АНОТАЦІЯ

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 201 Агрономія.

Сучасний рівень виробництва соняшника в Україні характеризується застосуванням різноманітних інновацій: високопродуктивні IMI-стійкі гібриди, інтегрований захист рослин від бур'янів, хвороб і шкідників, високопродуктивна техніка, сучасні технології обробітку ґрунту (Strip-till, No-till, Verti-till), нові технології вирощування: Clearfield, Expressun, A.I.R., мультіфункціональні рістрегулюючі препарати і т. ін. Виробники широко застосовують усі інноваційні елементи, але це застосування носить безсистемний характер. Мається на увазі, що ту чи іншу інновацію виробники використовують за рекомендаціями дистриб'ютора, тому що наукових досліджень, присвячених порівняльній оцінці різних рекомендацій майже немає, або вони не орієнтовані на вузький спектр інновацій.

Серед усіх елементів переліченого комплексу інновацій найбільш впливовим на умови життя рослин є ґрунтообробіток, який здійснюється сучасними агрегатами, які відсутні в наукових установах. Разом з вибором генотипу, який тепер визначає не лише сортогібридні особливості, а й саму технологію, цей дует факторів представляє безумовний інтерес і є актуальним напрямком досліджень.

Польові досліди було проведено на полях ТОВ «Колос» Роздільнянського району Одеської області протягом 2023-2025 рр. Автор висловлює подяку за надану можливість використання різноманітної дороговартісної техніки і земель директору ТОВ Юрію Вікторовичу Яловчуку, без підтримки якого ці дослідження були б неможливі.

Ґрунти дослідних ділянок представлені звичайним чорноземом з вмістом гумусу 4,0-4,2%, pH – 7,8-8,2 та загальною шпаруватістю 57-58%.

За погодними умовами роки досліджень суттєво відрізнялись: 2023 р. одержав оцінку 17 балів; 2024 – 14, а 2025 – лише 8 балів, тобто перші 2 роки були середньосприятливими, а 2025 – вкрай несприятливими.

Схема польового двохфакторного досліду передбачає вивчення чотирьох систем ґрунтообробітку і двох технологій:

Технологія обробітку грунту (Фактор А):

1) Безполицевий, на глибину 30 см. Обробка стерньовим культиватором Horsch Tiger 6MT;
2) Вертикальний, на глибину до 20см. Verti-till обробіток агрегатом Salford 7000;
3) Мінімальний, на глибину 8-10см. Дискування дискатором Qualidisc 7000 (контроль);
4) Strip-till, на глибину до 20см.Прямий висів посівним комплексом Mzuri Pro-til 6T;

Технологія вирощування (Фактор В):

1) Clearfield технологія з гібридом P64LP130;
2) Classic технологія з гібридом NK Kondi.

Повторення у досліді чотирьохразова, ділянки розташування із елементами рендомізації, площа дослідної ділянки становила 12000 м^2, а облікова – 560 м^2.

Показано, що фактори досліду суттєво впливають на широкий спектр екологічних умов, зокрема:

- запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту у варіантах із Strip-till обробітком під час проходження соняшником найбільш відповідальних фаз розвитку перевищував контроль на 6,5-12,3% і лише в кінці вегетації ця перевага зникала;
- найбільш економічним витрачанням води на утворення фітомаси і насіння характеризуються посіви соняшника за класичною технологією, у яких коефіцієнт водоспоживання був на 69 пунктів меншим, ніж за технології Clearfield;

- за рахунок застосування Verti-till, Strip-till систем створюється посівний шар ґрунту з щільністю, який перевищує варіант мінімального обробітку з дискатором Qualidisc 7000 на 0,09 г/см^3 (8,0%), що забезпечує зменшення загальної шпаруватості у посівному шарі на 2,8%. Водночас позитивно змінюється співвідношення капілярних і некапілярних пор (40,2 та 8,4% проти 29,4 та 22,0% на контролі);
- за потенційною забур'яненістю дослідні поля характеризувались середнім рівнем з наявністю у шарі 0-20 см 39,8-41,2 тис. насінин бур'янів на 1 м^2;
- при застосуванні технології Clearfield рівень забур'яненості менший, ніж за класичної технології: середня кількість однорічних бур'янів становила відповідно 6,0 і 8,8 шт./м^2, а багаторічних – 0,8 і 2,1 шт./м^2. Ще більш висока перевага Clearfield простежується за сухою біомасою бур'янів, яка становила у першому випадку 1,7-6,1, а у другому – 6,1-11,9% від загальної біомаси фітоценозу.

Спостереження за ростом рослин соняшника показали, що той позитивний вплив, що створила Strip-till технологія у вигляді важливих екологічних показників реалізується і на показниках росту рослин, зокрема на довжині їх стебла: у порівнянні з контролем ця технологія призвела до зростання цього показника на 4-6 см. Оскільки довжина стебла має прямий кореляційний зв'язок з урожаєм надземної біомаси, то і рівень цього показника був зрозумілим.

По рокам технологія мала неоднаковий вплив: у 2023 р. перевагу як за сирою, так і за сухою біомасою забезпечила класична технологія з гібридом P64LP130, а у 2024 і 2025 рр. – перевага була на боці Clearfield технології. Цікаво, що об'ємна маса посіву по фазам розвитку коливається у доволі вузькому діапазоні: сира – від 0,77 до 1,14, а суха – від 0,24 до 0,33 кг/м^3. За цим показником кращою була Clearfield технологія, а по системам обробітку ґрунту суттєвої різниці не зафіксовано (0,2-0,3 по сирій і 0,06-0,10 кг/м^2 по сирій), що не перевищує НІР.

Вивчення кореневої системи соняшника показало, що вона має певні особливості:

1) глибоке проникнення (до 20 см);
2) основна частина коренів розташована не у шарі 0-10 см, як у інших культур, а у 10-20 см;
3) стрижневий корінь проникає вглиб на 40-50 см.

Гібрид NK Kondi розвиває більш потужну кореневу систему з перевагою маси коренів над P64LP130 у 6,7%. Під дією Strip-till та Verti-till систем обробітку зростає не лише загальна маса коренів, але й підвищується показник їх продуктивності. У середньому за 2 роки за цих систем обробітку продуктивність коренів становила 2,54-2,55 кг/кг, тоді як у контролі цей показник поступався на 0,18-0,19 кг/кг, або на 5,9%.

Вивчення особливостей фотосинтетичної діяльності рослин зосереджувалось на визначенні динамічних показників площі листя з послідуючими розрахунками фотосинтетичного потенціалу (ФП) та чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). Ці дослідження показали, що площа листової асимілюючої поверхні досягає максимуму у фазі цвітіння і частина листя (10-13%) залишається фотосинтетично активними до фізіологічної стиглості насіння, причому класичний гібрид має вищу швидкість усихання листя і на фазу фізіологічної стиглості у нього залишається лише 3-6% зелених листків.

Системи Verti-till та Strip-till забезпечили формування максимальної площі листя з перевагою над контролем 12-13%. За величиною ФП вивчені технології майже не відрізнялись, а за ЧПФ прослідкувати якусь закономірність було неможливо. Максимальний вміст хлорофілу зафіксмовано у фазі цвітіння за системами Verti-till та Strip-till, причому вміст хлорофілу «в» був стабільним, а хлорофіл «а» зростав майже удвічі.

Проведений цикл спостережень і підрахунків щодо формування генеративного апарату соняшника дав можливість зробити висновок про можливість використання показника кількості приквітників для раннього

прогнозування продуктивності. За кількістю трубчастих квіток у кошику виявлена перевага гібрида NK Kondi, який у середньому за 3 роки сформував їх на 3,2% більше.

Підрахунки повноцінно розвинених насінин у кошику (індивідуальна продуктивність) показали, що за технологією обробітку ґрунту Strip-till не лише зростає кількість трубчастих квіток, але й досягається максимальний рівень реалізації потенційної продуктивності: перевага над контролем досягала 8%. За технологіями Verti-till та Strip-till спостерігалось зростання діаметра кошика на 1,2-1,4 см, але у цьому разі щільність кошика (кількість насінин на 1 $см^2$) була меншою і це теж можна вважати за позитивний момент, бо надмірна щільність – це погіршення умов розвитку насіння.

Облік урожайності показав, що у перерахунку на чисту і суху масу цей показник менше, ніж біологічна урожайність на розмір втрат при час збирання.

Максимального рівня урожайності з базисними показниками вологості і засміченості у середньому за 3 роки досягнуто за прямого висіву соняшника за технологією Strip-till посівним комплексом Mzuri Pro-til 6T, який забезпечив приріст у порівнянні з контролем 13,2% за Clearfield та 15,5 – за Classic технологіями.

Середній рівень урожайності за класичною технологією був на 4,6% вищим, ніж Clearfield, але цьому сприяли більш сприятливі умов в 2023 та 2024 рр., бо у посушливому 2025 р. спостерігалось зворотне явище: урожайність за Clearfield технологією була на 17,2% вищою за Classic. Показано, що співвідношення насіння:листостеблова маса у гібрида NK Kondi було вужчим (1:1,10 проти 1:1,16 у P64LP130).

Лабораторні дослідження показали, що вивчені фактори впливають не лише на кількісні (рівень урожайності), але й якісні показники, а саме:

- об’ємна маса насіння (натура) у обох гібридів зросла на 23-24 г/л;

- лушпинність насіння при застосуванні прямого висіву посівним комплексом Mzuri Pro-til 6T за технологією Strip-till зменшується у порівнянні з контролем на 1,2-1,3%;
- особливо важливою зміною якості насіння є зростання його олійності у варіанті з Strip-till технологією на 1,0-1,1%;
- білковість насіння по варіантам досліду мала несуттєві коливання, але по рокам чітко простежується перевага показників у посушливому 2025 р., коли вміст сирого білку був на 1,5-1,8% вище, ніж у 2023 та 2024 рр.;
- за вмістом лінолевої кислоти олія з гібриду P64LP130 перевищувала NK Kondi на 4%. Серед технологій обробітку ґрунту знову ж таки перевага була на боці Strip-till (1,3-1,5%).

Економіко-енергетичний аналіз виробництва соняшника дозволяє зробити такі заключення:

- за основними економічними показниками перевага зафіксована за варіантом з технологією Strip-till і класичної технології. У цьому разі одержано максимальний рівень чистого прибутку (28660 грн/га), найнижчу собівартість продукції (13266 грн/т) та найвищий рівень рентабельності (80,9%);
- окупність енерговитрат на виробництво енергоємністю одержаної продукції виявилась дуже низькою: біоенергетичний коефіцієнт не перевищував 1,32, що свідчить актуальність пошуку менш енерговитратних інновацій.

В якості рекомендацій виробництву пропонується застосовувати як Clearfield, так і Classic технології, віддати перевагу першій на менш окультурених полях з недостатньою вологозабезпеченістю. В усіх випадках рекомендовано замість традиційних культивацій і дискувань застосовувати Verti-till і Strip-till обробітки.

Ключові слова: соняшник, IMI-стійкі гібриди, Clearfield, Classic технологія, Verti-till, Strip-till обробіток ґрунту, фотосинтетичні показники соняшника,

забур’яненість посівів, урожайність біологічна і фактична, якісні показники, економіка виробництва, енергетичний аналіз, агроценоз, якість продукції, якість насіння, система основного обробітку ґрунту, елементи технології вирощування, продуктивність соняшнику, ефективність систем обробітку ґрунту, південний Степ України, землеробство.

ABSTRACT

The dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 06.00.09 Crop Production (201 Agrarian Sciences and Food), Odesa State Agrarian University, Odesa, 2026.

The current level of sunflower production in Ukraine is characterized by the use of various innovations: high-yield IMI-resistant hybrids, integrated plant protection against weeds, diseases and pests, high-performance machinery, modern tillage systems (Strip-till, No-till, Verti-till), new cultivation technologies such as Clearfield, ExpressSun and A.I.R., multifunctional plant growth regulators and others. Producers widely apply all innovative elements; however, this application is unsystematic. This means that one or another innovation is used according to distributor recommendations because scientific studies devoted to a comparative evaluation of different recommendations are almost absent or are focused on a narrow range of innovations.

Among all elements of the listed innovation complex, tillage has the greatest impact on plant living conditions, as it is carried out using modern implements that are not available in research institutions. Together with the choice of genotype, which now determines not only varietal and hybrid characteristics but also the technology itself, this pair of factors is of unquestionable interest and represents a relevant research direction.

Field experiments were conducted on the fields of LLC “Kolos” in Rozdilna District of Odesa Region during 2023–2025. The author expresses gratitude to the director of the LLC, Yurii Yalovchuk, for providing the opportunity to use various expensive machinery and land, without whose support these studies would have been impossible.

The soils of the experimental plots were represented by ordinary chernozem with a humus content of 4.0–4.2%, pH 7.8–8.2 and total porosity of 57–58%.

According to weather conditions, the research years differed significantly: 2023 received a score of 17 points, 2024 – 14 and 2025 – only 8 points, that is the first two years were moderately favorable while 2025 was extremely unfavorable.

The scheme of the two-factor field experiment included the study of four tillage systems and two technologies.

Soil tillage technology (Factor A):

1. Non-inversion tillage to a depth of 30 cm. Stubble cultivation with the Horsch Tiger 6MT;
2. Verti-till tillage with the Salford 7000 implement;
3. Minimum tillage. Disk tillage with the Qualidisc 7000 disk harrow (control);
4. Strip-till. Direct drilling with an Mzuri Pro-Til 6T seeding complex.

Cultivation technology. (Factor B):

1. Clearfield technology with the hybrid P64LP130;
2. Classic technology with the hybrid NK Kondi.

The experiment had four replications, plot arrangement was randomized, the gross plot area was 12,000 m² and the accounting plot area was 560 m².

It was shown that the experimental factors significantly affect a wide range of environmental conditions, in particular:

- the reserve of available moisture in the one-meter soil layer under Strip-till during the most critical growth stages of sunflower exceeded the control by 6.5–12.3% and only at the end of the growing season did this advantage disappear;
- the most economical water uses for phytomass and seed formation was characteristic of sunflower crops under the Classic technology, where the water consumption coefficient was 69 units lower than under the Clearfield technology;
- due to the use of Verti-till and Strip-till systems, a seedbed layer with higher bulk density is formed compared with the Qualidisc 7000 control by 0.09 g/cm³ (8.0%), which ensures a decrease in total porosity of the seedbed layer by 2.8%. At the same time, the ratio of capillary to non-capillary pores changes positively (40.2 and 8.4% versus 29.4 and 22.0% in the control);

- in terms of potential weed infestation, the experimental fields were characterized by a medium level with 39.8–41.2 thousand weed seeds per 1 m² in the 0–20 cm soil layer;
- under the Clearfield technology, weed infestation was lower than under the Classic technology: the average number of annual weeds was 6.0 and 8.8 plants/m² respectively and perennial weeds 0.8 and 2.1 plants/m². An even greater advantage of Clearfield was observed for weed dry biomass, which accounted for 1.7–6.1% in the first case and 6.1–11.9% in the second of the total phytocenosis biomass.

Observations of sunflower plant growth showed that the positive effect created by the Strip-till system in terms of key environmental indicators was also reflected in growth parameters, in particular stem length, which increased by 4–6 cm compared with the control. Since stem length has a direct correlation with aboveground biomass yield, the level of this parameter was expected.

By years, the effect of technology differed: in 2023, the Classic technology with the hybrid P64LP130 provided an advantage in both fresh and dry biomass, while in 2024 and 2025 the advantage was on the side of the Clearfield technology. It is noteworthy that crop bulk density by growth stages varied within a rather narrow range: fresh biomass from 0.77 to 1.14 and dry biomass from 0.24 to 0.33 kg/m³. According to this indicator, the Clearfield technology was superior, while among tillage systems no significant differences were recorded (0.2–0.3 for fresh biomass and 0.06–0.10 kg/m² for dry biomass), which did not exceed the LSD.

The study of the sunflower root system showed that it has specific features:

- deep penetration up to 200 cm;
- the main root mass is located not in the 0–10 cm layer as in other crops but in the 10–20 cm layer;
- the taproot penetrates to a depth of 40–50 cm.

The hybrid NK Kondi develops a more powerful root system with root mass exceeding that of P64LP130 by 6.7%. Under Strip-till and Verti-till systems, not only

total root mass increases but also root productivity. On average over two years, root productivity under these systems was 2.54–2.55 kg/kg, while in the control this indicator was lower by 0.18–0.19 kg/kg or 5.9%.

The study of photosynthetic activity focused on determining dynamic indicators of leaf area followed by calculations of photosynthetic potential (PP) and net photosynthetic productivity (NPP). These studies showed that leaf assimilating surface area reaches a maximum at the flowering stage and part of the leaves (10–13%) remains photosynthetically active until physiological seed maturity. The Classic hybrid had a higher rate of leaf senescence and at physiological maturity retained only 3–6% of green leaves.

Verti-till and Strip-till systems ensured the formation of the maximum leaf area with an advantage over the control of 12–13%. In terms of PP, the studied technologies differed little, while for NPP chaotic variation was observed with no clear pattern. The maximum chlorophyll content was recorded at the flowering stage under Verti-till and Strip-till systems, with chlorophyll b remaining stable and chlorophyll a increasing almost twofold.

The conducted cycle of observations and calculations on the formation of the generative apparatus of sunflower allowed the conclusion that the number of involucral bracts can be used for early productivity forecasting. By the number of tubular florets per head, the hybrid NK Kondi showed an advantage, forming on average 3.2% more over three years.

Counts of fully developed seeds per head (individual productivity) showed that under the Strip-till system not only did the number of tubular florets increase but also the maximum realization of potential productivity was achieved, with an advantage over the control of up to 8%. Under Verti-till and Strip-till systems, head diameter increased by 1.2–1.4 cm but head density (number of seeds per 1 cm^2) was lower, which can also be considered positive since excessive density worsens seed development conditions.

Yield accounting showed that biological sunflower yield was almost equal to bunker mass, as the absence of losses in biological yield was compensated by increased

moisture content and contamination of the bunker mass. Under Verti-till and Strip-till systems, biological yield exceeded the control by 12–16%.

The maximum yield level with standard moisture and contamination indicators averaged over three years was achieved under direct sowing of sunflower with the Mzuri Pro-Til 6T seeding complex, which provided an increase compared with the control of 13.2% under Clearfield and 15.5% under Classic technologies.

The average yield level under the Classic technology was 4.6% higher than under Clearfield, due to the more favorable years 2023 and 2024, whereas in the dry 2025 the opposite was observed: yield under the Clearfield technology was 17.2% higher than under Classic. It was shown that the seed to straw ratio in the hybrid NK Kondi was narrower (1:1.10 versus 1:1.16 in P64LP130).

Laboratory studies showed that the studied factors affect not only quantitative indicators (yield level) but also qualitative traits, namely:

- seed bulk density in both hybrids increased by 23–24 g/L;
- seed hull content under direct sowing with the Mzuri Pro-Til 6T seeding complex decreased compared with the control by 1.2–1.3%;
- a particularly important quality change was the increase in oil content under the Strip-till system by 1.0–1.1%;
- seed protein content across treatments showed insignificant variation but by years a clear advantage of the dry 2025 was observed, when crude protein content was 1.5–1.8% higher than in 2023 and 2024;
- in terms of linoleic acid content, oil from the hybrid P64LP130 exceeded NK Kondi by 4%. Among tillage systems, the advantage again belonged to Strip-till (1.3–1.5%).

Economic and energy analysis of sunflower production allows the following conclusions:

- according to key economic indicators, the advantage was recorded for the variant with the Strip-till system and the Classic technology, where the

maximum net profit (28,660 UAH/ha), the lowest production cost (13,266 UAH/t) and the highest profitability level (80.9%) were obtained;

- the payback of energy inputs by the energy content of the obtained products was very low, as the bioenergetic coefficient did not exceed 1.32, indicating the relevance of searching for less energy-intensive innovations.

As recommendations for production, it is proposed to use both Clearfield and Classic technologies, giving preference to the former on less cultivated fields with insufficient moisture supply. In all cases, it is recommended to replace traditional cultivations and diskings with Verti-till and Strip-till tillage.

Keywords: sunflower, IMI-resistant hybrids, Clearfield, Classic technology, Verti-till, Strip-till soil tillage, photosynthetic parameters of sunflower, weed infestation of crops, biological and actual yield, quality indicators, production economics, energy analysis, agrocenosis, product quality, seed quality, primary tillage system, elements of cultivation technology, sunflower productivity, efficiency of tillage systems, Southern Steppe of Ukraine, agriculture.