

## АНОТАЦІЯ

***Репілевський Д. Е. Формування продуктивності кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів поливу в умовах Південного Степу України.*** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агронімія. – Херсонський державний аграрно-економічний університет МОН України, Херсон, 2022.

Природно-кліматичні умови Південного Степу України є сприятливими для вирощування гібридів кукурудзи всіх груп стиглості від ФАО 150 до ФАО 600 і отримання високих урожаїв зерна, але за умови зрошення. Впровадження у виробництво нових, більш урожайних гібридів кукурудзи є одним із факторів, які забезпечують зростання рентабельності вирощування цієї культури. Ефективне використання гібридів неможливе без розробки для них комплексу агротехнічних заходів, що впливають на отримання максимального господарського врожаю.

У зв'язку з цим було проведено польове дослідження із визначення продуктивності сучасних інноваційних вітчизняних гібридів кукурудзи різних груп ФАО відповідно до способів поливу в умовах Південного Степу України.

Експеримент проведено згідно тематичного плану досліджень Херсонського державного аграрно-економічного університету МОН України, за завданням «Стратегічні напрямки розвитку адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур за умов обмеженості природних і матеріальних ресурсів» (номер державної реєстрації 0117U006764). Польові та лабораторні дослідження виконувалися в агрофірмі «Агробізнес» Каховського району Херсонської області згідно загальноновизнаних методик польових досліджень та методичних рекомендацій.

У двофакторному польовому досліді визначено урожайність зерна та структуру продуктивності сучасних гібридів кукурудзи різних груп ФАО

селекції ДУ Інститут зернових культур НААН та Інституту зрошуваного землеробства НААН залежно від способів поливу. Дослід включав наступні фактори та їх варіанти: Фактор А (генотипи кукурудзи різних груп ФАО): ранньостиглі – ДН Паланок (ФАО 180), ДБ Лада (ФАО 190); середньоранні – ДН Галатея (ФАО 250), ДН Світязь (ФАО 290); середньостиглі – Асканія (ФАО 320), ДН Булат (ФАО 350); середньопізні – ДН Рава (ФАО 430), Приморський (ФАО 420). Фактор В (способи поливу): контроль – без зрошення; полив дощуванням, краплинне поверхнєве зрошення, краплинне підґрунтове зрошення з підтримкою рівня передполивної вологості ґрунту 80% найменшої вологоємності (НВ) у шарі ґрунту 0–50 см. Повторність чотириразова, площа ділянки другого порядку – 75 м<sup>2</sup>, облікова площа – 50 м<sup>2</sup>.

Уперше встановлено сортову реакцію нових вітчизняних гібридів на різні способи поливу. Досліджено вплив генотипу гібридів та способів поливу на формування біометричних, фотосинтетичних показників (площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу), структуру врожайності гібридів кукурудзи. Встановлено показники водоспоживання (сумарне водоспоживання та складові його балансу, коефіцієнт водоспоживання, посухостійкості, окупність поливної води) у гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів поливу. Розраховано економічну та енергетичну ефективність вирощування кукурудзи різних груп стиглості залежно від способів зрошення та без поливу.

Визначено гібриди з адекватною прогнозованою реакцією на способи поливу та вологозабезпеченість. Виявлено гібриди різного типу інтенсивності, що відповідають певному рівню вологозабезпеченості, технічним можливостям господарств, програмованою ефективністю вирощування.

У Південному Степу вперше проведено порівняльну оцінку нового для України способу поливу підґрунтовим краплинним зрошенням з

традиційними (дощування, краплинне поверхнєве зрошення). Удосконалено процес поливу гібридів кукурудзи різних груп ФАО.

Подальшого розвитку набула технологія вирощування гібридів кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України.

На основі результатів дослідження визначено інноваційні гібриди кукурудзи різних груп стиглості з підвищеним урожайним та адаптивним потенціалом для умов зрошення Південного Степу України. Рекомендовано оптимальний спосіб поливу для гібридів кукурудзи різних груп ФАО, що гарантовано забезпечить максимальний урожай зерна. Запропоновано гібриди кукурудзи для використання за різних способів поливу та без зрошення. Проведена економічна оцінка вирощування різних генотипів гібридів кукурудзи та надано рекомендації щодо їх вирощування в господарствах із різним рівнем технічного забезпечення.

Встановлено, що найбільшу площу листової поверхні мали гібриди середньостиглої (ФАО 300–390) та середньопізньої групи (ФАО 400–430) за умов зрошення (44,1–45,7 тис. м<sup>2</sup>/га).

Досліджено, що спосіб поливу впливав на формування листового апарату рослин кукурудзи. Так, у середньому, максимальна площа листків спостерігалася за краплинного поверхневого зрошення (44,0 тис. м<sup>2</sup>/га), дещо меншою була за краплинного підґрунтового поливу (43,1 тис. м<sup>2</sup>/га) і мінімальною (42,1 тис. м<sup>2</sup>/га) – за поливу дощуванням. Умови року неістотно впливали на площу асиміляційної поверхні, однак основним чинником її формування була вологозабезпеченість посівів. Площа листової поверхні рослин кукурудзи істотно зменшувалася у посівах гібридів без поливу.

Різниця в площі асиміляційної поверхні на зрошенні і за умов природного зволоження суттєво збільшувалась зі зростанням групи ФАО гібридів. Так, у скоростиглій групі з ФАО 180–190 (гібриди Паланок, Лада) різниця площі листової поверхні на зрошенні та без поливу становила 5–8 тис. м<sup>2</sup>/га, а в групі пізньостиглих гібридів (Приморський, Рава), відповідно, 20–21 тис. м<sup>2</sup>/га. Це вказує на те, що більш скоростиглі гібриди кукурудзи

ФАО 180–190 мають значно меншу вимогливість до вологозабезпеченості та більшу посухостійкість в умовах посушливого клімату.

Фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу та урожайність залежать від сортових особливостей кукурудзи та способу поливу. Максимальні фотосинтетичні показники спостерігались у гібриду Рава (ФАО 430) у варіанті з краплинним поверхневим зрошенням – фотосинтетичний потенціал становив 3276 тис. м<sup>2</sup>\*діб, чиста продуктивність фотосинтезу – 11,55 г/м<sup>2</sup> за добу та урожайність сухого зерна – 17,27 т/га.

Забезпечення рослин кукурудзи сприятливими умовами для їх росту супроводжувалося зростанням біометричних показників качанів. Найбільших значень лінійна довжина качана набула за вирощування на краплинному поверхневому зрошенні, де приріст становив порівняно з контролем (без зрошення) від 39,7% у скоростиглих гібридів з ФАО 180–190 до 67,3% у середньостиглих з ФАО 300–390. Приріст довжини качана від застосування підґрунтового зрошення склав від 37,6% до 65,2%, за дощування – від 36,80% до 67,20%.

Кількість рядів зерен у качанах гібридів підвищувалася зі зростанням групи ФАО до 430 та за різних способів поливу. Так, у контрольних варіантах природного зволоження (без поливу) кількість рядів зерен у середньому за роки дослідження дорівнювала 16,2, за дощування – 16,6, підґрунтового зрошення – 17,10. Максимальне значення ознаки кількості рядів зерен у качані спостерігалось за краплинного поверхневого зрошення – 17,7. Кількість рядів зерен у групі скоростиглих (гібриди ФАО 180–190) становила 14,6, середньоранніх гібридів – 14,9, середньостиглих – 18,1, середньопізніх – 20,1.

Застосування зрошення більшою мірою впливало на ознаку «маса зерен з качана», ніж група стиглості. Зрошення дощуванням підвищило показник «маса зерна з качана» на 132,20 г (248%), зрошення краплинне поверхнєве – на 142,5 г (259 %), краплинне підґрунтове зрошення – на 135,1 г (251 %).

За аналізом кореляцій між показниками структури продуктивності та урожайністю сухого зерна кукурудзи встановлено сильний зв'язок. Так, коефіцієнт лінійної кореляції між урожайністю зерна та довжиною качана склав  $r = +0,99$ , діаметром качана –  $r = +0,43$ , кількістю рядів зерен в качані –  $r = +0,53$ , масою зерна з одного качана –  $r = +0,96$ .

Спостерігалось збільшення маси 1000 зерен від застосування зрошення, порівняно з контролем (природне зволоження): за дощування – на 122,8 г (72,30%), краплинного поверхневого – на 127,8 г (75,9%), краплинного підґрунтового – на 124,4 г (73,90%). Найбільша маса 1000 зерен – 329 г, сформована за сівби гібриду Рава при краплинному поверхневому зрошенні.

Урожайність сухого зерна дає можливість комплексно оцінити ефективність технологічних заходів та фотосинтетичної активності рослин кукурудзи. Дослідженням встановлено, що у варіантах без зрошення врожайність сухого зерна гібридів коливалась від мінімального значення – 2,00 до максимального – 5,43 т/га відносно до групи ФАО та скоростиглості гібридів. Причому гібриди ранньостиглої групи Паланок і Лада сформували максимальну урожайність сухого зерна – 5,06 т/га 5,43 т/га відповідно, водночас інтенсивні середньопізні гібриди кукурудзи (ФАО 420–430) Приморський і Рава мали мінімальну врожайність – 2,0–2,01 т/га.

Застосування вегетаційних поливів різними способами сприяло суттєвому збільшенню врожаю сухого зерна кукурудзи (на 7,15–7,48 т/га). Встановлено, що найбільший приріст урожайності сухого зерна було отримано за краплинного поверхневого зрошення – 8,08–11,84 т/га або 71,0–170,0%, порівняно з ділянками із природним зволоженням.

Вартість валової продукції за використання розроблених елементів технології вирощування гібридів кукурудзи була найбільшою у гібриду Рава в умовах краплинного зрошення – 77,72 тис. грн/га.

Максимальний умовно чистий прибуток забезпечили середньопізні гібриди Приморський та Рава у варіанті вирощування за краплинного зрошення – 41,830 та 42,420 тис. грн/т.

Рівень рентабельності був найбільший за краплинного зрошення середньопізніх гібридів – 118,50–120,16%.

Серед варіантів на зрошенні найкращими показниками приходу енергії з урожаєм характеризувалися середньопізні гібриди за краплинного поверхневого поливу. За фактором А (гібрид, група стиглості) максимальний прихід енергії спостерігався у середньопізніх гібридів (ФАО 400–430) – від 211,450 ГДж/га до 226,520 ГДж/га. За фактором В (спосіб поливу, вологозабезпеченість), найбільший прихід енергії встановлено за краплинного зрошення – від 175,2 ГДж/га до 226,5 ГДж /га.

Максимальний енергетичний коефіцієнт – 3,320, встановлено у варіанті вирощування гібрида Рава за краплинного поверхневого зрошення. Отже, за даного способу поливу визначено найкращу в досліді біоенергетичну ефективність вирощування гібридів кукурудзи.

За умов природного зволоження (без поливу) в Південному Степу України економічно та енергетично доцільно вирощувати лише гібриди ранньостиглої групи ФАО 180–190 з генетично зумовленою стійкістю до посухи.

**Ключові слова:** кукурудза, гібрид, спосіб поливу, краплинне поверхнєве зрошення, зрошення дощуванням, краплинне підгунтове зрошення, урожайність.

## ANNOTATION

**Repilevsky D.E. Formation of productivity of corn of different groups of FAO depending on methods of watering in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.** - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 201 - Agronomy. - Kherson State Agrarian and

Economic University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kherson, 2022.

Natural and climatic conditions of the South of Ukraine allow to grow hybrids of corn of all groups of maturity from FAO 150 to FAO 600 and to receive rather high yields of grain, but it is possible only under conditions of irrigation. The introduction of new, more productive maize hybrids is one of the factors contributing to the growth of maize efficiency. Effective use of hybrids is impossible without the development of a set of agronomic measures that affect the maximum yield.

In this regard, field studies were conducted to study the formation of the productivity of maize hybrids of different FAO groups under different irrigation methods in the Southern Steppe of Ukraine.

The research was conducted according to the thematic research plan of Kherson State Agrarian and Economic University of the Ministry of Education and Science of Ukraine on the task "Implementation of the technology of growing major crops." Field and laboratory tests were performed in the agribusiness "Agribusiness" Kakhovka district of Kherson region, in accordance with generally accepted methods of field research and guidelines.

The two-factor field experiment determined grain yield and productivity structure of innovative maize hybrids of different FAO groups selected by the Institute of Grain Crops of NAAS and the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS depending on irrigation methods. The experiment assumed the following factors and their variants: Factor A (maize hybrids of different FAO groups): early-maturing group - Palanok (FAO 180), Lada (FAO 190); middle-early group - Galatea (FAO 250), Svityaz (FAO 290); medium-ripe - Askania (FAO 320), Bulat (FAO 350); middle-late group - Rava (FAO 430), Primorsky (FAO 420). Factor B (watering methods): Control - without irrigation; sprinkler irrigation, drip irrigation, ground irrigation.

With the level of pre-irrigation soil moisture of 80% HB in the soil layer 0–50 cm. Repeat four times, sowing area of the second order plot - 75 m<sup>2</sup>, accounting - 50 m<sup>2</sup>.

For the first time the influence of different irrigation methods on growth, development and formation of biometric indicators of maize hybrid plants, photosynthetic indicators (leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity) depending on irrigation methods of maize hybrid plants, irrigation influence on formation of hybrid yield structure. Indicators of water consumption (total water consumption and components of its balance, water consumption coefficient, drought resistance coefficient, payback of irrigation water) of maize hybrids of different FAO groups (180-430) depending on irrigation methods are established. The economic and energy efficiency of growing corn with different methods of irrigation and without irrigation is calculated.

The process of watering maize hybrids of different FAO groups has been improved.

The technology of growing maize hybrids under irrigation conditions in the south of Ukraine was further developed.

Based on the research results, innovative maize hybrids of different maturity groups with increased yield and adaptive potential for irrigation conditions and suitable for cultivation without irrigation in the south of Ukraine were identified. The optimal method of watering for maize hybrids of different FAO groups is recommended, which is guaranteed to ensure maximum grain yield.

It was found that the maximum leaf surface area had hybrids of medium-ripe (FAO 300–390) and medium-late (FAO 400–430) under irrigation conditions (44.10–45.70 thousand m<sup>2</sup>/ha).

It was investigated that the method of irrigation influenced the formation of the leaf apparatus. Thus, on average, the largest area of leaves was formed by drip irrigation (44.00 thousand m<sup>2</sup>/ha), slightly smaller was by subsoil irrigation (43.1 thousand m<sup>2</sup>/ha) and even smaller by sprinkling (42.10 thousand m<sup>2</sup>/ha). The conditions of the year had some influence on the assimilation surface, but the main



factor in the formation of the assimilation surface was the moisture content of crops. The leaf surface area was significantly smaller on crops of hybrids without watering.

The difference between the assimilation surface under irrigation and under conditions of natural moisture increased sharply with the growth of the FAO group of hybrids. Thus, in the precocious group (hybrids of Palanok, Lada) the difference in leaf surface area for irrigation and without watering was 5–8 thousand m<sup>2</sup>/ha, and in the group of late-ripening hybrids (Primorsky, Rava) the difference was 20–21 thousand m<sup>2</sup>/ha. This indicates that FAO 180-190 maize hybrids are less demanding on moisture and more drought resistant.

Photosynthetic potential, net photosynthesis productivity and yield depend on the varietal characteristics of corn and the method of irrigation. The highest photosynthetic parameters were observed in the hybrid Rava (FAO 430) – photosynthetic potential was 3276,0 thousand m<sup>2</sup>\*days, net photosynthesis productivity - 11.550 g/m<sup>2</sup> per day and yield 17.270 t/ha were on the option with drip irrigation.

Providing maize plants with conditions for growth and development led to the growth of biometric indicators of cobs. The length of the cob acquired the greatest values when grown on drip irrigation, when the increase was compared with the control from 39.70 % in precocious hybrids to 67.30 % in medium-ripe (FAO 300–390). The increase in cob length from the use of subsoil irrigation - from 37.6% to 65.2%, on sprinkler irrigation, the increase in cob length was observed from 36.8% to 67.2%.

The number of rows of grains maize in the cob increased with the growth of the FAO group (FAO 180–430) and with different irrigation methods. Thus, in the control variants of natural moisture the number of rows of grains on average over the years of research was 16.2, on irrigation by sprinkling - 16.6, on subsoil irrigation - 17.1, the maximum value of the number of rows of grains was observed under drip irrigation - 17, 7. The number of rows of grains maize in the group of

precocious - 14.60 - middle-early hybrids was 14.90, in the group of medium-ripe - 18.10, in the middle-late hybrids the number of rows of grains was 20.10.

The use of irrigation had a greater effect on the weight of cobs from the cob compared to the FAO group (FAO 180–430), irrigation by sprinkling increased the weight of cobs by 132.20 g (248.0%), drip irrigation - by 142.50 g (259%), ground irrigation - at 135.1 g (251.0%).

An analysis of the correlations between the structure and yield of corn grain showed a strong close relationship between them. Thus, the correlation coefficient between grain yield and cob length was  $r = +0.99$ , cob diameter -  $r = +0.43$ , number of rows of grains -  $r = +0.53$ , grain weight from one cob  $r = +0.96$ .

There was an increase in the mass of 1000.0 grains from the use of irrigation: on irrigation by sprinkling - by 122.8 g (72.3%), on drip irrigation increase - by 127.8 g (75.9%), on ground irrigation there was an increase in the mass of 1000.0 grains compared with the control (natural hydration) by 124.4 g (73.9%).

The largest mass of 1000 grains - 329.3 g - is formed by sowing the hybrid DN Rava on drip irrigation.

Grain yields can be used to comprehensively assess the effectiveness of technological measures and the effectiveness of photosynthetic activity of corn. Studies have shown that in variants without irrigation, the grain yield of hybrids ranged from 2.00 to 5.43 t/ha, depending on the maturity group of hybrids. Moreover, hybrids of the early-ripening group Palanok and Lada showed a maximum grain yield of 5.06–5.43 t/ha, while intensive mid-late hybrids of corn Primorsky and Rava formed a minimum yield of 2.0–2.01 t/ha.

The use of vegetative irrigation contributed to a significant increase in the yield of corn grain (by 7.15–7.48 t/ha). It should be noted that the best increase in grain yield was obtained by drip irrigation - 8.08–11.84 t/ha or 71–170% in comparison with areas on natural moisture.

The cost of gross output using the developed elements of the technology of growing maize hybrids was the highest - 77.72 thousand UAH/ha in the hybrid Rava for the use of drip irrigation.

The best in terms of relatively net profit were the mid-late hybrids Primorsky and Rava on the option of growing under drip irrigation - 41.83 and 42.42 thousand UAH/t.

The level of profitability was maximum – 118.50–120.16% with drip irrigation on mid-late hybrids.

Among the irrigated variants and FAO groups 180–430, the best indicators of energy yield with the harvest were observed for growing medium-late hybrids on drip irrigation. According to factor A (FAO hybrid), the maximum energy yield was observed in mid-late hybrids (FAO 400-430) from 211.45 GJ ha to 226.52 GJ/ha. According to factor B (irrigation method), the highest energy yield was observed for drip irrigation from 175.23 GJ/ha to 226.52 GJ/ha.

The highest energy factor of 3.32 is set on the variant of growing the hybrid Rava under drip irrigation. Therefore, in this variant the best bioenergetic efficiency of corn cultivation is established in the experiment.

Under conditions of natural moisture in the Southern Steppe, it is economically and energetically expedient to grow only hybrids of the early-maturing group FAO 180-190 with genetically determined resistance to drought.

**Key words:** *corn, hybrid, irrigation method, drip irrigation, sprinkler irrigation, underwater drip irrigation, yield.*

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України

1. Іванів М. О., Репілевський Д. Е. Фотосинтетичні показники та урожайність гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 38–44. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.6>. (50 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).
2. Іванів М. О., Репілевський Д. Е. Площа асиміляційної поверхні листків та урожайність гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 64–72. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.9>. (60 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).
3. Іванів М. О., Репілевський Д. Е., Біометричні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів поливу. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С.94–104. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.11> (80 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).
4. Репілевський Д. Е., Іванів М. О. Структура врожаю гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах південного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С.99–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.14> (85 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).
5. Репілевський Д. Е., Іванів М. О. Економічна та енергетична оцінка вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах південного степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 120. С. 131–140. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.18> (90 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).

**Стаття у періодичному науковому виданні іншої держави, яка  
входить до Організації економічного співробітництва та розвитку  
(ОЕСР) та Європейського Союзу (ЄС)**

**6. Repilevsky D.E., Ivaniv M.O.** Moisture supply and water consumption of crops of hybrids of corn at various ways of watering in the conditions of the south of Ukraine. *European Journal of Technical and Natural Sciences Scientific journal*. ISSN 2414-2352. 2021. № 6. P. 25–32. <https://doi.org/10.29013/EJTNS-21-6-25-31> (90 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

7. Ivaniv M., **Repilevsky D.** Area of assimilation surface and yield of maize hybrids of different FAO groups depending on irrigation methods in the conditions of the southern steppe of Ukraine. *Actual problems of practice and science: abstracts of IV International Scientific and Practical Conference*. Ankara, Turkey, 5–6 March, 2021, 2021. P. 9 – 10. (90 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).

8. Іванів М. О., **Репілевський Д. Е.** Площа асиміляційної поверхні листків гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції*, м. Мелітополь, 1–26 лютого, 2021, (65 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання). Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2021. <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/ivaniv-2021.pdf>. (65 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).

9. **Репілевський Д. Е.**, Іванів М. О. Структура урожаю гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах

Південного Степу. : матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих вчених, м. Херсон, 14 травня, 2021, Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України, 2021. (80 % авторства: ідея, отримання результатів, аналіз та узагальнення результатів, написання).