

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

РУДІК ОЛЕКСАНДР ЛЕОНІДОВИЧ

УДК 633.854.54: 631.5: 677.116: 631.572

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

06.01.09 рослинництво

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора сільськогосподарських наук

Херсон – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України.

Науковий консультант: доктор сільськогосподарських наук, професор,
член-кореспондент НААН
ВОЖЕГОВА Раїса Анатоліївна,
Інститут зрошувального землеробства НААН,
директор.

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
ЩЕРБАКОВ Віктор Якович,
Одеський державний аграрний університет, професор
кафедри польових і овочевих культур.

доктор сільськогосподарських наук, старший
науковий співробітник
ПОЛЯКОВ Олександр Іванович,
Інститут олійних культур НААН, завідувач відділу
агротехнологій та впровадження.

доктор сільськогосподарських наук, доцент
СРЕМЕНКО Оксана Анатоліївна,
Таврійський державний агротехнологічний
університет, завідувач кафедри рослинництва
ім. професора В.В. Калитки.

Захист відбудеться «26» вересня 2019 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 67.830.01 Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» за адресою: 73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23, ауд. 104.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» за адресою: 73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23 та на сайті вищезгаданого закладу.

Автореферат розісланий «23» серпня 2019 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент _____ А. В. Шепель

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Льон культурний – одна з найбільш давніх сільськогосподарських рослин, яка формувалася в напрямках прядивного та олійного використання. Підвиди льону *subsp. elongatum Vav. et Ell.* (довгунці) та *subsp. usitatissimum L. – humile Mill.* (низький, олійний, кудряш) відрізняються переважно морфологічними та деякими технологічними ознаками, однак є подібними за анатомічною та гістологічною будовою стебла, потенційними можливостями використання рослин. Об'єктивно різні технології вирощування, схеми збирання, структура стеблостою, технологічні та фізико-хімічні властивості соломи не дозволяють механічно переносити технології переробки льону-довгунця на льон олійний із використанням серійного промислового технологічного обладнання. Проблему ускладнює вплив ґрунтово-кліматичних умов та генетично зумовлені відмінності вітчизняного сортового складу культури. Тому для більш повного використання потенціалу культури існує необхідність наукового вивчення та теоретичного обґрунтування процесів росту, розвитку та формування маси насіння і стебел льону олійного, ролі та впливу окремих елементів технології вирощування культури на величину, фізичні, хімічні та технологічні характеристики стебел, проведення узагальнюючої оцінки елементів технології вирощування льону олійного з метою його подвійного використання, та розробки технологічного комплексу вирощування культури.

Відсутність вітчизняної волокнистої сировини при наявності в зонах вирощування переробних потужностей текстильної промисловості, існуюче наукове забезпечення та їх технологічні напрацювання, дозволяють, використовуючи стебла льону олійного, вирішувати проблему забезпечення України волокнистими матеріалами.

Нажаль у вітчизняній літературі обидва напрямки використання льону висвітлені окремо, і хоча практичні спроби подвійного використання мали місце, комплексні агротехнологічні дослідження відсутні. Тому поглиблення уявлення про подвійне використання льону олійного є актуальним науковим напрямком.

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 багатфакторний 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 одрживого розвоја» (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 ХХІ 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 «Байер» (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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми з агроекологічним обґрунтуванням технологій вирощування льону олійного в різних ґрунтово-кліматичних умовах, сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет досліджень, надано загальну характеристику роботи.

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

Наведено історію використання льону культурного, надано систематику та морфобіологічні відмінності таксонів виду, зазначено про відношення культури до екологічних факторів, особливості росту й розвитку, проаналізовано результати досліджень вітчизняних і закордонних вчених з оптимізації елементів технології вирощування та впливу їх на врожай і якість продукції. Проаналізовано стан сучасного виробництва та перспективи господарського використання продукції досліджуваної культури. За результатами аналізу наукових джерел встановлено, що одержання високих та якісних урожаїв льону олійного, більш повне використання потенціалу культури, потребує врахування біотичних і абіотичних чинників, розробки та впровадження комплексу агрозаходів з їх агроекологічним обґрунтуванням.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили у незрошуваній та зрошуваній сівозмінах Асканійської ДСДС Інституту зрошуваного землеробства НААН (46° 33' П.Ш. 33° 49' С.Д.). Клімат місця досліджень помірно-континентальний зі значними ресурсами тепла та дефіцитом природної вологи, особливо у весняно-літній період. Спостерігаються значні відхилення у надходженні опадів упродовж вегетації від середніх багаторічних значень, тривалі періоди без дощів і часті ґрунтові й повітряні посухи. В зоні проведення досліджень середньорічна сума опадів становить 421 мм з коливаннями від 263 у посушливі до 693 мм у вологі роки. Протягом періоду вегетації культури, впродовж 2009-2018 рр., температурний режим перевищував багаторічні значення. За кількістю опадів 2009, 2011-2012, 2017-2018 роки були сухими, 2013-2015 в межах норми, 2010, 2016 роки – вологими, проте надходження опадів було вкрай нерівномірним. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений темно-каштановими залишково слабо-солонцюватими важкосуглинковими ґрунтами. 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 обмінного калію 400 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН 6,8-7,0.

Закладання дослідів, проведення спостережень досліджень та аналізів здійснювали відповідно до класичних та спеціальних методик польових досліджень (Доспехов Б.А., 1985; Ушкаренко В.О. та ін., 2008; Андрущенко А.В., 2009).

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; ВНІМК 620; Золотистий; Ківіка; Ручеек.

Із 2011 року до схеми дослідів 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 дослідях 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 $N_{60}P_{45}K_{45}$, 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.

У дослідях органолептично проводили фенологічні спостереження із визначення фаз культури, початком фази вважалось настання її у 10-15% рослин, а повної фази – настання її 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 зеленої, ранньої жовтої, жовтої та повної стиглості).

Облік густоти рослин та фенологічні спостереження проводили у двох несуміжних повтореннях на фіксованих ділянках площею $1m^2$. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом через 10 см на глибину 0-100 см в основні фази росту й розвитку культури згідно ДСТУ CEN ISO/TS 17892-1:2007. Щільність ґрунту визначали методом ріжучого кільця в модифікації Качинського з аналогічним інтервалом згідно ДСТУ ISO 11272-2001. У ґрунті визначали вміст нітратного азоту (за Грандваль-Ляжем), рухомого фосфору – в 1%-ій вуглецево-амонійній витяжці (за Мачигінім), обмінного калію – в цій же витяжці на полуменевому фотометрі. В біологічній масі рослин для визначення загального виносу елементів живлення, визначали вміст азоту – за Кьельдалем, фосфору – варіант Мерфі-Рейлі із застосуванням аскорбінової кислоти, калію – на полуменевому фотометрі (ДСТУ 13496.493; ДСТУ 2665797; ДСТУ 3050497). Мокре озолення рослинного матеріалу проводили сумішшю сірчаної та хлорної кислот за Гінзбург (Минеев В.Г., 2001).

Оцінку якості насіння, визначення маси 1000 насінин проводили 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 жиру за знежиреним залишком в апараті ЕЖ – 101 (ГОСТ 13496.15-97). Жирнокислотний склад олії визначали методом газорідинної хроматографії на приладі «Сэлмикро - 1» (ГОСТ 30418-96). Йодне число визначали за методом Кауфмана з використанням бромистого натрію в метиловому спирті (ДСТУ 4569:2006). Кислотне число визначали з використанням холодних розчинників (ДСТУ 4350:2004).

Оцінку якості лляної соломи та лубу здійснювали відповідно ГОСТ-28285-89 «Солома льяная. Требования при заготовках», та ДСТУ 5015:2008 «Волокно льяне коротке. Технічні умови». Вихід лубу визначали ваговим методом, довжину жмені на приладі ДЛ-2М, а діаметр – стебломіром С-2. Особливості анатомічної будови стебел льону визначали методами світлової мікроскопії.

Облік урожаю проводили методом суцільного збирання ділянок останнього

порядку із відбиранням снопів та зразків насіння для оцінки засміченості та вологості. Визначенням структури врожаю льону олійного передбачали встановлення кількості суплідь на одній рослині, маси насіння в коробочці та на одній рослині, маси стебел однієї рослини, технічної частини та діаметру стебла. Структуру врожаю визначали методом аналізу пробного снопа, а якість насіння – загальноприйнятими методами аналітичних досліджень. Довжину волокон льону олійного визначали шляхом відбору з лабораторного зразка трьох елементарних проб масою по 5 мг. Вимірювання довжини кожного волокна проводили із точністю до 1 мм. Волокна розкладали за групами відповідно до довжини та зважували (Тіхосова Г.А., 2010).

Результати досліджень підлягали обробці методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу (Доспехов Б.А., 1985; Ушкаренко В.О. та ін., 2014 р). Статистичну обробку результатів виконували із застосуванням програмних пакетів MathCAD, Microsoft Office та Statistica 6.

Економічну ефективність визначали на основі технологічних карт за фактичними витратами, енергетичну оцінку виконували методом енергетичних еквівалентів (Медведовський О.К., Іваненко П.І., 1988).

Агротехніка у досліді, за винятком факторів, що підлягали вивченню, була рекомендованою при вирощуванні льону олійного. Культуру розміщували в зернових ланках сівозмін після пшениці озимої. Основний полицевий обробіток ґрунту проводили за схемою зяблевого комбінованого обробітку. Відразу після збирання попередника виконували дискування БДВП-4,2 на 8-10 та 10-12 см, у випадку подальшої появи бур'янів проводили культивуації. Добрива, фоном $N_{45}P_{30}K_{30}$ або у відповідних до схеми досліду дозах, вносили під основний обробіток ґрунту, який виконували на глибину 20-22 см.

Із добрив використовували нітроамофоску та аміачну селітру. Із осені, для вирівнювання поверхні ґрунту, проводили суцільну культивуацію з боронуванням. Навесні, при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості, проводили боронування важкими зубовими боронами та передпосівну культивуацію. Сівбу в ранній строк у роки досліджень проводили відповідно 18.03; 27.03; 25.03; 26.03; та 21.03. Під сівбу у другий та третій строки додатково проводили ще одну культивуацію.

Сівбу, відповідно до схеми досліду, виконували сівалками Клен-6, або СН-16. У дослідях висівали сорт льону олійного Південна ніч. Норму висіву, вона не була передбачена схемою досліду, встановлювали із розрахунку 6 млн. схожих насінин/га. Посіви прикочували кільчасто-шпоровими котками. На широкорядних посівах проводили міжрядні культивуації. У фазу «ялинки», за досягнення рослинами висоти до 10 см, використовували бакову суміш гербіцидів Агрітокс 500 (1,0 л/га) + Лорен (0,008 кг/га). При застосуванні засобів захисту рослин та десикації використовували самохідний оприскувач Лазер 3000. Збирання проводили комбайном Сампо 130, соломи – прес-підбирачем рулонного типу.

Поливи здійснювали установкою фронтального типу Zimmatic, нормою $400 \text{ м}^3/\text{га}$ підтримували вологість ґрунту в шарі 0-70 см на рівні 65-70% від НВ.

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

Встановлено, що полицева зяблева оранка на 20-22 см, із наступним рекомендованим допосівним обробітком темно-каштанового слабо-солонцюватого ґрунту, забезпечує на період сівби льону олійного задовільну будову орного шару. Щільність складення підорного шару в межах 1,41-1,44 г/см³ зумовлює необхідність у польових сівозмінах періодичного розпушування підорних горизонтів. Сумарне водоспоживання льону олійного змінюється в межах від 108 до 212 мм за рахунок значних коливань як запасів ґрунтової вологи, так і опадів вегетаційного періоду. За цих умов проявляється висока стабілізуюча роль зрошення, частка якого в сумарному водоспоживанні культури становить біля 40%.

Визначено, що зрошення, серед досліджуваних технологічних заходів, чинить найбільш вагомий вплив на тривалість вегетації культури, подовжуючи її на 8-9 діб, переважно за рахунок фаз етапу генеративного розвитку, внаслідок чого зростають лінійні показники рослин та елементи структури врожаю. Внесення мінеральних добрив сприяло більш економному витрачання вологи.

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, фосфору – на 13%. В умовах зрошення винос азоту зростає на 36,5, фосфору на 47,0, калію на 53,3%.

Зрошення на фоні застосування мінеральних добрив збільшує швидкість лінійного росту рослин, листовий індекс. Фотосинтетичний потенціал зрошуваних рослин зростає на 18,5-25,2%, на фоні внесення мінеральних добрив – від 7,4 до 21,4%. За рахунок зрошення чиста продуктивність фотосинтезу зростає, в середньому з 3,6 до 3,9 г/м² за добу, а за рахунок внесення мінеральних добрив без зрошення – із 3,14-3,37 до 3,63-4,06 г/м² добу, при зрошенні – з 3,38- 3,60 до 3,98-4,38 г/м² добу. Суха наземна маса посівів зростає на 1,02-1,74 та 1,25-2,06 т/га відповідно умовам зволоження.

В незрошуваних умовах найвищу врожайність насіння – 1,65 т/га та соломи – 2,36 т/га, забезпечував фон живлення N₉₀P₆₀K₆₀, сівба з міжряддям 15 см нормою 6 млн шт./га. При зрошенні максимальний рівень урожайності насіння (2,16 т/га) та соломи (3,19 т/га), досягається внесенням N₉₀P₆₀K₆₀, сівбою з міжряддям 15 см та нормою 7 млн шт./га. Дослідженнями встановлено, що зрошення зумовлює підвищення олійності насіння льону в середньому на 0,42 відсоткові пункти (в.п.). Збільшення дози добрив понад N₆₀P₄₅K₄₅ знижує вміст жиру. Переваги вирощування льону олійного із міжряддям 45 см полягали виключно у можливості отримання насіння харчового, медичного призначення, або органічної продукції за рахунок механічного регулювання забур'яненості. Врожайність насіння при цьому, відповідно до умов зволоження, знижувалася на 14,7 та 12,4% (табл. 1).

Урожайність насіння льону олійного сорту Південна ніч залежно від досліджуваних елементів технології вирощування, 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	1,10	0,97	0,95	0,91
N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀	1,35	1,45	1,39	1,23	1,20	1,17
N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,45	1,57	1,50	1,32	1,30	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	1,30	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	2,10	2,16	1,89	1,84	1,84
НР ₀₅ , т/га	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					

У жирі льону олійного сорту Південна ніч домінують поліненасичені кислоти, з переважанням ліноленової кислоти – 56,1-60,8% (табл. 2).

Таблиця 2

Жиринокислотний склад олії льону сорту Південна ніч залежно від режиму зволоження та фону живлення, % (середнє за 2009-2013 рр.)

Фон живлення (В)	Насичені		Мононе-насичені	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	
НР ₀₅	А	0,11	0,06	0,03	0,55	0,88
	В	0,07	0,05	0,20	0,26	0,41

Примітка: за сівби з міжряддям 15 см нормою висіву 6 млн шт./га.

Друге місце за вмістом посідає мононенасичена олеїнова кислота 17,9-20,5%.

Найменша частка належить насиченим кислотам, у складі яких переважає пальмітинова кислота 4,71-5,64%. Покращення вологозабезпечення та удобрення не призводило до вагомих якісних змін жирнокислотного складу в абсолютних величинах, що пов'язано з дуже слабкою реакцією рослин на вплив цих чинників.

Зрошення зумовлює збільшення частки поліненасичених жирних кислот на 2,48-3,10 в.п. за рахунок мононенасиченої та насиченої груп. Внесення мінеральних добрив, а також підвищення їх норми також супроводжується зростанням частки поліненасичених жирних кислот за рахунок насичених та мононенасичених у межах до 1,61 в.п. без зрошення та до 2,07 в.п. на зрошенні. Найбільш суттєво змінюється вміст ліноленової та олеїнової кислот.

Технологічні заходи, що сприяли підвищенню врожаю насіння, одночасно збільшували і врожайність соломи. Зрошення сприяло зростанню врожайності соломи у середньому на 34,4% та частки стебел у наземній масі рослин на 3,10 в.п.

Внесення мінеральних добрив та зрошення зумовило відмінності анатомічної будови стебла: збільшення його діаметру, 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, покращило властивості соломи льону олійного та формує її більш придатною для переробки й вилучення волокна. У середньому за рахунок зрошення загальна та технічна довжина стебла зростала 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 зростала.

СТРОКИ СІВБИ ТА НОРМИ ВИСІВУ – ЯК ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

За результатами досліджень встановлено, що найкращі умови для отримання сходів, подальшого росту й розвитку, формування стебел та репродуктивних органів склалися за сівби у період після досягнення ґрунтом стану фізичної стиглості. Перенесення строку сівби на більш пізній час зумовлює суттєво жорсткіші термічні умови, переважно передгенеративного вікового періоду культури, що не відповідає біології льону. Після бутонізації рослин відмінності температурного режиму не проявляються, а період дозрівання культури, висіяної в різні строки, суттєво не відрізняється за температурною динамікою.

Надходження опадів характеризується високою нестабільністю й нерівномірністю та не пов'язане із строками сівби. В цілому вологозабезпеченість посівів льону формується більш сприятливо для біології культури при ранній сівбі, погіршуючись при зміщенні сівби на 10 та, особливо, на 20 днів.

Найвищих значень, 1462 тис. м² добу/га, фотосинтетичний потенціал досягає за ранньої сівби з нормою висіву 8–10 млн шт./га, проте чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є вищою при сівбі в пізніший строк з нормою 4 млн шт./га (4,35 г/м² добу). Вищими значення ЧПФ були за сівби в третій строк (0,66-0,99 г/м² добу) та менших нормах висіву (0,44-0,59 г/м² добу).

Ранній строк сівби та загушення посіву збільшують частку стебел у загальній масі рослин до 49,5%, тоді як частка насіння є вищою за сівби у середні строки з нормою 6 млн шт./га.

Більшу частину біологічної маси рослин льону олійного складають стебла 44,5-49,5%, тоді як частка насіння перебуває в межах 27,4-29,0%. У середньому по фактору вищим є відсоток насіння за другого строку сівби (28,5%), порівнюючи з першим – 28,1 та третім – 28,2%. За зміщення часу сівби частка насіння має загальну тенденцію до зростання, тоді як відсоток стебел – до зменшення. Зі збільшенням норми висіву від 4 до 6 млн шт./га, частка насіння в наземній масі різко зростає, однак зменшується з подальшим загушенням. При збільшенні норми висіву від 4 до 12 млн шт./га, частина стебел зросла. Найбільше насіння в масі рослин – 29,4% формується за середнього строку сівби при загущенні 6 млн шт./га, а стебел – 49,5%, при ранньому та загущенні 12 млн шт./га.

Сівба льону олійного в ранні строки забезпечує кращі умови появи сходів, росту й розвитку, внаслідок чого густина посівів була вищою. Польова схожість зменшується в середньому на 2,4 в.п. при зміщенні строку сівби на 10 днів та на 6,4 в.п. – при сівбі через 20 днів. Зі збільшенням норми висіву від 4 до 12 млн шт./га польова схожість зменшується на 3,6 в.п. за ранньої сівби, 2,3 – за середнього строку та 0,8 в.п. – за пізнього. Унаслідок зміщення строків сівби та загушення спостерігали зниження виживання рослин у середньому за факторами до 0,66 та 0,87 в.п.

Урожайність насіння льону олійного обумовлена сукупним впливом системи взаємопов'язаних показників, що визначають кількість рослин на одиниці площі та масу насіння однієї рослини. Оскільки ці ознаки мають протилежний напрям, 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.

Зміщення строку сівби із раннього до пізнього спричиняє зменшення кількості коробочок із однієї рослини у середньому по фактору на 3,70%, кількості насіння в коробочці на 1,22%, маси 1000 насінин на 2,49%. Насіннева продуктивність однієї рослини зменшується на 6,56%, проте досягає найвищого значення за середнього строку сівби.

У середньому за роки досліджень врожай насіння був вищим за сівби культури при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості. Зміщення строку сівби на десять та двадцять днів у середньому супроводжувалося зниженням урожайності насіння на 0,02 та 0,18 т/га, відповідно.

Переваги між раннім та середнім строками сівби визначаються особливостями умов року, переважно динамікою температури повітря. У більшості років вищою є урожайність насіння, вміст жиру та продуктивність посівів при сівбі льону за умови набуття ґрунтом стану фізичної стиглості з нормою 6 млн шт./га. При ранньому та середньому строках сівби найвищої врожайності (1,34 та 1,30 т/га) досягали встановленням норми висіву 6 млн шт./га, тоді як при пізньому за норми висіву 8 млн. шт./га – 1,14 т/га.

Зміщення строку сівби на більш пізній строк супроводжувалося зменшенням вмісту жиру у середньому з 44,4% на 1,2 та 3,1 в.п., відповідно. Зі збільшенням

норми висіву спостерігали загальну тенденцію до зменшення олійності насіння, проте достовірні відмінності визначили лише між віддаленими варіантами з кроком у 4 млн шт./га. Більш істотно знижувався вміст жиру при зміні норми висіву з 6 до 8 млн шт./га.

Під впливом строків сівби та норми висіву умовний вихід жиру змінювався в 1,5 рази (табл. 3).

Таблиця 3

Продуктивність льону олійного сорту Південна ніч залежно від строків сівби та норми висіву, т/га (середнє за 2009-2013 рр.)

Строк сівби	Норма висіву, млн шт./га	Умовний вихід		Загальний вихід зернових одиниць
		жиру	лубу	
Ранній	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	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	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

Найбільш різке зменшення виходу жиру визначили за сівби у пізній строк, тоді як відмінності між раннім та середнім строком були меншими. У середньому за рахунок зміщення терміну сівби умовний вихід жиру зменшувався із 0,49 до 0,47 та 0,39 т/га, відповідно.

При формуванні насінневої продуктивності проявилася взаємодія досліджуваних факторів. За сівби при досягненні ґрунтового стану фізичної стиглості та через 10 днів, максимальної продуктивності досягали при встановленні норми висіву 6 млн шт./га, тоді як при пізньому строку оптимальною 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 були умови при ранньому та середньому строках сівби, за яких вихід лубу становив у середньому 0,25 та 0,23 т/га відповідно, тоді як за сівби у третій строк цей показник знизився до рівня 0,20 т/га. Вплив норми висіву мав менш виражений характер. За ранньої сівби, внаслідок загушення 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 у другий строк забезпечила найвищий вихід лубу – 0,24 т/га при нормах висіву 8-12 млн шт./га, а у пізній – за норми висіву 8 млн шт./га – 0,21 т/га.

Зволікання із сівбою льону олійного спричинює зменшення загальної та технічної довжини стебла, діаметра стебла та його миклості. Збільшення норми висіву зумовлює зменшення загальної довжини стебла та зростання технічної його частини, що є кращим для переробки.

Зміщення строку сівби льону олійного призводить до зменшення площі паренхіми стебла на 11,3 та 28,0%, кількості пучків на 0,7 та 10,5%, а волокон в них – на 7,8 та 17,7%. На зрізі стебла вони розташовуються більш зосереджено. Розміри елементарного волокна за рахунок стінки та порожнини зростають на 3,2 та 8,9%. Загущення посівів супроводжується збільшенням кількості волокон та пучків, внаслідок чого їх загальна кількість зростає в межах від 6,5 до 15,0%.

АГРОБІОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ СОРТІВ ЛЬОНУ З ТОЧКИ ЗОРУ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОСНОВНОЇ ТА ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

За результатами дослідження сортовий склад льону культурного має подібну реакцію динаміки процесів росту й розвитку на покращення умов зволоження. Зміни лінійних розмірів рослин, активність продукційного процесу та розподіл сухої маси між окремими органами визначають як генетичні особливості об'єктів різного призначення, так і умови зовнішнього середовища. Порівняно з сортами олійного призначення, сорт льону-довгунця Глінум має триваліший період вегетативного та коротший період генеративного розвитку. За вирощування без зрошення найкоротшим вегетаційним періодом характеризуються середньостиглі сорти Ківіка, ВНІМК 620, Еврика, Ручеек, а найтривалішим – середньопізні: Лірина, Блакитно помаранчевий та Надійний. При зрошенні вегетаційний період подовжився у середньому на 8 діб та склав 93 діб у середньостиглих сортів Ківіка, Еврика та 103-105 діб у середньопізніх сортів Блакитно помаранчевий, Надійний, Лірина.

Рослини льону культурного реагують на умови зрошення зміною співвідношення між окремими частинами рослини. Продукційний процес сортів різного призначення генетично спрямований на формування основного виду продукції. За зрошення, частка стебел в наземній масі льону-довгунця зростає із 63,1 до 67,6%, а насіння – зменшується з 17,4 до 15,1%. У сортів олійного призначення при зрошенні частка стебел зростає із 44,9 до 51,6%, а насіння відповідно зменшується з 28,3 до 27,6%.

У середньому серед сортів льону олійного врожайність насіння зростала на 33,5% та склала 1,31 т/га без зрошення та 1,75 т/га при зрошенні.

Без зрошення вищою була врожайність насіння сортів Айсберг, ВНІМК 620 – 1,37 та Орфей – 1,36 т/га. При зрошенні найвищою визначено врожайність сортів Орфей 1,83 т/га, Айсберг – 1,82, ВНІМК 620 та Лірина – 1,8 т/га. Урожайність сорту льону-довгунця Глінум без зрошення та при зрошенні склала відповідно 0,83 та 0,97 т/га, що у середньому нижче ніж у сортів олійного типу на 36,6 та 44,5% (табл. 4).

**Урожайність насіння сортів льону олійного за різних умов
вологозабезпечення, т/га**

Сорти (В)	Без зрошення (А)			На 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
Вера	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
Еврика	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						

Загальна довжина стебла сортів олійного призначення у середньому досягала 48,3 см, тоді як у льону-довгунця Глінум – 57,4 см. Найбільш високорослими виявилися сорти Надійний – 52,2 см, ВНІМК 620, Південна ніч – 49,4 см та Дебют – 49 см. При вирощуванні на зрошенні цей показник у середньому зріс на 13,1% та склав у сорту Надійний – 60,3 см, Лірина – 56,3 см, та Південна ніч – 56,2 см, тоді як у сорту льону-довгунця Глінум – 84,3 см.

Дослідженнями встановлено, що в умовах Півдня України, при вирощуванні за зональною технологією, сорт льону-довгунця Глінум набуває ознак олійних сортів та формує гріші технологічні властивості соломи, однак за рівнем урожайності соломи переважає олійні сорти в 1,42 та 1,33 рази.

За сукупністю технологічних показників соломи досліджувані сорти льону олійного поступаються властивостям сорту льону-довгунця. Відмінність будови стебла у сортів різного морфотипу полягає в суттєвому збільшенні у прядивного сорту порожнини та паренхіми, за меншої частки серцевини та деревини.

Гістологічний аналіз олійних сортів свідчить, що потовщення стебла на фоні зрошення відбувається за рахунок шару деревини, порожнини та паренхіми. При цьому товщина серцевини зменшується. Подібною є реакція сорту Глінум, у якого паренхіма збільшується на 18,9%. Враховуючи, що луб'яні волокна розміщені в шарі паренхіми, зрошення більш сприятливо вплинуло на якість соломи льону-

довгунця, ніж льону олійного, у якого паренхіма збільшилася на 5,1% (рис. 1).

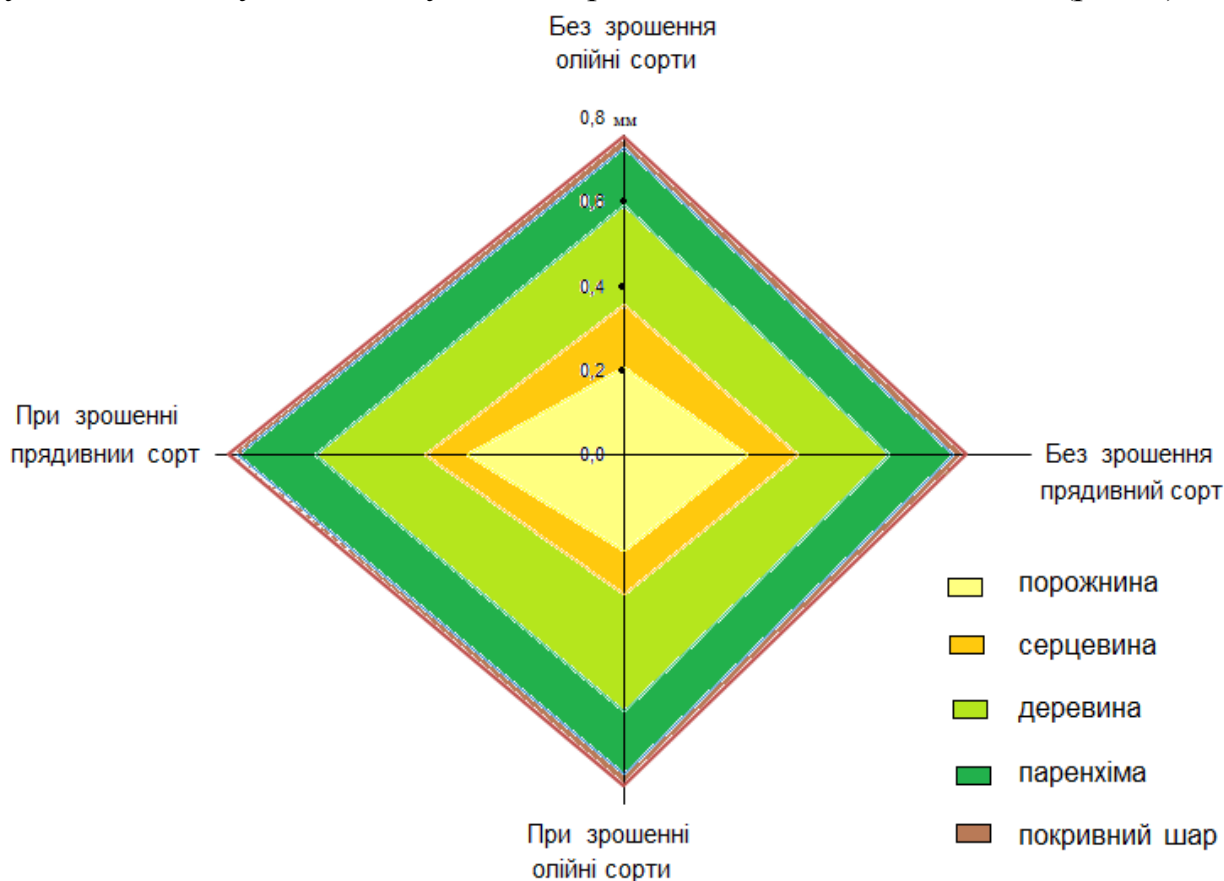


Рис. 1. Будова стебел під впливом умов зволоження, мм (середнє за 2011-2013 рр.)

За однакових умов вирощування виявлені анатомічні переваги у розмірі, кількості та розвиненості волокнистих пучків та елементарних луб'яних волокон у стеблах льону-довгунця. Сорти льону олійного та прядивного призначення відрізняються співвідношенням маси насіння та стебел, що змінюється у олійних сортів від 1,35 до 1,61 та від 3,09 до 3,90 у прядивного, відповідно до умов зволоження. Більшою часткою соломи відрізняються сорти Надійний, Лірина, Ручеек, а при зрошенні – Надійний, Орфей та Ківіка.

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЛЬОНУ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Унаслідок формування вищих рослин, ранні строки сівби та зрошення зумовлюють зменшення частки стебел у зоні зрізу при скошуванні у середньому на 3,6 та 1,6 в.п. відповідно. Особливістю сорту льону-довгунця є формування більш видовженого стебла порівняно з сортами олійного призначення, що більш чітко проявляється на фоні зрошення.

Вологість окремих органів льону олійного залежить від фази дозрівання, що визначається наявністю у ґрунті продуктивної вологи, яка провокує поновлення вегетації культури. Десикація посівів, або скошування у валки, незалежно від погодних умов, прискорює втрати вологи, порівнюючи із дозріванням рослин природнім шляхом. Найшвидше зневоднення посівів льону забезпечує їх десикація

препаратами Баста (2 л/га) та Реглон Супер (3 л/га).

Умови дозрівання культури, як і технологія збирання, зумовлюють відмінності в урожайності та якості продукції (табл. 5).

Таблиця 5

Елементи структури та врожайність 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 насінин у 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 врожайність у досліді отримано за умов проведення десикації, у середньому 1,40 т/га, проти 1,26 у контролі (при прямому комбайнуванні) та 1,21 т/га – при роздільному збиранні. У більшості років урожайність насіння достовірно вищою визначена при прямому комбайнуванні. Різниця між варіантами застосування досліджуваних препаратів є невірогідною.

Під впливом десикації та втрати вологи у скошеному валку, маса 1000 насінин та їх кількість в коробочці не зазнавали суттєвих змін, порівняно із дозріванням посівів на корені. Середня кількість коробочок на рослині – 6,37 шт., була достовірно меншою при двофазному збиранні порівняно з контролем – 7,04 шт., що було зумовлено їх втратами під час скошування маси, укладанням її у валки, десикація посівів не спричиняла достовірних втрат коробочок. У результаті перед обмолотом маса насіння із однієї рослини була меншою на 9,10% а біологічна врожайність – на 8,40%, порівняно з контролем без обробки десикантами. Найвищі умовні втрати насіння при обмолоті визначено при прямому комбайнуванні – 0,17 т/га та при двофазному збиранні – 0,10 т/га, тоді як при застосуванні десикації вони були найменшими та склали 0,02-0,03 т/га.

В зоні мінімальної висоти скошування льону олійного (0-10 см) зосереджено від 10,0 до 12,9% маси рослин, що становить від 16,7 до 23,3% маси стебла. Зрошення, внесення добрив, ранні строки сівби та загушення посівів, які сприяють

збільшенню висоти рослин, зменшують частку маси, яка залишається після скошування, що пересвідчує сприятливу технологію подвійного використання культури. У результаті перед обмолотом, унаслідок скошування стеблостою на вищому зрізі при формуванні валка, стеблова маса зменшується в середньому на 22,5% (рис. 2).

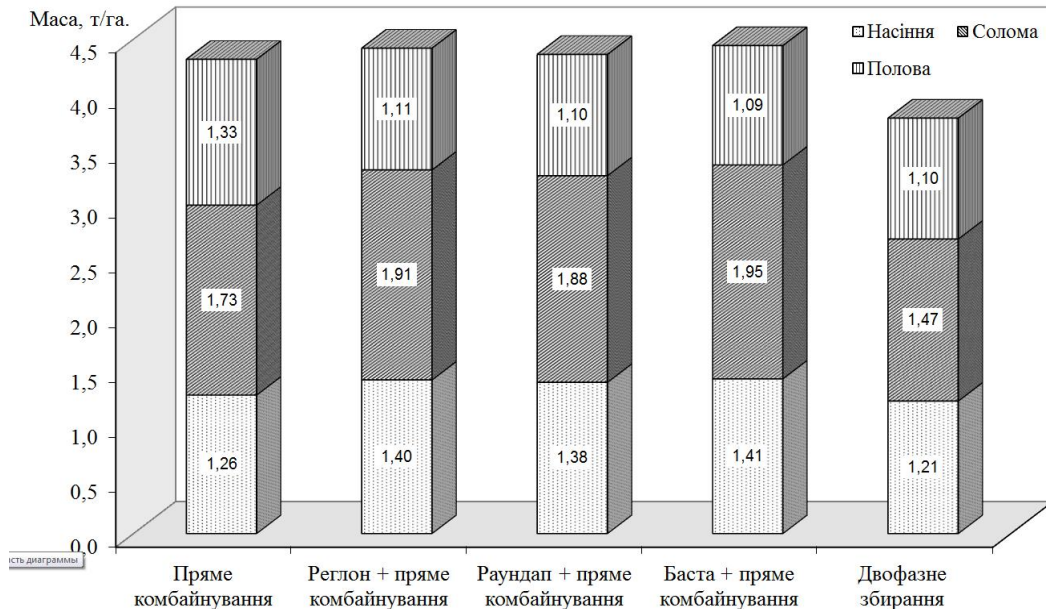


Рис. 2. Біологічна маса льону перед обмолотом, т/га

При цьому зменшується частка насіння, що повзано з втратою частин коробочок тоді як маса полови залишалася на такому ж рівні. За десикації умови для обмолоту насіння та збереження стеблової частини врожаю створювалася більш сприятливо.

Скошування льону олійного у фазу жовтої стиглості у валки, або проведення десикації, позитивно позначалося на якості волокна, порівнюючи із його дозріванням на корені. Перед обмолотом вміст лубу в стеблах льону, скошеного у валки, складає 17,3% проти 16,5% у середньому по варіантах, де зневоднення маси відбувалось природнім та хімічним способом на корені. Внаслідок особливості розподілу лубу по довжині стебла та пошкодження шару деревини при обмолоті, більше лубу містилося в соломі при двофазному збиранні (18,5%), порівняно із варіантами прямого комбайнування та проведення десикації (17,5-18,0%). Різниця між варіантами десикації була в межах похибки досліду.

Вищу міцність лубу забезпечує збирання льону олійного із застосуванням десикації (7,5-7,8 даН), та двофазного збирання (7,3 даН). Максимальним умовний вихід лубу, на рівні 342-344 кг/га, забезпечує збирання льону олійного прямим комбайнуванням на мінімальному зрізі після попередньої десикації посівів препаратами Реглон Супер (3 л/га) та Баста (2 л/га).

Двофазне збирання збільшує дезорієнтацію стебел у рулоні. Найвне технічне забезпечення господарств Півдня України, при збиранні льону олійного подвійного використання, потребує десикації посівів у фазу жовтої стиглості та скошування на мінімально можливій висоті зрізу, з укладанням соломи у валок для подальшого тюкування у рулони.

ЕКОНОМІЧНЕ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ПОДВІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ

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 збільшує загальну ефективність виробництва.

Додаткові витрати, пов'язані із зрошенням, складають біля 3,9 тис. грн/га, а застосуванням добрив – 2,15-4,25 тис. грн/га, залежно від норми внесення. Внаслідок застосування зрошення, внесення добрив та збільшення ширини міжряддя до 45 см собівартість вирощування насіння зростає.

Максимальний прибуток при вирощуванні льону олійного забезпечує застосування мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{45}K_{45}$ та сівби з міжряддям 15 см. Без зрошення за норми висіву 6 млн шт./га він досягав 7,58 тис. грн/га, при зрошенні та нормі висіву 7 млн шт./га прибуток зростав до 7,78 тис. грн/га. Рентабельність виробництва складала відповідно 78,2 та 51,9%.

Сівба з міжряддям 45 см збільшує витрати та зменшує прибутковість, що може бути доцільним лише в системі вирощування органічної продукції.

Найбільшу частку в структурі витрат при вирощуванні льону без зрошення складають агрохімікати, паливно-мастильні матеріали і посівний матеріал, а при зрошенні ще меліоративні витрати, що визначає напрямки оптимізації їх використання.

Визначено, що серед олійних сортів найнижчий прибуток забезпечує вирощування об'єктів зі змінним жирноолійним складом: сорту технічного використання з підвищеним вмістом ліноленової кислоти Золотистий – 4,36 тис. грн/га, та сорту харчового призначення з підвищеним вмістом олеїнової кислоти Ківіка – 5,26 тис. грн/га. При зрошенні вони забезпечували прибуток відповідно 4,30 та 4,53 тис. грн/га. Поширення цих сортів повинно передбачати вирішення питання ціноутворення з урахуванням якості насіння та олії.

Оптимальні строки сівби, не потребуючи додаткових витрат, забезпечують значні економічні переваги. Найвищий прибуток – 6,43 тис. грн/га та рентабельність 77,5 % забезпечує висівання льону олійного при набутті ґрунтом стану фізичної стиглості з нормою 6 млн шт./га. Зміщення часу сівби на 10 днів знижує прибутковість до 5,95 тис. грн/га, рентабельність до 71,3% та підвищує собівартість насіння до 6,42 тис. грн/т.

При зрошенні кращі економічні результати забезпечує вирощування сортів Орфей, Айсберг, а також ВНІМК 620 та Лірина, які забезпечували отримання прибутку – 6,74; 6,63 та 6,41 тис. грн/га відповідно.

Олійне використання сорту льону-довгунця Глінум незалежно від вологозабезпечення в умовах Півдня України 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 собівартість складала 13,4 тис. грн/т, при цьому збиток від вирощування становив 2,28 тис. грн/га (рис. 3).

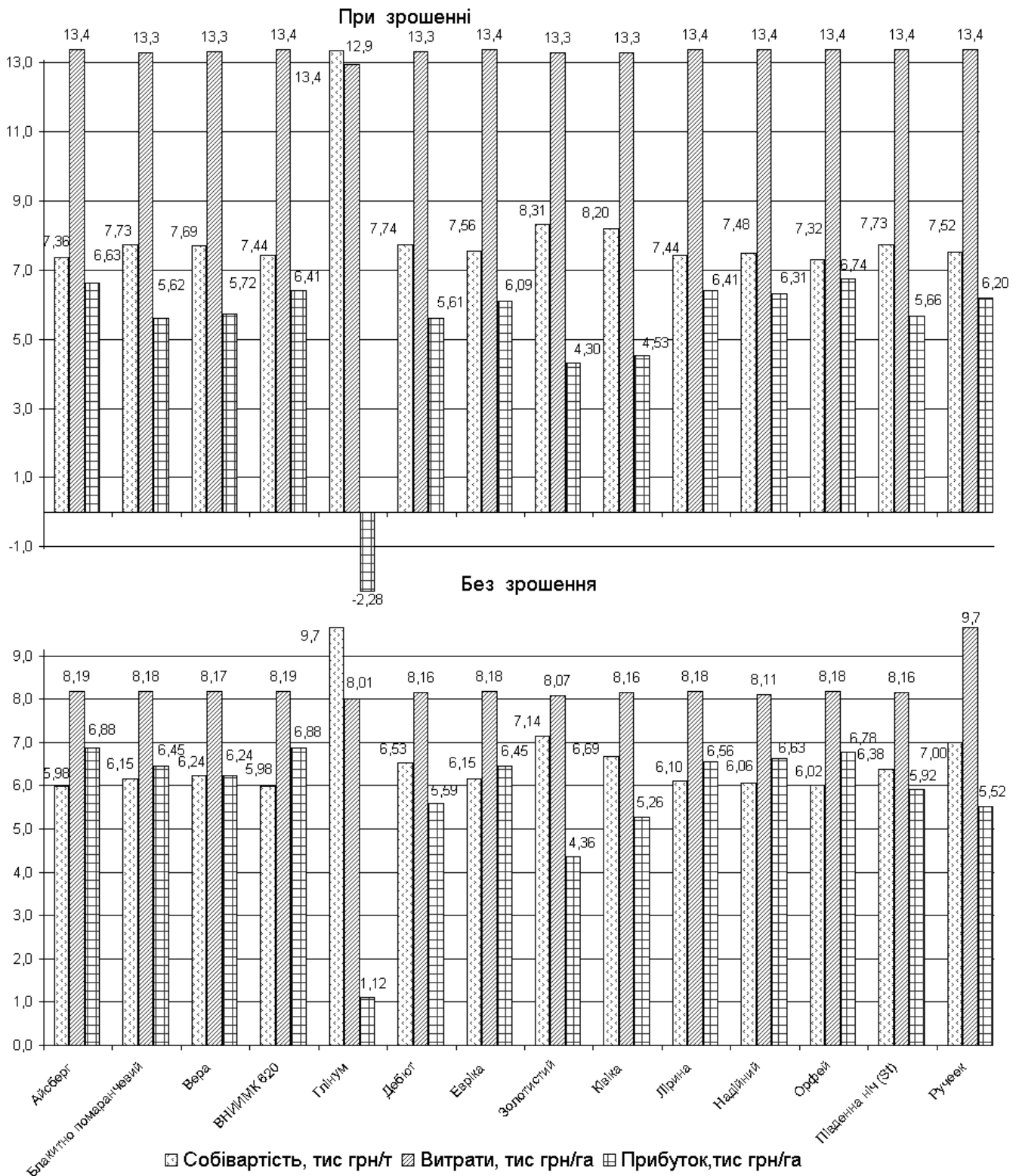


Рис. 3. Економічна ефективність вирощування сортів льону за різних умов зволоження (середнє за 2009-2013 рр.)

Економічний аналіз технологій збирання льону олійного свідчить, що максимальний чистий прибуток – 5,39 тис. грн/га, забезпечує збирання культури, яке передбачає десикацію посівів препаратом Раундап (3 л/га) з прямим комбайнуванням, а найменший – 4,19 тис. грн/га – двофазне збирання. Різниця між варіантами застосування препаратів для десикації не перевищувала 7,5%.

При підборі валка прес-підбирачем рулонного типу виробничі витрати зменшуються з підвищенням урожайності соломи та складають 247-297 грн/т. Транспортні витрати зростають лінійно й при перевезенні на 10 км збільшуються до 80%. 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.

Проведена енергетична оцінка технології свідчить, що вирощування льону олійного є енергетично доцільним, а витрати енергії знаходяться на рівні більшості ярих польових культур не інтенсивного типу. Найбільш енергоємними заходами є зрошення та внесення мінеральних добрив, однак вони забезпечують високий приріст енергії.

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. За зрошення в середньому витрати загальної енергії зросли на 5,1 ГДж/га. Збільшення норми висіву з 5 до 6 та 7 млн шт./га у середньому потребувало її додатково відповідно – 0,4 та 0,7 ГДж/га, а вирощування культури із міжряддям 45 см – 0,6 ГДж/га.

Найвищі прирости додаткової енергії забезпечують найбільш енергоємні фактори. Незалежно від умов зволоження та способу посіву, окупність норми добрив $N_{90}P_{60}K_{60}$ була нижчою, ніж менших доз, тоді як ефективність зрошення зростала.

Найменшу енергоємність вирощування насіння в досліді забезпечували екстенсивні технології. Внесення $N_{45}P_{30}K_{30}$ та збільшення норми добрив до $N_{60}P_{45}K_{45}$ та $N_{90}P_{60}K_{60}$ підвищує 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 підвищує енергоємність вирощування насіння у середньому на 23,1%. На фоні їх внесення коливання даного показника не перевищувало 4,6%.

Строк сівби несуттєво впливає на витрати енергії, проте значно визначає приріст енергії. Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) стабільно зменшувався з 3,05 за раннього строку сівби до 2,89 та 2,44 при зміщенні початку сівби на 10 та 20 днів. Вищий приріст енергії за максимального значення K_{ee} забезпечує норма висіву 6 млн шт./га при ранньому та середньому строках сівби – 3,31 та 3,05 відповідно, та 8 млн шт./га при пізньому – 2,68. Використання пластичних, адаптованих до зональних умов вирощування, високоврожайних сортів льону сприяє підвищенню енергетичної ефективності їх вирощування.

Варіанти технології збирання культури на насіння різняться за витратами енергії не більше, ніж на 7,1%. Передзбиральна десикація посівів надає переваги при збиранні та є енергетично обґрунтованою. Найменшу енергоємність вирощування насіння – 10,4 ГДж/т та найвищий K_{ee} – 1,97 були отримані при проведенні прямого комбайнування після десикації препаратом Баста 2 л/га.

Заготівля соломи вимагає збільшення потреб в енергії в 1,39-1,46 рази, однак прихід енергії в 2,38-2,47 рази перевищує витрати. Технологічне використання соломи забезпечує високу окупність понесених енергетичних витрат, а коефіцієнт

енергетичної ефективності технології досягає 2,28-2,64, внаслідок чого ефективність вирощування культури подвійного використання зростає в цілому на 0,16-0,83 одиниці.

Переробка соломи не зумовлює накопичення додаткової енергії, але дозволяє раціонально використати наявну рослинну масу. В процесі переробки соломи льону відходами виробництва є костриця, яку можна буде використовувати для виготовлення плит, утеплювачів, будівельних матеріалів, або після гранулювання спожити як відновлювальне паливо. Враховуючи її кількість, енергоємність спалювання забезпечує надходження енергії біля 18,5 Гдж/га при вирощуванні культури без зрошення, і до 44,8 Гдж/га – при її вирощуванні на зрошенні, що еквівалентно 0,63 та 1,53 т/га умовного палива.

Оскільки при подвійному використанні льону олійного отримують неспівставну продукцію (насіння, луб, костриця), для узагальнення продуктивності рослин було визначено вихід агроенергетичних одиниць загальної товарної продукції.

За результатами кореляційно-регресійного моделювання встановлено, що без зрошення, при підвищенні фону мінерального живлення до 175 кг д.р./га, суттєво зростає вихід агроенергетичних одиниць (61-63 ГДж/га). При зрошенні інтенсивне підвищення досліджуваного показника визначене при зростанні фону живлення до 200 кг д.р./га (82,5 ГДж/га), а за внесення максимальної норми добрив (250 кг д.р./га) вихід агроенергетичних одиниць досягає 86 ГДж/га.

Зрошення та внесення мінеральних добрив, як основних заходів інтенсифікації у сучасному рослинництві, повною мірою відповідають вимогам щодо подвійного використання льону олійного і забезпечують зростання енергетичної продуктивності.

Аналіз впливу строків сівби та норм висіву свідчить про їх високу результативність за виходом агроенергетичних одиниць, які відображають енергетичну цінність всієї валової господарсько-корисної продукції.

За результатами моделювання встановлено, що без зрошення, за підвищення фону мінерального живлення до 175 кг д.р./га, спостерігається стрімке зростання виходу агроенергетичних одиниць до 61-63 ГДж/га. За подальшого підвищення фону живлення темпи приросту сповільнюються.

Застосування зрошення призводить до збільшення агроенергетичної продуктивності посівів льону олійного у середньому на 34,8 %. При цьому, інтенсивне підвищення досліджуваного показника спостерігається за зростання фону живлення до 200 кг д.р./га і складає 82,5 ГДж/га

Сівба в ранній строк забезпечує вихід агроенергетичних одиниць у середньому на 3,6% більше, ніж при сівбі в середній строк та на 15,5% – ніж у пізній. Тому строки сівби льону олійного подвійного використання не повинні перевищувати 10 днів від набуття ґрунтом стану фізичної стиглості (рис. 4).

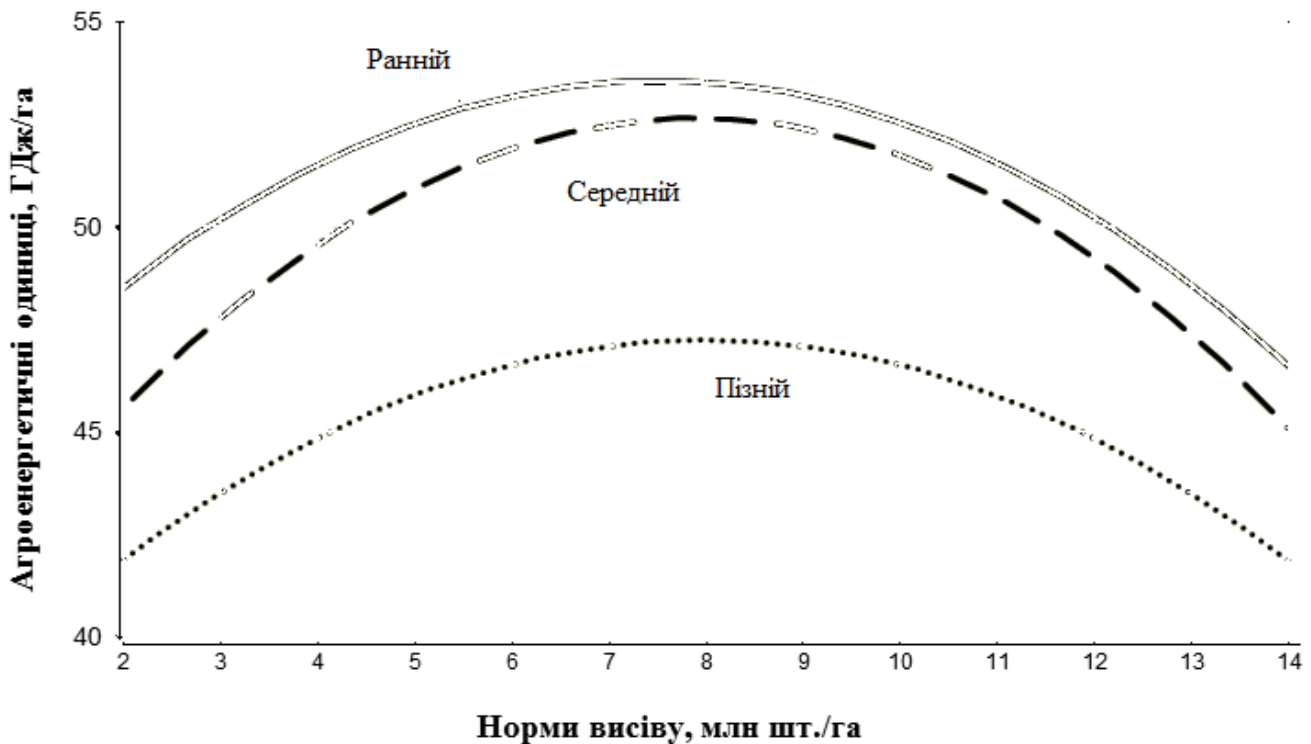


Рис. 4. Вихід агроенергетичних одиниць льону олійного подвійного використання залежно від строків сівби та норми висіву (середнє за 2009-2013 рр.)

A (ранній) – $y = -0,1655x^2 + 2,4881x + 44,21$; $R^2 = 0,6332$;

B (середній) – $y = -0,2032x^2 + 3,2104x + 39,286$; $R^2 = 0,8099$;

B (пізній) – $y = -0,2329x^2 + 3,8527x + 30,05$; $R^2 = 0,9086$

де x – норма висіву, млн схожих насінин/га.

При ранньому терміні сівби найвищу продуктивність в агроенергетичних одиницях забезпечує встановлення норми висіву в межах 7-8 млн шт./га, при зміщенні строків сівби на 10 та 20 днів оптимальною норма є 7-9 млн шт./га.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ РОСЛИН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

Математичне моделювання температурного режиму дозволило встановити, що визначення строку сівби найбільш вагомо впливало на теплозабезпеченість посівів від сходів до бутонізації, коли переважно формуються вегетативні органи. Проте, розпочинаючи з фази цвітіння, температурний режим варіантів був більш подібним та визначався особливостями року. В період сходи-«ялинка» формується близький температурний режим раннього та середнього строків сівби. Період «ялинка»-бутонізація, при ранніх строках сівби, протікав за нижчих температур, що сприяє процесу формування стебла та волокон.

Кореляційним аналізом доведено, що польова схожість має зворотній, середній зв'язок із середньою температурою повітря за період ($R = -0,63$), та прямий, середній і тісний зв'язок із вологістю повітря ($R = 0,59$), водно-термічним коефіцієнтом ($R = 0,69$) та коефіцієнтом зволоження М.М. Іванова ($R = 0,76$).

На виживання рослин суттєво впливали умови періоду «бутонізація-зелена

стиглість», де визначено тісний кореляційний зв'язок із надходженням опадів, коефіцієнтом зволоження (М.М. Іванов) та водно-термічним коефіцієнтом (В.П. Дмитренко), тоді як температура повітря впливу не проявила.

У незрошуваних умовах у сортів льону визначено середній і високий зворотній кореляційний зв'язок між вмістом ліноленової та олеїнової ($R_c = -0,62$, $R_z = -0,92$), а також стеаринової кислоти ($R_c = -0,51$, $R_z = -0,7$). При зрошенні визначено прямий тісний зв'язок між олеїновою та стеариновою кислотами ($R = 0,77$).

Математичне моделювання продукційного процесу рослин льону олійного дозволило встановити, що у досліджуваних сортів цієї культури максимальні зміни розмірів стебла відбуваються в зоні нижнього та верхнього галушення, а у середній частині хід перетворення має лінійний характер. За умов зрошення рослини льону олійного формують стебла більшого діаметру по всій його довжині. У льонувдовгунця сорту Глінум аналогічне зменшення відбувається повільніше, ніж у сортів олійного призначення.

Кореляційно-регресійним моделюванням доведено, що теоретична врожайність насіння льону олійного у незрошуваних умовах становить 1,2 т/га за внесення елементів живлення із розрахунку 30 кг д.р./га по азоту, при збільшенні дози азоту до N_{60} – цей показник зростає на 16,7% до 1,4 т/га. При зрошенні збільшення фону мінерального живлення по азоту до 100-120 кг д.р./га, здатне забезпечити розрахункову врожайність насіння на рівні 2,2-2,3 т/га.

Як при зрошенні, так і без зрошення, проявляється тенденція зниження врожайності насіння льону олійного за зміни міжряддя з 15 до 45 см. Поліноміальна функція залежності врожайності льону олійного свідчить, що за умов природного зволоження норма висіву більш істотно впливає на продуктивність рослин, ніж при зрошенні. У незрошуваних умовах теоретична врожайність насіння досліджуваної культури помітно зростає за збільшення норми висіву з 3,0 до 6 млн шт./га, а при зрошенні має слабку тенденцією до підвищення врожайності за збільшення норми висіву від 3 до 9 млн шт./га.

Статистичною обробкою одержаних експериментальних даних визначено достовірність впливу досліджуваних ефектів сортів та навколишнього середовища. Оцінка екологічної пластичності та стабільності сортів свідчить, що максимальним рівнем адаптивності вирізнялись сорти Орфей, Айсберг та ВНІМК 620, які здатні формувати найвищі рівні врожаю насіння. Щодо подвійного використання, то найбільшу адаптивну здатність за рівнем урожайності як насіння, так і соломи проявляли сорти Орфей, Ручеек, Лірина та Надійний.

Найвищий коефіцієнт компенсації K_{gi} , у межах 1,59-1,57, визначений у сортів Лірина та Дебют, а найменший – 0,39 у сорту Глінум. Аналіз свідчить про суттєві переваги зрошення у формуванні врожайності як насіння, так і соломи. Реакція сортів на зрошення підвищенням урожайності насіння була меншою, порівняно з рівнем урожайності соломи. Відносна диференційна здатність умов зрошення S_{gk} щодо врожайності насіння зростає на 0,6 в.п., тоді як за врожайністю соломи зменшується на 3,3 в.п., що пояснюється специфікою досліджуваного сортового складу, де переважають сорти олійного призначення, оскільки їх селекція велася за насінневою продуктивністю. Встановлено, що на формування врожаю насіння та соломи найбільше впливає вологозабезпечення культури, частка впливу якого

становить відповідно 51,6 та 62,4%, сортовий склад – 35,7 і 26,5%, взаємодія цих факторів складає 7,1 та 8,1%.

Нейронним аналізом за схемою радіально базисної функції (GRNN 5:5-3-1:1) встановлено, що досліджувані фактори проявляють вирішальний вплив на формування величини врожаю льону олійного в незрошуваних умовах. Визначено значний вплив забезпечення вегетаційного періоду опадами та сумою ефективних температур повітря. Встановлено, що у графіках відгуку найбільша позитивна змодельована взаємодія є між дозами мінеральних добрив та шириною міжрядь. Нерегульовані елементи нейронної мережі – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період та сума ефективних температур повітря, забезпечили сталу взаємодію зі збільшенням доз мінерального живлення з позитивною динамікою теоретичної врожайності насіння льону олійного на рівні 1,20-1,21 т/га. Визначено зниження розрахункової врожайності насіння льону олійного на 20,4% при збільшенні ширини міжряддя.

За вирощування льону на зрошенні загальна архітектура нейронної мережі сформувався за схемою радіально базисної функції (GRNN 6:6-5-1:1).

Навчання нейронної мережі демонструє найвищий рівень продуктивності відносно зрошуваної норми та фону мінерального живлення – 0,693-0,971. Найменші значення були визначені відносно норми висіву насіння культури. Графіки реагування врожайності льону олійного свідчать про різницю взаємодії між окремими елементами мережі як у напрямках, так і кількісних їх величинах (рис. 5).

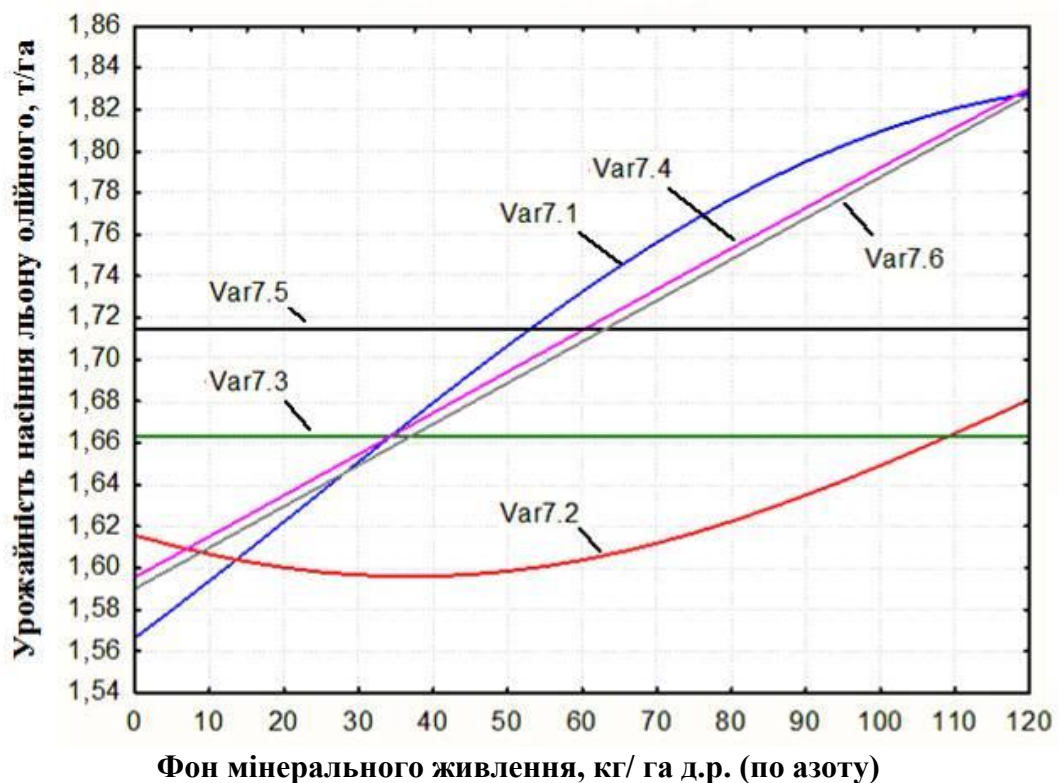


Рис. 5. Графік відгуку між змодельованими показниками та врожайністю насіння льону олійного (т/га) в умовах зрошення у взаємодії з вхідними показниками нейронної мережі

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 ($\text{м}^3/\text{га}$); **Var7.5** – кількість атмосферних опадів за вегетаційний період (мм); **Var7.6** – сума ефективних температур повітря ($^{\circ}\text{C}$)

Максимальний рівень теоретично визначеної врожайності (1,83 т/га) формувався за взаємодії фону мінерального живлення – Var7.1 зі зрошувальною нормою – Var7.4 і сумою ефективних температур – Var7.6. Взаємопідсилення дії першого, четвертого та шостого елементів нейронної мережі (Var7.1, Var7.4, Var7.6) можна пояснити зростанням ефективності добрив на фоні оптимізації водного та температурного режимів.

Збільшення доз азотного добрива у взаємодії зі зрошенням забезпечує зростання рівня теоретичної врожайності в середньому на 23%. На величину теоретичної врожайності насіння за взаємодії з температурним режимом у період вегетації має найбільший вплив норма висіву, за якої проявляється підвищення рівня теоретичної врожайності досліджуваної культури на 27,9-37,8% до 1,88-1,97 т/га.

З використанням комп'ютерною програми CROPWAT побудовані моделі водоспоживання посівів льону олійного. Окремі роки суттєво різнилися за умовами вологозабезпечення. Величина ГТК IV-VII змінювалася від 0,49 в 2018 та 1,17 у 2018 роках, до 1,47, 1,78 та 2,17 у 2014-2016 рр. 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 впродовж 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. Розрахунки Ето підтверджують попередньо зроблені висновки, що в умовах Півдня України біології льону олійного краще відповідають більш ранні строки сівби культури.

У середньому евапотранспірація досліджуваної культури при зрошенні зростає на 14,3%. У більшості декад для нормального водоспоживання льон потребує додаткового зволоження. Евапотранспірація льону олійного 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, що описують математичні моделі:

– для незрошуваних умов:

$$y = 0,0002x^5 - 0,0055x^4 + 0,0221x^3 + 0,1309x^2 - 0,4348x + 0,8881;$$

– для умов зрошення:

$$y = 0,0001x^5 - 0,002x^4 + 0,0072x^3 + 0,2401x^2 - 0,6369x + 0,9921;$$

де x – декади від початку вегетації культури.

За розрахунками зрошувальна норма брутто в 2018 році складала 259 мм, що потребувало проведення п'яти поливів, у 2017 році – 207 мм, що потребувало чотирьох поливів, у 2014 році – 102 мм – двох поливів, та у 2015 році – 52 мм – одного поливу.

Дефіцит вологи в метровому шарі ґрунту в роки проведення досліджень, встановлений за програмою CROPWAT, відрізнявся від фактичних значень у

середньому на 1,2-2,7%, що дозволяє використовувати її для прогнозування показників водного режиму ґрунту при вирощуванні льону олійного.

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 рівнем урожайності насіння 2,48-2,49 т/га сформовано у зрошуваних варіантах у 2017-2018 рр. з відхиленнями, що пояснюються особливостями погодних умов у ці роки – високий температурний режим на фоні дефіциту атмосферних опадів (рис. 6).

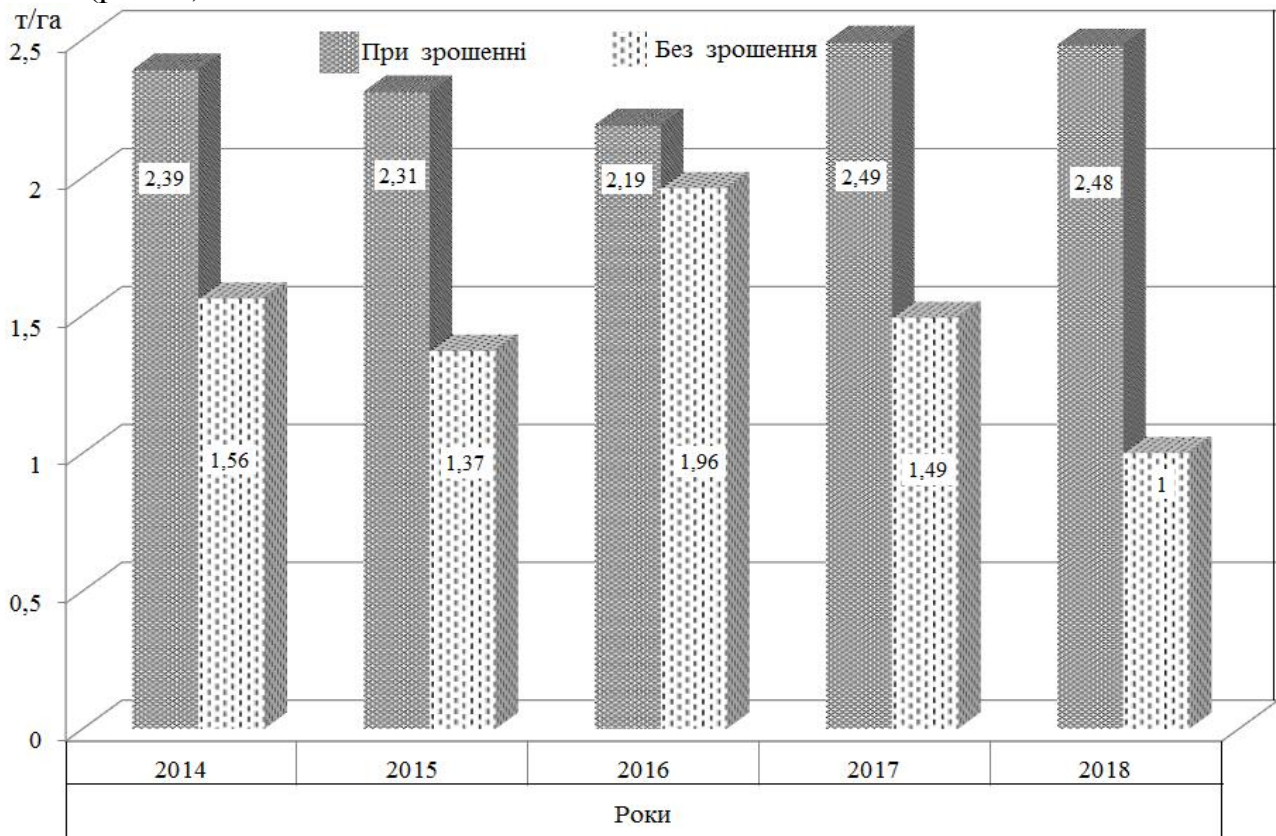


Рис. 6. Урожайність льону олійного сорту Айсберг в польових дослідях Асканійської ДСДС Інституту зрошуваного землеробства НААН, т/га

На незрошуваних ділянках найменшу врожайність (1 т/га), отримали у посушливому 2018 р., що пояснюється недостатньою кількістю атмосферних опадів на фоні зростання температурного режиму та зменшення відносної вологості повітря, а також проявом термічної депресії у рослин з прискореним підсиханням листостеблової маси наприкінці вегетації.

Моделювання режиму зрошення льону олійного дає можливість оптимізувати зрошувальну норму, послаблює негативний вплив на ґрунт та дозволяє підвищити економічну та енергетичну ефективність вирощування культури за рахунок раціонального використання ресурсів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування та нове вирішення важливої наукової проблеми – розробки базисних елементів технології

вирощування льону олійного, які дозволяють використовувати його солому 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, ефективно 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, на 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 напрямку 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 на 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 N₆₀P₄₅K₄₅, 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;

– на 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 N₆₀P₄₅K₄₅, 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 на 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 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.

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/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. Агроекологические 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. Продуктивність сортів льна масличного в зоні сухої стеги України. *Международна научно стручна конференція екологія у служби одерживог 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. Динаміка агрофізических свойств почвы при выращивании льна масличного в зоне Сухой Стеги 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 «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 : сьогодні, 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*).

АНОТАЦІЯ

Рудік О. Л. Агроекологічне обґрунтування і 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 елементів технології вирощування льону олійного подвійного використання на зрошуваних і незрошуваних землях Півдня України. Здійснена оцінка сортового складу з виявлення рівнів потенційної продуктивності, вивчена реакція вітчизняних та закордонних сортів на штучне зволоження, визначено оптимальні параметри удобрення, терміну сівби, норм висіву, ширини міжряддя та технології збирання з метою формування морфотипу придатного для подвійного використання, підвищення економічної, енергетичної ефективності використання продукції. Зрошення впливало на тривалість вегетації культури, переважно за рахунок фаз етапу генеративного розвитку, підвищуючи лінійні показники рослин та елементи структури урожаю.

Встановлено, що 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 висіву 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 нормою 7 млн шт./га. Зрошення зумовлює підвищення олійності насіння в середньому на 0,42 відсоткові пункти, а удобрення на 0,5-2,1%.

Підвищення фону живлення понад $N_{60}P_{45}K_{45}$ знижує вміст жиру.

Встановлено, що заходи, які сприяють зростанню урожайності насіння підвищують урожайність соломи. Внесення мінеральних добрив та зрошення зумовлюють збільшення діаметру стебла, площі паренхіми та деревини, кількості пучків та волокон, товщини стінки елементарного волокна збільшують умовний вихід лубу та підвищують цінність стебел як сировини. Сівба льону олійного в ранні строки забезпечує вищу урожайність соломи, підвищують вміст лубу та покращують показники його якості. Без зрошення найвищий вихід лубу забезпечують сорти льону олійного Лірина – 318 кг/га, Айсберг – 293 та Орфей – 266 кг/га, а на зрошенні Орфей – 763 кг/га, Надійний – 711 та Лірина – 674 кг/га. В умовах дослідження сорт льону-довгунця Глінум погіршував технологічні властивості соломи, набував ознак олійних сортів, та не покривав витрати при подвійному використанні.

Без зрошення найвищий прибуток (7,58 тис. грн/га) забезпечує вирощування насіння льону олійного при застосуванні $N_{60}P_{45}K_{45}$, сівбі із міжряддями 15 см нормою 6 млн шт./га, на зрошенні (7,78 тис. грн/га), за аналогічних умов та норми висіву 7 млн шт./га.

Заготівля соломи вимагає збільшення витрат енергії в 1,39-1,46 рази, однак прихід енергії в 2,38-2,47 рази перевищував витрати. Технологічне використання соломи підвищує K_{ee} на 0,16-0,83 одиниці. Побудовані моделі виходу агроенергетичних одиниць загальної продуктивності для незрошуваних та зрошуваних умов залежно від фону мінерального живлення, строків сівби та норм висіву.

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

АННОТАЦІЯ

Рудик А. Л. Агроэкологическое обоснование и разработка базисных элементов технологии выращивания льна масличного двойного использования в условиях юга Украины. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 «Растениеводство». - Государственное высшее учебное заведение «Херсонский государственный аграрный университет», Херсон, 2019.

В диссертационной работе представлены результаты исследований по агроэкологическому обоснованию и разработке технологий выращивания льна масличного двойного использования на орошаемых и неорошаемых землях юга Украины. Осуществлена оценка сортового состава по определению уровней потенциальной продуктивности, изучена реакция отечественных и зарубежных сортов на искусственное увлажнение, определены оптимальные параметры удобрения, сроки сева, нормы высева, ширины междурядья и технологии уборки с целью формирования морфотипа пригодного для двойного использования, повышения экономической, энергетической эффективности использования продукции. Орошение влияло на продолжительность вегетации, преимущественно за счет этапов генеративного развития, повышая линейные показатели и элементы

структуры урожая.

Установлено, что в условиях естественного увлажнения наивысшую урожайность семян – 1,65 т/а и соломы – 2,36 т/а, обеспечивает фон питания $N_{90}P_{60}K_{60}$, сев с междурядьем 15 см, нормой высева 6 млн шт./га. При орошении максимальная урожайность семян 2,16 т/а и соломы 3,19 т/а, достигается при внесении $N_{90}P_{60}K_{60}$, и севом нормой 7 млн шт./га с междурядьем 15 см. Орошение обеспечивает повышение масличности семян в среднем на 0,42 п.п., а удобрение на 0,5-2,1 п.п. Повышение фона питания больше $N_{60}P_{45}K_{45}$ снижает содержание жира.

Установлено, что агроприемы, которые способствуют росту урожайности семян, повышают урожайность соломы. Внесение минеральных удобрений и орошение способствуют увеличению диаметра стебля, площади паренхимы и древесины, количества пучков и волокон, толщины стенки элементарного волокна, увеличивают условный выход луба и повышают ценность стеблей как сырья. Сев льна масличного в ранние сроки повышает урожайность соломы, содержание луба и показатели его качества. Без орошения наивысший выход луба обеспечивают сорта льна масличного Лірина – 318 кг/а, Айсберг – 293 и Орфей – 266 кг/а, а на орошении Орфей – 763 кг/а, Надійній – 711 и Лірина – 674 кг/а. В условиях исследования сорт льна-долгунца Глінум ухудшал технологические свойства соломы, приобретал признаки масличных сортов, и не окупал затраты при двойном использовании.

Без орошения наибольшую прибыль (7,58 тыс. грн/га) обеспечивает выращивание семян льна масличного при внесении $N_{60}P_{45}K_{45}$, высева с междурядьями 15 см, нормой 6 млн шт./га, на орошении (7,78 тыс. грн/га) в аналогичных условиях при норме высева 7 млн шт./га.

Заготовка соломы требует увеличения расходов энергии в 1,39-1,46 раза, однако приход энергии в 2,38-2,47 раза превышает расходы. Технологическое использование соломы повышает КеЕ на 0,16-0,83 единицы. Построены модели выхода агроэнергетических единиц общей продуктивности для неорошаемых и орошаемых условий в зависимости от фона минерального питания, сроков сева и норм высева.

Ключевые слова: лен масличный, сорт, орошение, удобрение, срок сева, норма высева, технология уборки, солома, экономическая эффективность, энергетическая оценка.

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 research paper, manuscript.

The thesis for a scientific degree of a Doctor of Agricultural Sciences in the academic area 06.01.09 “Plant growing”. – State Higher Educational Institution “Kherson State Agrarian University”, Kherson, 2019.

The thesis presents the results of the research on agro-ecological substantiation and development of elements of cultivation technologies of dual purpose oil-bearing flax on irrigated and non-irrigated lands of the South of Ukraine. The study evaluates the variety composition and identifies the levels of potential productivity. It examines the reaction of

domestic and foreign varieties to artificial moistening, determines optimal parameters for fertilization, sowing dates, seed rates, row spacing and harvesting technologies in order to create a morphotype suitable for dual purpose, increasing economic and energy efficiency of the product use. 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. In researches it is established that the irrigation, among technological actions, has the most powerful influence on duration of vegetation of culture, mainly at the expense of stage phase's генеративного developments therefore linear indicators of plants and elements of structure of a crop grow.

The research determines that the nutrition background $N_{90}P_{60}K_{60}$, sowing with the row spacing of 15 cm, the seed rates of 6 million pieces per hectare ensures the highest seed productivity – 1.65 tons per hectare and straw productivity – 2.36 tons per hectare under conditions of natural moistening. Under irrigation conditions the highest rate of the seed productivity – 2.16 tons per hectare and straw productivity – 3.19 tons per hectare can be obtained when applying $N_{90}P_{60}K_{60}$ and sowing with the row spacing of 15 cm and the seed rate of 7 million pieces per hectare. Irrigation causes an increase of oil-content in the seeds by 0.42 percentage points on average, and fertilization – by 0.5–2.1%. Increasing the nutrition background over $N_{60}P_{45}K_{45}$ reduces the oil-content.

The study establishes that the measures contributing to an increase in the seed productivity increase the straw productivity. The application of mineral fertilizers and irrigation causes an increase in the stem diameter, the parenchyma and wood area, the number of clusters and fibers, the wall thickness of elementary fibers, it increases conditional bust output and the value of stems as raw materials. Early sowing of oil-bearing flax ensures higher straw productivity, increases its bast content and improves its quality indexes.

Under non-irrigation conditions the oil-bearing varieties Liryna – 318 kilograms per hectare, Aisberh – 293 kilograms per hectare and Orfei – 266 kilograms per hectare ensure the highest bast output, and Orfei – 763 kilograms per hectare, Nadiinyi – 711 kilograms per hectare and Liryna – 674 kilograms per hectare – under irrigation conditions. Under the experimental conditions the oil-bearing variety of long-fibred flax Hlinum had worse production straw properties, it acquired the qualities of oil-bearing varieties and did not compensated the expenditures under dual use.

Under non-irrigated conditions the cultivation of oil-bearing flax with applying $N_{60}P_{45}K_{45}$, sowing with the row spacing of 15 cm and the seed rate of 6 million pieces per hectare ensures the highest profit (7.58 thousand UAH per hectare), under irrigation conditions (7.78 thousand UAH per hectare), under similar conditions and the seed rate of 7 million pieces per hectare.

Straw storage requires an increase in energy use 1.39–1.46 times, however, the energy gain exceeded its loss 2.38–2.47 times. Manufacturing use of straw increases the coefficient of energy efficiency by 0.16–0.83 units. The thesis introduces the models of agro-energetic units of general productivity for non-irrigated and irrigated land conditions depending on mineral nutrition background, sowing dates and seed rates.

Key words: oil-bearing flax, variety, irrigation, fertilizers, sowing dates, seed rate, harvesting technologies, straw, economic efficiency, energy evaluation.