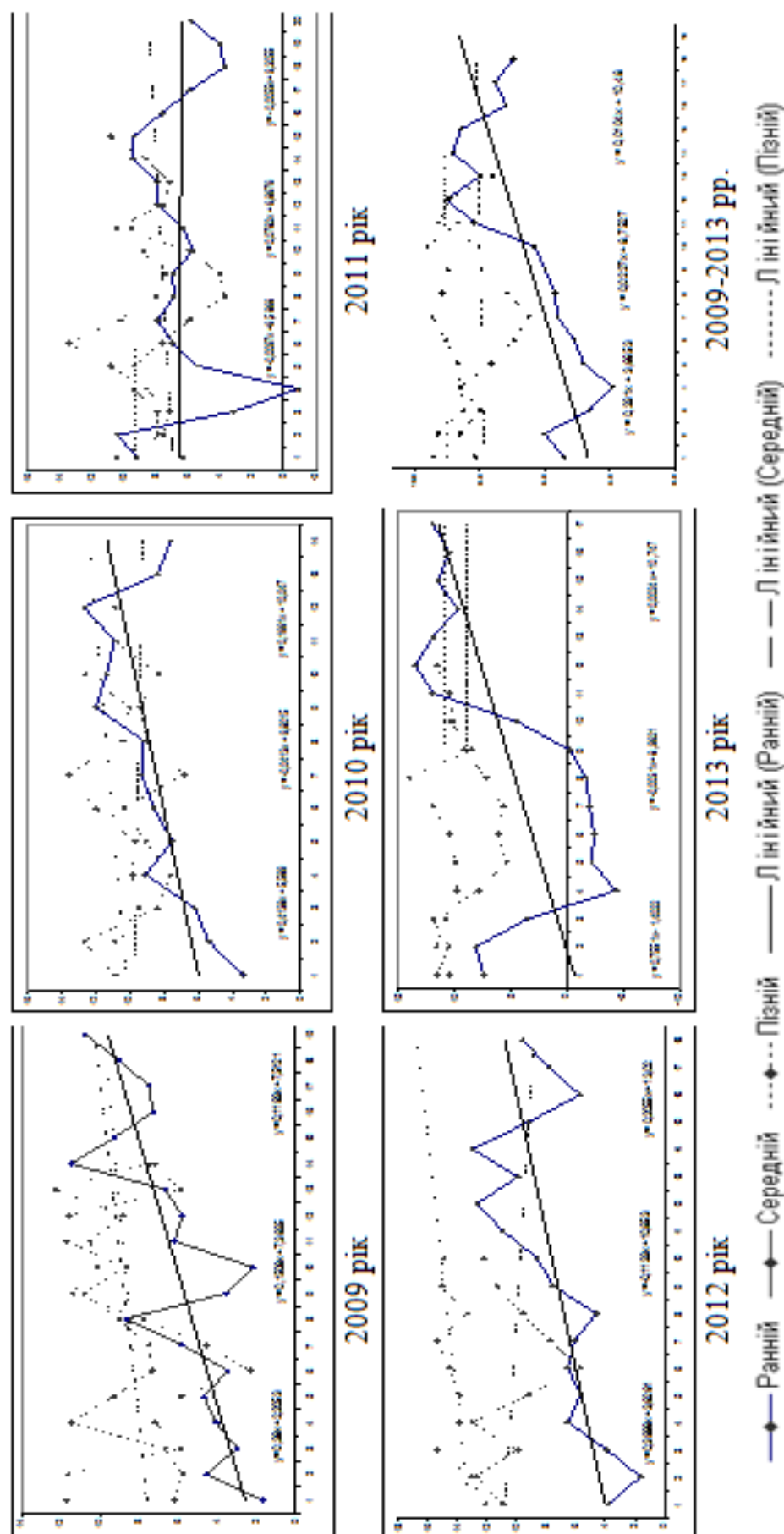
Показники посушливості умов періоду вегетації льону олійного за різних строків сівби (середнє за 2009-20113 рр.)

Термін посіву	Міжфазні періоди							
	сівба – сходи	сходи - ялинка	ялинка - бутонізація	бутонізація - цвітіння	цвітіння – зелена стиглість	зелена – повна стиглість	посів – повна стиглість	сходи – повна стиглість
<i>Опади, мм</i>								
Ранній	23,7	4,0	17,0	9,6	43,4	66,0	164	137
Середній	11,8	3,0	14,5	10,8	43,3	72,9	156	142
Пізній	5,8	0,0	29,6	24,3	31,7	57,3	149	143
<i>ГТК</i>								
Ранній	-	-	0,57	0,41	0,96	1,03	0,82*	0,84**
Середній	-	-	0,42	0,45	0,95	1,10	0,81*	0,83**
Пізній	-	-	0,76	1,02	0,69	0,87	0,76*	0,82**
<i>Винарбовуваність (за М. М. Івановим), мм/добу</i>								
Ранній	1,61	2,24	3,54	4,14	4,55	5,49	3,87	4,31
Середній	2,00	3,08	3,88	4,15	4,76	5,61	4,26	4,56
Пізній	2,90	4,61	3,64	4,31	5,35	6,04	4,63	4,85
<i>Коефіцієнт зволоження (за М. М. Івановим)</i>								
Ранній	0,90	0,25	0,23	0,19	0,50	0,56	0,39	0,35
Середній	0,49	0,20	0,20	0,23	0,48	0,57	0,36	0,35
Пізній	0,20	0,00	0,38	0,63	0,33	0,39	0,33	0,34
<i>Середня відносна вологість повітря, %</i>								
Ранній	73,7	67,9	61,9	64,1	64,1	61,3	64,8	63,1
Середній	71,0	59,1	61,8	65,2	63,2	61,1	63,4	62,4
Пізній	61,7	50,2	67,0	63,9	60,7	58,9	62,0	62,1
<i>Водно-тепмічний коефіцієнт (за В. П. Дмитренком)</i>								
Ранній	1,14	0,44	0,58	0,70	2,13	2,95	1,30	1,36
Середній	0,75	0,34	0,54	0,84	2,19	3,30	1,38	1,51
Пізній	0,41	0,00	1,15	1,94	1,78	2,62	1,46	1,68

Примітки: * – ГТК за період з t>10°C; ** – за період ялинка - повна стиглість

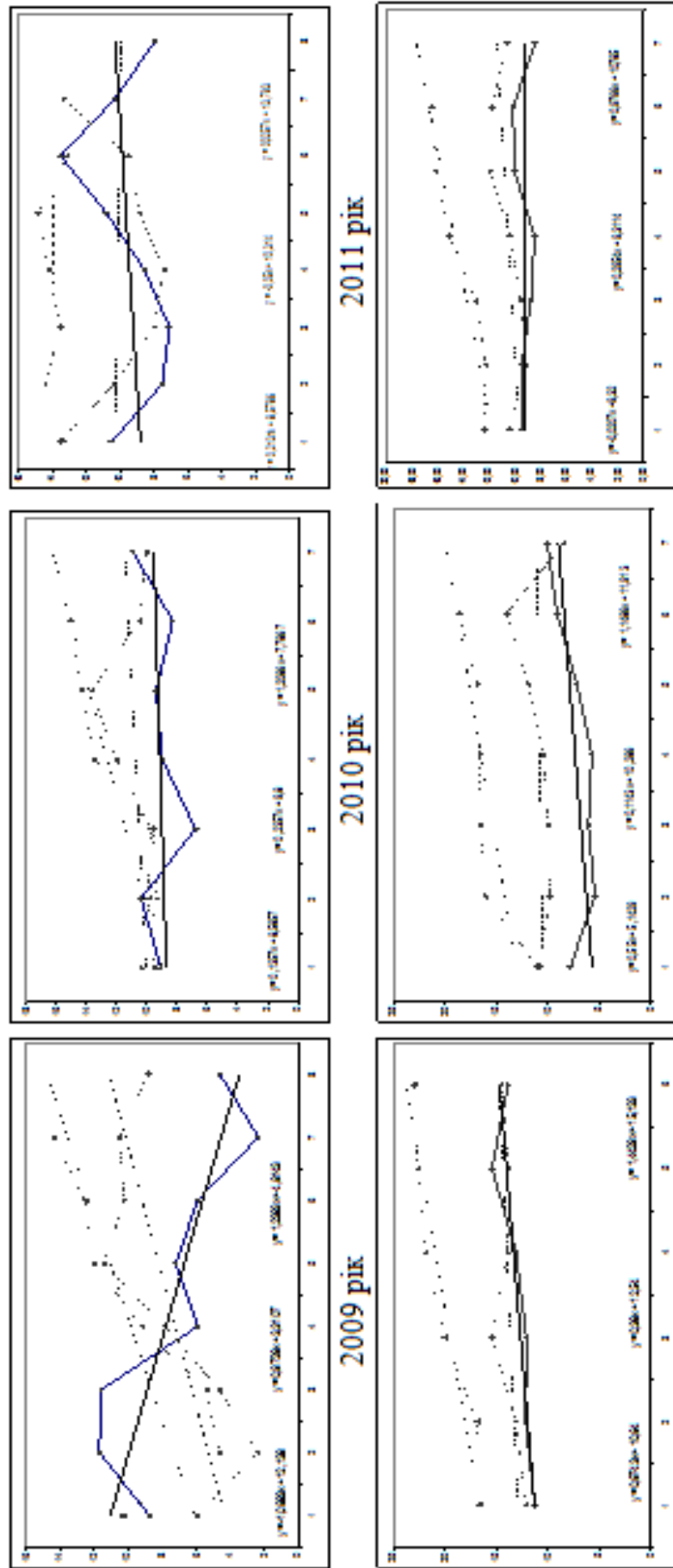
Додаток Л.3

Фактична температура повітря в період сіва – сходи та лінія тренду за різних термінів сіви льону олійного



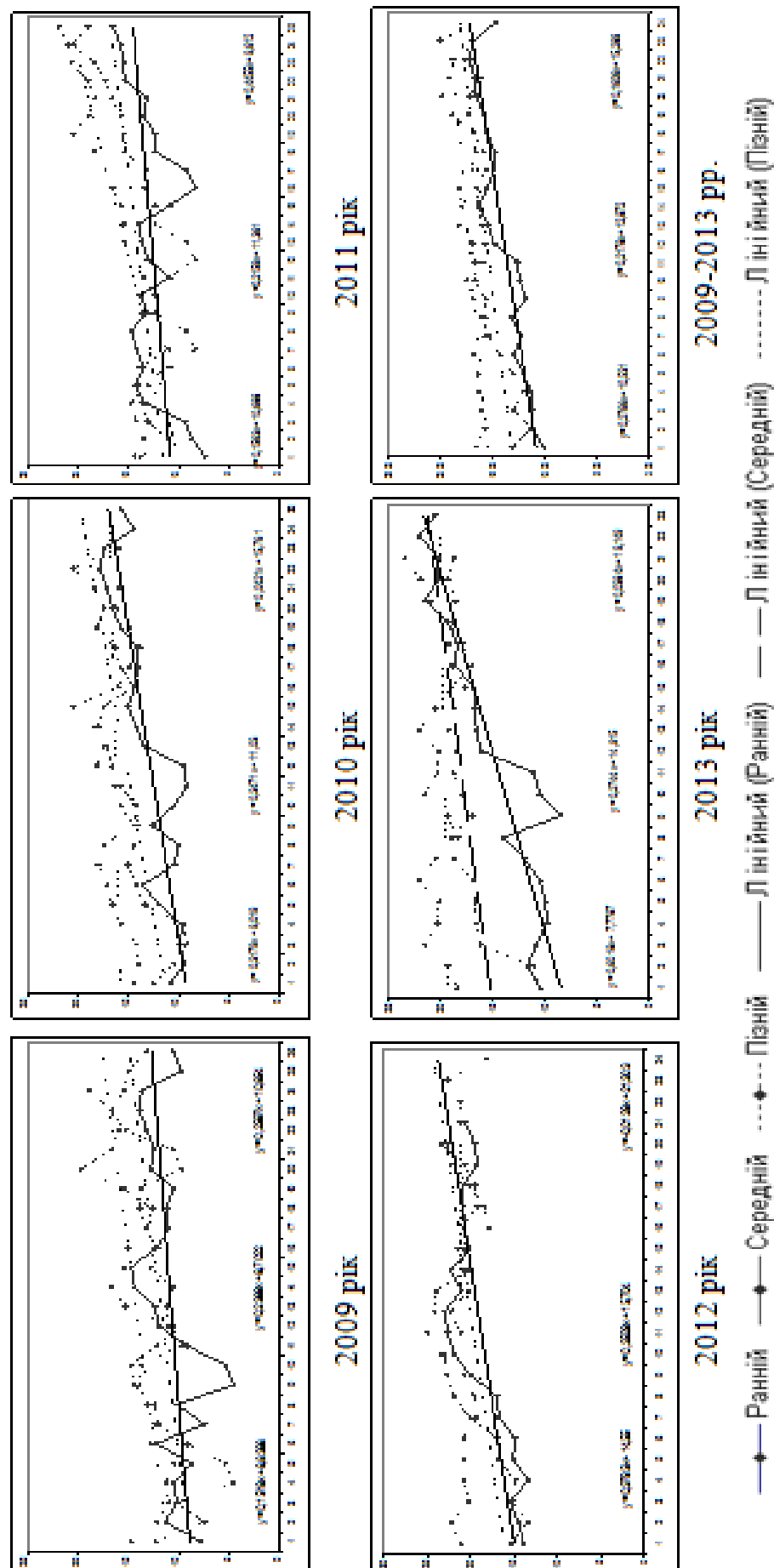
Додаток Л.4

Фактична температура повітря в період сходів - ялинка та лінія тренду за різних термінів сівби льону олійного



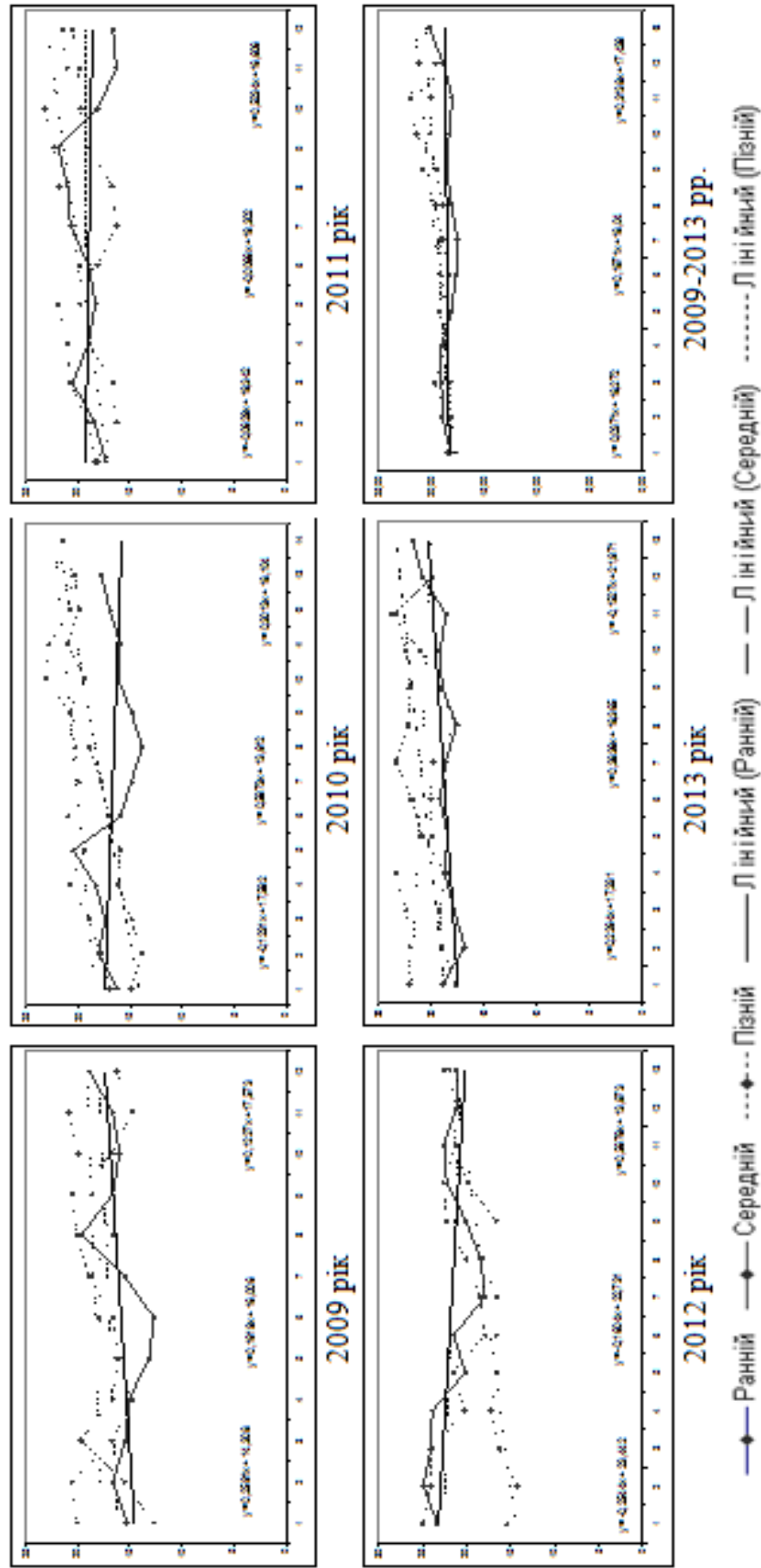
Додаток Л.5

Фактична температура повітря в період ялинка - бутонізація та ліній тренду за різних термінів сівби льону олійного



Додаток Л.6

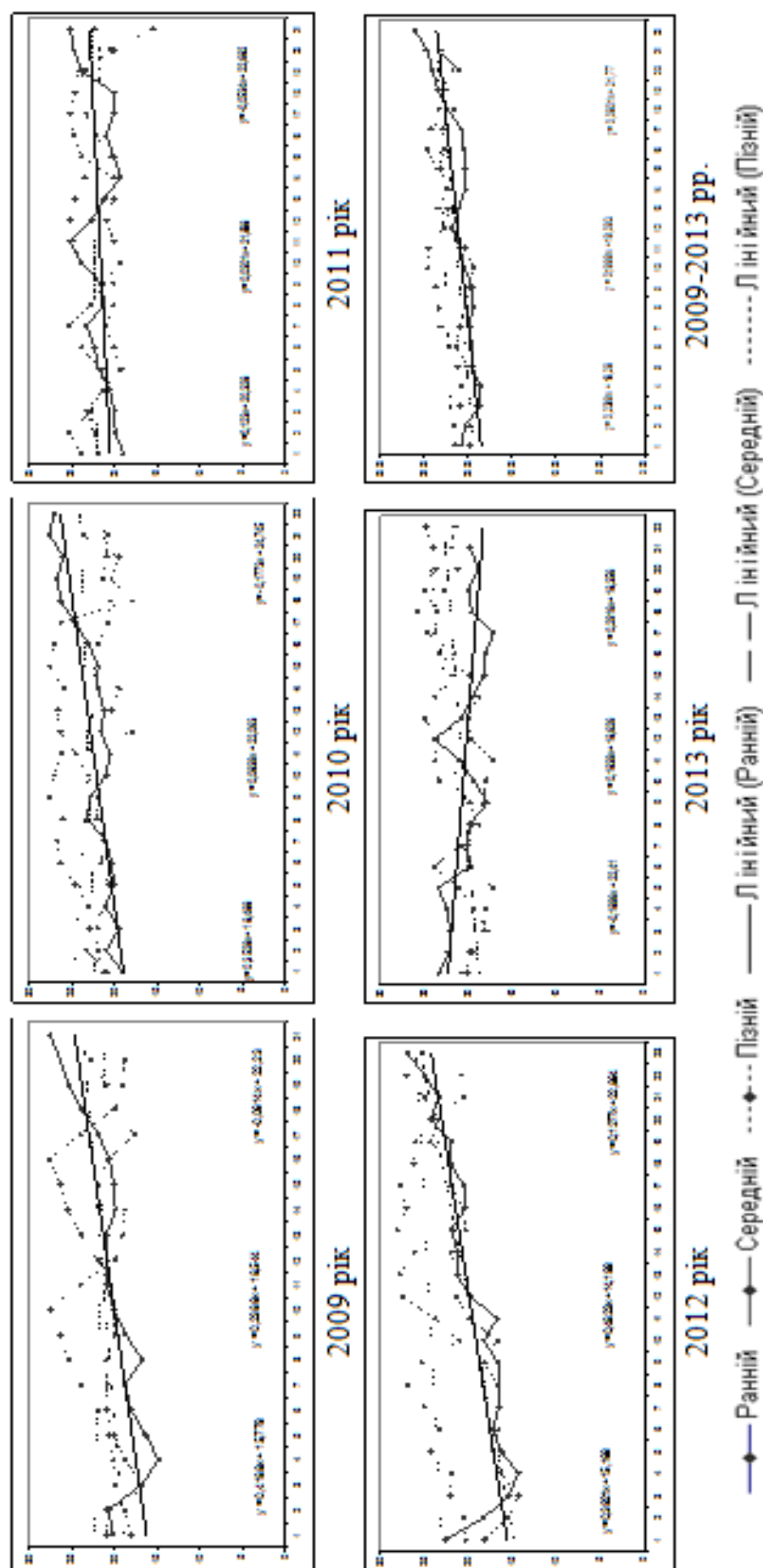
Фактична температура повітря в період бутонізації - цвітіння та ліній тренду за різних термінів сівки льону олійного



Додаток Л.7

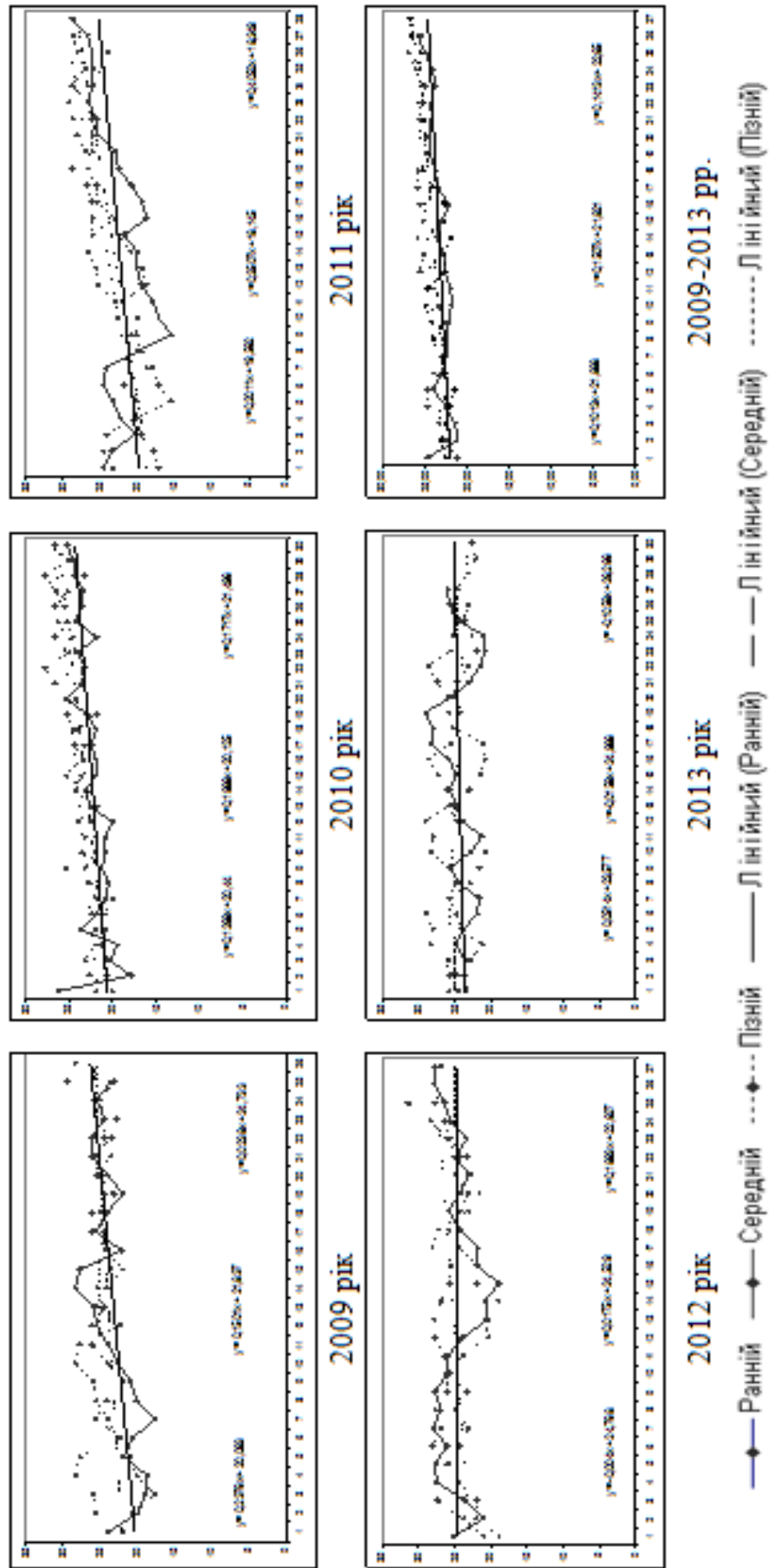
Фактична температура повітря в період цвітіння – зелена стиглість та ліній тренду за різних термінів сіви льону

олійного



Додаток Л.8

Фактична температура повітря в період зелена – повна стиглість ліній тренду за різних термінів сіви льону олійного



Додаток Л.9

Тривалість міжфазних періодів льону олійного залежно від строків сівби та норм висіву (середнє за 2009-2013 рр.)

Між фазні періоди	Строки сівби та норма висіву, млн шт./га																	
	Ранній						Середній						Пізній					
	4	6	8	10	12	12	4	6	8	10	12	12	4	6	8	10	12	
Сівба-сходи	18	18	18	18	18	18	13	13	13	13	13	13	11	11	11	11	11	
Сходи-ялінка	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	
Ялінка-бутонізація	24	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Бутонізація-цвітіння	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11	11	11	12	12	11	11	10	
Цвітіння-зелена стиглість	22	22	21	21	21	21	21	21	20	20	19	19	20	20	19	18	18	
Зелена-лимон стиглість	13	13	13	13	12	12	14	14	13	13	12	12	13	13	12	11	11	
Лимонна-повна стиглість	14	14	13	12	12	12	14	14	13	12	11	11	14	14	13	11	11	
Сходи-повна стиглість	93	93	91	89	87	87	91	91	87	86	83	83	88	88	84	80	79	
Посів-повна стиглість	111	111	109	107	105	105	104	104	100	99	96	96	99	99	95	91	90	

Додаток М.1

Динаміка надходження та розрахункова ефективність опадів

Місяць	Роки та види опадів, мм											
	2014		2015		2016		2017		2018		всього	ефективні
	всього	ефективні	всього	ефективні	всього	ефективні	всього	ефективні	всього	ефективні		
I	37,0	34,8	35,5	33,5	60,0	54,2	14,2	13,9	24,1	23,2		
II	5,6	5,5	46,9	43,4	27,2	26,0	22,0	21,2	47,0	43,5		
III	24,9	23,9	77,4	67,8	20,7	20,0	10,2	10,0	35,1	33,1		
IV	11,4	11,2	40,3	37,7	52,2	47,8	81,8	71,1	2,7	2,7		
V	27,3	26,1	52,4	48,0	96,3	81,5	25,8	24,7	18,7	18,1		
VI	144,1	110,9	41,1	38,4	85,2	73,6	8,0	7,9	11,2	11,0		
VII	0,0	0,0	61,9	55,8	14,8	14,4	7,0	6,9	36,9	34,7		
VIII	87,3	75,1	18,9	18,3	26,0	24,9	2,4	2,4	0,0	0,0		
IX	74,4	65,5	5,0	5,0	9,4	9,3	0,7	0,7	19,5	18,9		
X	69,3	61,6	24,7	23,7	2,2	2,2	11,0	10,8	10,0	9,8		
XI	26,3	25,2	47,1	43,6	27,6	26,4	41,0	38,3	31,0	29,5		
XII	62,7	56,4	7,3	7,2	12,2	12,0	29,0	27,7	56,0	51,0		
Всього	570,3	496,3	458,5	422,3	433,8	392,3	253,1	235,6	292,2	275,5		

Додаток М.2

Сонячна радіація та транспірація в роки досліджень

Місяці	2014		2015		2016		2017		2018	
	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.	Радіація, МДж/м ² /доб.	Его, мм/доб.
I	3,9	1,48	4,0	1,27	4,6	1,46	4,3	0,77	3,7	1,44
II	6,1	1,44	7,1	1,71	6,5	2,03	5,1	1,40	8,2	1,43
III	10,8	2,87	10,5	2,16	9,4	2,12	9,2	2,23	8,6	2,37
IV	14,0	3,48	16,1	3,31	15,1	3,61	19,0	3,88	15,0	3,72
V	16,6	4,33	17,9	4,57	17,4	3,56	18,2	4,27	18,6	5,01
VI	17,3	5,45	20,6	5,27	20,9	4,33	21,0	5,64	19,8	6,13
VII	20,8	6,29	22,7	6,09	23,5	5,10	20,0	6,01	22,7	6,05
VIII	19,0	6,04	20,2	6,68	18,9	5,53	20,3	6,69	21,7	6,09
IX	15,2	4,56	16,4	5,29	15,6	4,01	15,1	4,79	13,3	4,44
X	9,8	2,71	9,0	3,13	8,3	2,53	7,5	2,39	8,9	2,86
XI	4,7	1,32	4,7	1,75	4,5	1,94	4,1	1,50	4,5	1,30
XII	3,5	1,35	4,3	1,43	3,9	1,01	3,0	1,22	3,6	0,67
Серед.	11,8	3,44	12,8	3,55	12,4	3,10	12,2	3,40	12,4	3,46

Додаток М.3

Елементи водного балансу посівів льону олійного без зрошення

Міжфазні періоди	2014		2015		2016		2017		2018	
	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.
Сівба – «ялінка»	5,5	6,2	4,6	17,1	2,0	3,2	3,4	10,2	4,6	1,3
Сівба – «ялінка»	6,6	4,3	5,9	14,6	6,4	12,7	8,0	28,8	7,4	0,0
«Ялінка» – бутонізація	9,1	2,4	8,6	10,7	7,8	15,7	8,8	21,9	9,8	1,0
«Ялінка» – бутонізація	16,1	4,5	15,7	12,4	12,1	19,5	14,5	12,5	18,1	5,0
Бутонізація-цвітіння	22,6	4,8	22,8	15,5	17,2	24,7	21,5	6,9	27,5	7,1
Бутонізація-цвітіння	24,6	5,4	25,6	16,9	19,1	29,1	28,7	5,5	34,0	6,0
Бутонізація-цвітіння	29,4	15,9	29,6	15,5	22,5	27,6	29,4	4,0	33,4	3,5
Дозрівання	28,1	33,7	27,4	13,0	21,8	27,0	32,1	1,9	35,4	2,2
Дозрівання	22,9	46,3	21,9	11,5	20,4	26,9	27,8	2,1	28,1	5,3
Дозрівання	15,2	30,8	14,6	13,9	15,1	19,6	19,1	2,5	18,2	10,8
Дозрівання	3,0	0,0	2,9	5,5	7,7	7,3	8,2	1,7	5,5	7,2
Всього	183,1	154,4	179,5	146,8	152,0	213,3	201,5	98,0	221,9	49,3

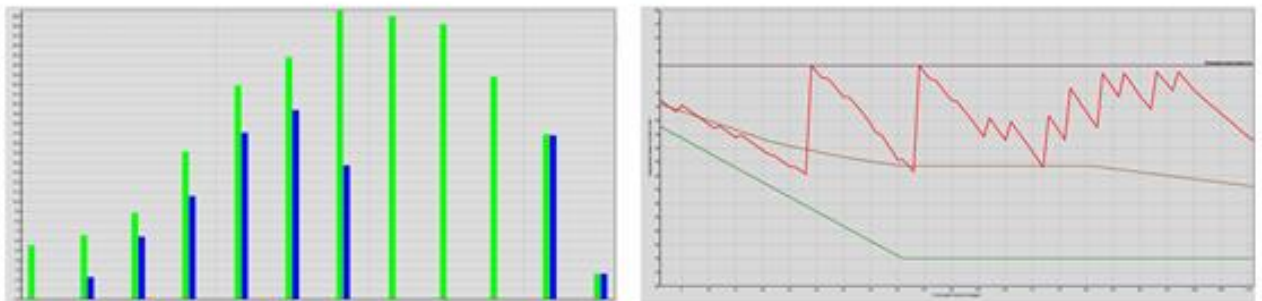
Додаток М. 4

Елементи водного балансу посівів льону олійного при зрошенні

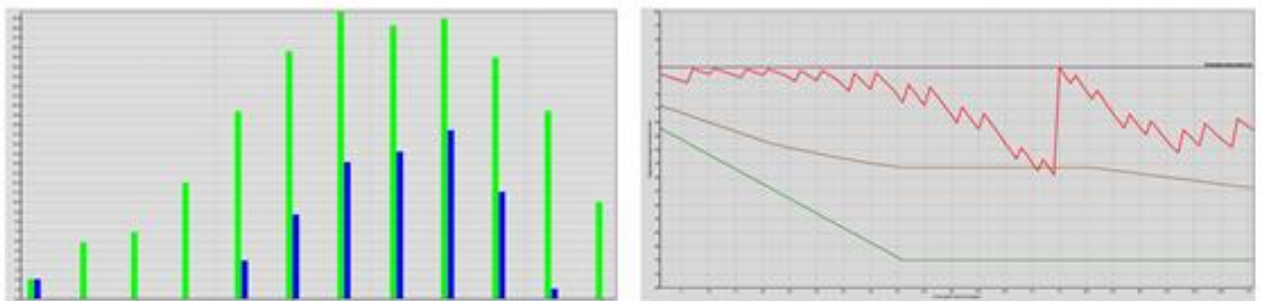
Міжфазні періоди	2014		2015		2016		2017		2018	
	ЕТс, мм/дек	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.	ЕТс, мм/дек.	ефективні опади, мм/дек.
Сівба – «ялінка»	5,5	6,2	2,0	7,6	1,6	2,0	3,4	10,2	4,6	1,3
Сівба – «ялінка»	6,6	4,3	5,9	14,6	5,6	8,7	8,0	28,8	7,4	0,0
«Ялінка» – бутонізація	8,8	2,4	6,9	10,7	6,8	12,7	8,8	21,9	9,6	1,0
«Ялінка» – бутонізація	15,1	4,5	12,0	12,4	12,2	15,7	13,8	12,5	17,1	5,0
Бутонізація-цвітіння	21,9	4,8	19,4	15,5	17,0	19,5	20,2	6,9	26,2	7,1
Бутонізація-цвітіння	24,8	5,4	25,6	16,9	19,2	24,7	28,9	5,5	34,2	6,0
Бутонізація-цвітіння	29,6	15,9	29,7	15,5	19,2	29,1	29,6	4,0	33,6	3,5
Бутонізація-цвітіння	29,0	33,7	28,3	13,0	22,6	27,6	32,3	1,9	36,0	2,2
Дозрівання	28,2	46,3	29,0	11,5	21,2	27,0	31,8	2,1	33,5	5,3
Дозрівання	22,8	30,8	25,0	13,9	18,3	26,9	25,9	2,5	25,8	10,8
Дозрівання	16,9	0,1	19,4	18,4	14,4	19,6	19,4	2,5	18,4	14,3
Дозрівання	2,6	0,0	10,0	14,8	6,6	5,5	8,6	1,0	5,3	3,5
Всього	211,9	154,5	213,2	164,9	164,7	219,1	230,6	99,8	251,9	60,0

Евапотранспірація (А) та графік запасів ґрунтової вологи (Б) на посівах
льону олійного.

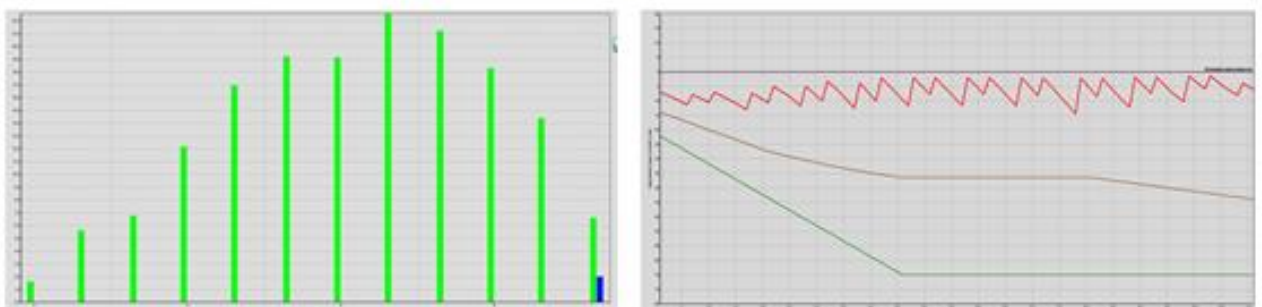
2014 рік



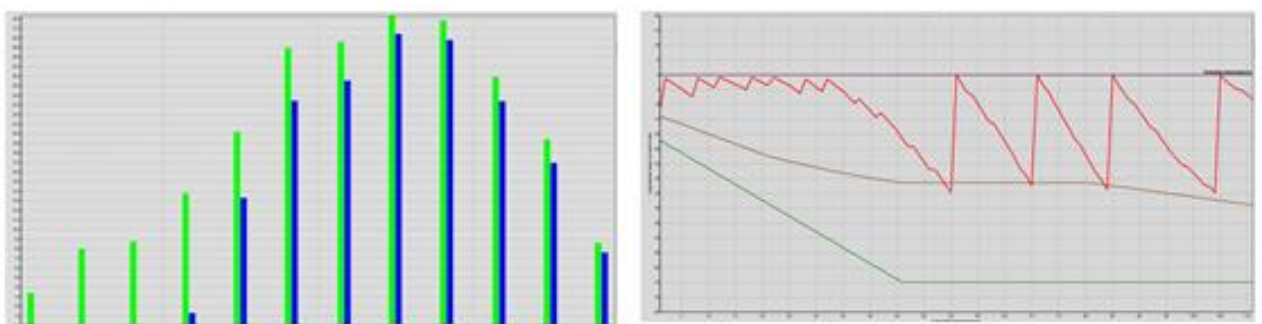
2015 рік



2016 рік



2017 рік

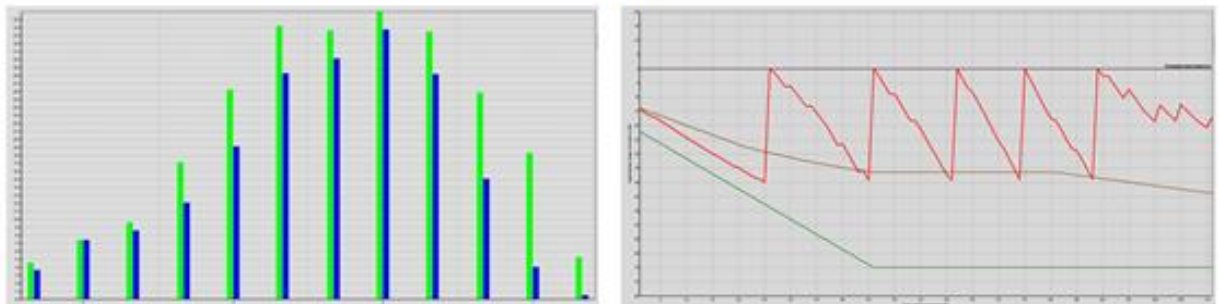


А

Б

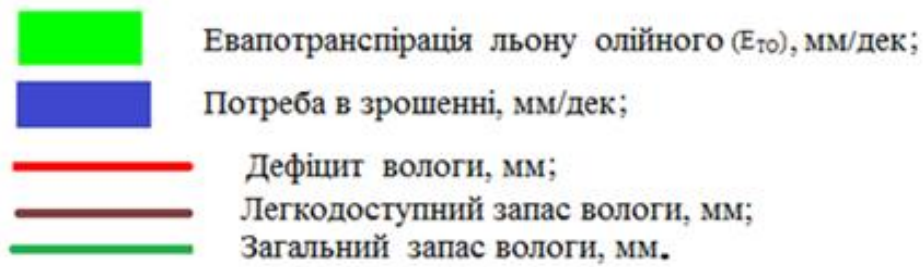
Продовження додатку М. 5

2018 рік



А

Б



Примітка: розрахункові строки проведення поливів

2014 р. 20.IV; 10.V

2015 р. 10.IV

2016 р. потреби в зрошенні не було

2017 р. 31.V; 15.VI; 29.VI; 19.VII

2018 р. 29.IV; 19.V; 4.VI; 17.VI; 1.VII