

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

ДЕГТЯРЬОВА ЗІНАЇДА ОЛЕКСІЇВНА

УДК: 631.452/.559+633.854.778:631.582.5

ДИСЕРТАЦІЯ

**АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ У
КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 «Агрономія»

20 «Аграрні науки та продовольство»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ З. О. Дегтярєва

Науковий керівник: Кудря Сергій Іванович, доктор сільськогосподарських наук, доцент

Харків – 2023

АНОТАЦІЯ

Дегтярєва З. О. Агроєкологічна оцінка вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України.
Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». Державний біотехнологічний університет, м. Харків, 2023.

У сучасних умовах, вирощування соняшнику є пріоритетним напрямком для більшості господарств. Це одна з найбільш прибуткових культур в аграрному виробництві України, тому його посівні площі постійно зростають, а термін повернення на попереднє місце вирощування скорочується. Дослідження, які висвітлюються у дисертаційній роботі обумовлені проблематикою, що полягає в обґрунтуванні можливості та доцільності збільшення насиченості короткоротаційних сівозмін соняшником з урахуванням агроєкологічних показників родючості ґрунту, його врожайності та продуктивності, тобто в агроєкологічній рівновазі.

Наукова новизна досліджень. *Уперше:* проведено дослідження окремих агроєкологічних показників родючості чорнозему типового під посівами соняшнику, який займав 20, 40 і 60 % від сівозмінної площі, зокрема, визначено рН, електрофізичні показники та вміст водорозчинних солей катіонів кальцію, натрію та калію у ґрунті; досліджені рослинні зразки соняшнику (кошики, стебла і коріння) на вміст поживних елементів залежно від насичення ним сівозмін; доведено, що соняшник із часткою до 40 % у сівозміні не призводить до погіршення поживного режиму ґрунту; встановлено, що при насиченні сівозміни соняшником на 60 % відбувається інтенсивна діяльність целюлозоруйнівних мікроорганізмів у ґрунті; проведені розрахунки економічної та енергетичної ефективності сівозмін з насиченням 20, 40 і 60 %.

Набули подальшого розвитку: дослідження щодо обґрунтування доцільності збільшення частки соняшнику у короткоротаційних сівозмінах.

Мета дослідження – оцінити агроекологічний стан ґрунту при вирощуванні соняшнику з різним насиченням у сівозмiнах короткої ротації в умовах Лiвобережного Лiсостепу України.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення наступних завдань: проаналізувати спрямованість змін показників родючості ґрунту залежно від частки соняшнику в сівозміні; визначити водно-фізичні, агрофізичні, електрофізичні й агрохімічні показники ґрунту за різного насичення сівозмiн соняшником; розрахувати рівень водоспоживання соняшнику в різних сівозмiнах; дослідити мікробіологічну активність ґрунту в посiвах соняшнику залежно від періоду його повернення на попереднє місце; встановити вплив питомої частки соняшнику на його врожайність та продуктивність; оцінити економічну й енергетичну ефективність вирощування соняшнику за різного насичення ним сівозмiн.

Дисертаційну роботу було виконано у рамках ініціативних тематик кафедри землеробства та гербології ім. О. М. Можейка: «Розробити ландшафтно-адаптивні основи сучасних систем землеробства лiвобережного Лiсостепу та Пiвнiчного Степу» (№ державної реєстрації 0117U002512), «Розробити теоретичні основи ґрунтозахисної системи землеробства в Лiвобережному Лiсостепу та Пiвнiчному Степу України» (№ державної реєстрації 0121U108245), ГДТ з ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»» (НДР № 05/21/Д). Також було отримано грант на тему «Influence of saturation of short-term crop rotation with sunflower on soil moisture» у рамках проекту Чеської Республіки «Interuniversity cooperation as a tool for enhancement of quality of selected universities in Ukraine» 2019–2021.

Для вирішення поставлених завдань досліджували п'ятипiльнi сівозміни, у структурі яких, частка соняшнику складала 20, 40 і 60 %. Для встановлення впливу насиченості сівозмiн соняшником на родючість чорнозему типового було досліджено такі агроекологічні показники: водно-фізичні, агрофізичні, агрохімічні та електрофізичні; уміст водорозчинних катіонів; целюлозолітичну активність ґрунту.

Установлено, що при високій частці соняшнику в сівозміні погіршуються водно-фізичні показники родючості ґрунту. Найбільше доступної вологи за осінньо-зимовий і ранньовесняний періоди накопичувалося у полі соняшнику при насиченні 20 %. У період його збирання, на цьому варіанті були залишені високі запаси вологи, значення яких по шарах складали: 0–20 см – 150 м³/га, 0–100 см – 498 м³/га, 0–150 см – 797 м³/га, а насичення сівозміни соняшником на 60 % призвело до зниження цього показника на: 14, 163 і 302 м³/га, відповідно. Найбільш ефективно соняшник використовував вологу на формування врожаю у сівозмінах з насиченням 20 і 40 %. Так, при його врожайності 3,01–3,13 т/га коефіцієнт водоспоживання становив 911–1004 м³/т, відповідно. Соняшник з часткою 60 % споживав надмірну кількість вологи, порівняно з іншими варіантами, однак це не мало позитивного ефекту на формування врожаю.

Визначено, що щільність складення орного шару ґрунту на досліджуваних варіантах знаходилася в оптимальних межах для соняшнику – 1,07–1,11 г/см³, з незначним підвищенням її значень у сівозміні із насиченням 60 %. Найнижча щільність складення, у межах 1,04–1,10 г/см³, була на варіанті з насиченням 20 %.

Найкраща оструктуреність орного шару ґрунту спостерігалася під посівами соняшнику за насичення ним сівозміни 20 %, про що свідчить коефіцієнт структурності – 1,2. Так, на цьому варіанті, уміст повітряно-сухих і водотривких агрегатів становив 65,4 і 75,1 %. При збільшенні частки соняшнику до 60 % відбулося зниження їх вмісту на 6,9 і 5,9 %. Однак, загалом погіршення структурного стану орного шару ґрунту не було виявлено.

Встановлено, що ґрунт під посівами соняшника мав низьку забезпеченість легкогідролізним азотом, середню забезпеченість – рухомим фосфором та підвищену – обмінним калієм. У шарі ґрунту 0–30 см, уміст легкогідролізного азоту був найбільшим серед досліджуваних елементів – 132–140 мг/кг ґрунту. Враховуючи те, що соняшник використовує велику кількість фосфору для формування генеративних органів, а калію для вегетативної маси, то сполук Р₂О₅ у ґрунті залишилося значно менше – 68–85 мг/кг ґрунту. При цьому, найвище

значення було отримано у варіанті із 40 % соняшнику, а найнижче – з 60 %. З поміж досліджуваних сівозмін, найбільше сполук обмінного калію було зафіксовано на варіанті з часткою соняшнику 40 %. До того ж, велика кількість цього елемента була акумульована у кошиках – 8,56 % на суху масу. Для порівняння, у кошиках соняшнику, який займав 20 % була накопичена найбільша кількість сполук азоту – 0,67 % на суху масу, а фосфору – у стеблах – 0,28 % на суху масу.

Визначено, що у шарі ґрунту 0–30 см показник рН на варіантах з насиченням 20 і 40 % знаходився у межах нейтральної реакції ґрунтового середовища – 7,0–7,3, що є оптимальним для вирощування соняшнику. На варіанті з насиченням 60 % реакція ґрунтового середовища збільшувалася до слаболужної – 7,6. Встановлено високу обернену кореляційну залежність урожайності соняшнику від реакції ґрунтового середовища – $r = -0,95$. Варто зазначити, що цей показник також залежав від умісту у ґрунті водорозчинних солей катіону кальцію – $r = 0,97$.

Виявлено високу мікробіологічну активність орного шару ґрунту в полі соняшнику з насиченням 60 %. Розкладання полотна на цьому варіанті відбулося на рівні 37,0 % від початкової маси. Активність мікробіому зростала із глибиною, і досягала максимальних значень у шарі ґрунту 20–30 см по всіх варіантах. Така тенденція прослідковувалася впродовж усіх років досліджень. Хоча інтенсивність проходження мікробіологічних процесів, значним чином, залежала від погодних умов, які склалися в окремі роки досліджень.

Дослідження електрофізичних показників ґрунту, вказує на взаємозв'язок між електричною провідністю й іншими показниками родючості ґрунту. Особливо важливе значення для електропровідності мала висока наявність водорозчинних солей катіонів кальцію, рівень кореляції між цими показниками склав 1,00. Найвищий уміст сполук Ca^{2+} був на варіанті з часткою соняшнику 60 %. В орному шарі ґрунту його кількість була на рівні 312 мг/л.

При насиченні сівозмін соняшником на 20 і 40 % було отримано високий врожай насіння соняшнику. На цих варіантах він був на рівні 3,01–3,13 т/га, а

його продуктивність становила 5,31 і 5,52 т к.-п. од./га, відповідно. Збільшення частки до 60 % знизило його врожайність на 0,47 т/га, а продуктивність на 0,62 і 0,83 т к.-п. од./га. Також збільшення насичення соняшником вплинуло на врожайність інших культур у сівозмінах та їх продуктивність у цілому. Насичення сівозмін соняшником на 60 і 40 % забезпечило вихід кормопротейінових одиниць, у середньому по сівозмінах, на рівні 5,31 і 5,34 т/га.

У наших дослідженнях, рентабельність вирощування соняшнику перевищувала 100 %, з вищими її значеннями – 120 і 126 % у сівозмінах з насиченням 20 і 40 %. За рахунок низького умовно чистого прибутку через зниження врожайності та збільшення собівартості у сівозміні з часткою 60 % рентабельність його вирощування знизилася на 25,9 %. Однак, незважаючи на це, збільшення частки соняшнику у сівозміні до 60 % зробило сівозміну найбільш рентабельною – 72,5 %. З енергетичної точки зору, ефективність вирощування соняшнику залежала від насичення його у сівозміні. Так, коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) був найвищим на варіанті з насиченням соняшнику 20 % – 3,03.

Ключові слова: соняшник, насиченість, родючість ґрунту, короткоротаційні сівозміни, врожайність, продуктивність, олійні культури, агрофізичні показники, поживні елементи, економічна ефективність, енергетична ефективність, водний режим ґрунту, мікробіологічна активність ґрунту.

ANNOTATION

Dehtiarova Z. O. Agroecological assessment of sunflower cultivation in short crop rotation of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Qualifying scientific paper, manuscript copyright.

Thesis for the Academic Degree of the Doctor of Philosophy in specialty 201 "Agronomy" (20 Agricultural and Food Sciences). State Biotechnological University, Kharkiv, 2023.

In today's environment, growing sunflower is a priority for most farms. It is one of the most profitable crops in Ukrainian agriculture, so its acreage is constantly growing, and the time to return to the previous place of cultivation is shortening. The research covered in this dissertation is based on the problem of substantiating the possibility and feasibility of increasing the saturation of short-term crop rotations with sunflower, taking into account agroecological indicators of soil fertility, its yield and productivity, that is, in agroecological balance.

Scientific novelty of the research. *For the first time:* some agroecological indicators of typical chernozem fertility under sunflower crops, which occupied 20, 40, and 60 % of the crop rotation area, were studied, in particular, pH, electrophysical parameters, and the content of water-soluble salts of calcium, sodium, and potassium cations in the soil were determined; sunflower plant samples (baskets, stems and roots) were examined for the content of nutrients depending on the saturation of crop rotations; it has been proven that sunflower with a share of up to 40 % in the crop rotation does not lead to a deterioration in the soil's nutrient regime; it was found that when the crop rotation is saturated with sunflower by 60 %, intensive activity of cellulose-degrading microorganisms in the soil occurs; calculations were made of the economic and energy efficiency of crop rotations with a saturation of 20, 40 and 60 %.

The research to substantiate the feasibility of increasing the share of sunflower in short rotation crop rotations was further developed.

The aim of the study is to assess the agroecological state of the soil when growing sunflower with different saturation in short-term crop rotations in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

To achieve this goal, the following tasks were envisaged: analyse the direction of changes in soil fertility indicators depending on the share of sunflower in the crop rotation; to determine water-physical, agrophysical, electrophysical, and agrochemical soil parameters at different saturation of crop rotations with sunflower; calculate the level of water consumption of sunflower in different crop rotations; to study the microbiological activity of the soil in sunflower crops depending on the period of its return to its original place; to determine the impact of the sunflower share on its yield and productivity; to evaluate the economic and energy efficiency of sunflower cultivation with different saturation of crop rotations.

The dissertation work was carried out within the framework of the initiative topics of the Chair of Farming and Herbiology named after A. M. Mozeiko: "Development of landscape-adaptive bases of modern farming systems of the left-bank Forest-Steppe and Northern Steppe" (state registration number 0117U002512), "To develop theoretical foundations of soil protection system of agriculture in the Left-Bank Forest-Steppe and Northern Steppe of Ukraine" (state registration number 0121U108245), CCI with AGROZOVET Science Park LLC (SRW № 05/21/D). We also received a grant for «Influence of saturation of short-term crop rotation with sunflower on soil moisture» within the framework of the project of the Czech Republic «Interuniversity cooperation as a tool for enhancement of quality of selected universities in Ukraine» 2019–2021.

To solve these problems, five-field crop rotations were studied, in the structure of which the share of sunflower was 20, 40 and 60 %. To determine the effect of sunflower crop rotation saturation on the fertility of typical chernozem, the following agroecological indicators were studied: water-physical, agrophysical, agrochemical and electrophysical; cellulolytic activity of the soil, water-soluble cations and soil pH.

It was found that with a high share of sunflower in the crop rotation, water and physical indicators of soil fertility deteriorate. Most of the available moisture during the autumn-winter and early spring periods was accumulated in the sunflower field at a saturation of 20%. During the period of its harvesting, high moisture reserves were left on this variant, the values of which by layers were: 0–20 cm – 150 m³/ha, 0–100 cm – 498 m³/ha, 0–150 cm – 797 m³/ha, and the saturation of crop rotation with sunflower by 60 % led to a decrease in this indicator by: 14, 163 and 302 m³/ha, respectively. Sunflower used moisture most efficiently for crop formation in crop rotations with 20 and 40 % saturation. Thus, with its yield of 3.01–3.13 t/ha, the water consumption coefficient was 911–1004 m³/t, respectively. Sunflower with a share of 60 % consumed an excessive amount of moisture compared to other variants, but this did not have a positive effect on the formation of the crop.

It was determined that the density of the tith layer of soil in the studied variants was within the optimal range for sunflower – 1.07–1.11 g/cm³, with a slight increase in its values in the crop rotation with a saturation of 60 %. The lowest density of compaction, in the range of 1.04–1.10 g/cm³, was in the variant with 20 % saturation.

The best structured topsoil was observed under sunflower crops with a crop rotation saturation of 20 %, as evidenced by the structural coefficient of 1.2. Thus, in this variant, the content of air-dry and water-resistant aggregates was 65.4 and 75.1 %. With an increase in the share of sunflower to 60 %, their content decreased by 6.9 % and 5.9 %. However, in general, no deterioration in the structural condition of the tith soil layer was detected.

It was found that the soil under sunflower crops had a low supply of easily hydrolysable nitrogen, an average supply of mobile phosphorus, and an increased supply of exchangeable potassium. In the soil layer 0–30 cm, the content of easily hydrolysable nitrogen was the highest – 132–140 mg/kg of soil. Given that sunflower uses a high amount of phosphorus for the formation of generative organs and potassium for vegetative mass, the amount of P₂O₅ compounds in the soil was much lower – 68–85 mg/kg soil. At the same time, the highest value was obtained in the variant with 40 % sunflower, and the lowest – with 60 %. Among the studied crop rotations, the

highest amount of exchangeable potassium compounds was recorded in the variant with a share of sunflower of 40 %. In addition, a large amount of this element was accumulated in the baskets – 8.56 % on dry weight. For comparison, the largest amount of nitrogen compounds was accumulated in the baskets of sunflower, which occupied 20 %, 0.67 % of dry weight, and phosphorus – in the stems – 0.28 % of dry weight.

It was determined that in the soil layer of 0–30 cm the pH value in the variants with 20 and 40 % saturation was within the range of neutral reaction of the soil environment – 7.0–7.3, which is optimal for growing sunflower. On the variant with 60 % saturation, the reaction of the soil environment increased to slightly alkaline – 7.6. A high inverse correlation between sunflower yield and the reaction of the soil environment was found – $r = -0.95$. It is worth noting that this indicator also depended on the content of water-soluble calcium cation salts in the soil – $r = 0.97$.

High microbiological activity of topsoil in a sunflower field with a saturation of 60 % was found. The decomposition of the fabric in this variant occurred at the level of 37.0 % of the initial weight. The activity of the microbiome increased with depth, and reached its maximum values in the soil layer of 20–30 cm in all variants. This trend was observed throughout the years of research. However, the intensity of microbiological processes largely depended on the weather conditions that prevailed in certain years of the study.

The study of soil electrophysical parameters indicates a correlation between electrical conductivity and other indicators of soil fertility. Especially important for electrical conductivity was the high presence of water-soluble salts of calcium cations, the correlation between these indicators was 1.00. The highest content of Ca^{2+} compounds was in the variant with a share of sunflower of 60 %. In the topsoil, its amount was at the level of 312 mg/l.

With the saturation of crop rotations with sunflower by 20 and 40 %, a high yield of sunflower seeds was obtained. In these variants, it was at the level of 3.01–3.13 t/ha, and its productivity was 5.31 and 5.52 t of d. m. units/ha, respectively. An increase in the share to 60 % reduced its yield by 0.47 t/ha, and productivity by 0.62 and 0.83 t of plant units/ha. Also, the increase in sunflower saturation affected the yield of other

crops in crop rotations and their productivity in general. The saturation of crop rotations with sunflower by 60 and 40 % ensured the yield of feed protein units, on average, at the level of 5.31 and 5.34 t/ha.

In our research, the profitability of sunflower cultivation exceeded 100 %, with higher values of 120 and 126 % in crop rotations with a saturation of 20 % and 40 %. Due to the low conditional net profit due to lower yields and higher costs in the crop rotation with a share of 60 %, the profitability of its cultivation decreased by 25.9 %. However, despite this, an increase in the share of sunflower in the crop rotation to 60% made the crop rotation the most profitable – 72.5 %. From the energy point of view, the efficiency of sunflower cultivation depended on its saturation in the crop rotation. Thus, the energy efficiency coefficient (EeC) was the highest in the variant with a sunflower saturation of 20 % – 3.03.

Keywords: sunflower, saturation, soil fertility, short-term crop rotations, yield, productivity, oilseeds, agrophysical indicators, nutrients, economic efficiency, energy efficiency, soil water regime, microbiological activity of the soil.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у журналах, що індексуються у наукометричних базах Scopus та Web of Science

1. Kudria N., Kudria S., **Dehtiarova Z.** Influence of precursors on biometric indicators and yield of winter wheat in different agrobiocenoses. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. Vol. LXIV, No. 1, 2021. pp. 430–437. **Web of Science** (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

2. **Dehtiarova Z.**, Kudria S., Kudria N., Khasianov D. Influence of sunflower saturation on productivity of short-term crop rotations. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXV, № 1, 2022. С. 274–282. **Web of Science** (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

3. **Dehtiarova Z.** The effect of short-term crop rotation with different proportions of sunflower on cellulolytic activity of the soil. *Soil Science Annual*, Vol. 73(4), 2022 <https://doi.org/10.37501/soilsa/156097>. **Scopus** (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

Статті у фахових виданнях України

4. **Dehtiarova Z.** Nutrient regime of the soil depending on the share of sunflower in short-rotational crop. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27. № 2. Pp. 87–95. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2023.87> (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

5. **Dehtiarova Z. O.** Influence of short-term crop rotations with different proportions of sunflower on soil water regime. *Land Reclamation and Water Management*. 2023. № 1. Pp. 94–101. <https://doi.org/10.31073/mivg202301-349>. <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/349> (особистий внесок –

співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. **Дегтярєва З. О.** Вплив насичення сівозмін соняшником на окремі агрофізичні показники родючості ґрунту: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та спеціалістів «Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання». ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». 27 травня 2020 р. Харків. 2020. С. 25.

7. Кудря С. І., **Дегтярєва З. О.**, Кудря Н. А. Запаси доступної вологи в чорноземі типовому за різного насичення короткоротаційних сівозмін соняшником: матеріали XXI Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвяченої 90-річчю Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка та 120-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, м. Харків, 17–18 жовтня 2020 р. С. 132–133 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

8. Кудря С. І., **Дегтярєва З. О.**, Кудря Н. А. Продуктивність сівозмін короткої ротації з різним бобовим компонентом у системі органічного землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції факультету захисту рослин ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, присвяченої 130-річчю з дня народження академіка ВАСГНІЛ, члена-кореспондента НАНУ, доктора біологічних наук, професора, фундатора та першого декана факультету Т. Д. Страхова, м. Харків, 29–30 жовтня 2020 р. Харків: Планета-прінт. С. 69–72 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

9. Кудря С. І., **Дегтярєва З. О.**, Кудря Н. А. Целюлозолітична активність ґрунту за різного насичення короткоротаційної сівозміни соняшником. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика:*

матеріали II Міжнародної наукової інтернет-конференції (м. Тернопіль, 20 лист. 2020 р.) Тернопіль. 2020. С. 94–96 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

10. Кудря Н. А., **Дегтярьова З. О.**, Кудря С. І. Структурно-агрегатний стан ґрунту залежно від насиченості короткоротаційної сівозміни соняшником: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», м. Харків, 26–27 листопада 2020 р. Харків: ХНАУ, 2020. С. 13–18 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

11. **Дегтярьова З. О.** Агрофізичні показники родючості ґрунту залежно від насичення короткоротаційних сівозмін соняшником. Матеріали Підсумкової наукової конференції професорсько-викладацького складу і здобувачів наукових ступенів: у 2-х ч. (м. Харків, 18–19 травня 2021 р.) Харків: ХНАУ, 2021. Ч. I. С. 96–98.

12. Kudria N., Kudria S., **Dehtiarova Z.** Influence of precursors on biometric indicators and yield of winter wheat in different agrobiocenoses. Agriculture for Life, Life for Agriculture: The International Conference (June 3–5, 2021, Bucharest) (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

13. **Дегтярьова З. О.** Запаси доступної вологи у ґрунту перед сівбою соняшника. Теоретичні та практичні аспекти сучасних систем землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка (м. Харків, 25 червня 2021 р.). Харків: Друкарня Мадрид, 2021. С. 43-45.

14. **Дегтярьова З. О.** Щільність складення ґрунту залежно від насичення короткоротаційних сівозмін соняшником. Тенденції та виклики сучасної аграрної

науки: теорія і практика: матеріали III Міжнар. наук. інтернет-конф. (20–22 жовт. 2021 р.). Київ, 2021. С. 86–88.

15. **Дегтярьова З. О.** Целюлозолітична активність чорнозему типового за різного насичення короткоротаційних сівозмін соняшником. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукр. наук.-практич. онлайн конф., присвяч. 60-річчю ІСМАВ НААН (26–27 жовт. 2021 р., м. Чернігів). Чернігів, 2021. С. 62–64.

16. **Дегтярьова З. О.** Вміст водорозчинних солей у чорноземі типовому під час вирощування соняшнику: матеріали Підсумкової наукової конференції професорсько-викладацького складу і здобувачів вищої освіти. (м. Харків, 18–19 січня 2022 р.). Харків: ДБТУ, 2022. С. 55–58.

17. **Дегтярьова З. О.** Вплив соняшнику на вміст NPK у ґрунті. Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 100-річчю від дня заснування агрономічного факультету (2–3 червня 2022 р.). Житомир: Поліський нац. університет. 2022. С. 321–323.

18. **Dehtiarova Z., Kudria S., Kudria N., Khasianov D.** Influence of sunflower saturation on productivity of short-term crop rotations. Agriculture for Life, Life for Agriculture: Book of Abstracts, International Conference, Section 1: Agronomy. Bucharest, Romania, 2022. Pp. 85 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

19. **Дегтярьова З. О.** Вплив насичення короткоротаційних сівозмін соняшником на целюлозолітичну активність ґрунту. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва [Електронний ресурс]: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., присв. ювілейним річницям проф. О. М. Можейка, В. В. Милого, Ю. В. Будьонного, І. І. Назаренка, 29–30 листопада 2022 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. Електрон. дані. Харків, 2022. С. 107–110.

20. **Дегтярьова З. О.** Вплив насичення короткоротаційних сівозмін соняшником на водний режим ґрунту. Всеукраїнська науково-практична конференція

здобувачів, молодих учених та спеціалістів присвяченої Всесвітньому Дню Ґрунту. 2022, № 2. С. 21–23.

21. **Дегтярьова З. О.** Вплив частки соняшнику на целюлозолітичну активність чорнозему типового. Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство: матеріали Міжнар. наук. конф., присвяч. 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка (24-26 квітня 2023). Львів-Дубляни: ЛНУП. С. 104–107.

22. **Dehtiarova Z.**, Kudria S., Dehtiarov Yu., Kudria N. Influence of saturation of short-term crop rotations with sunflower on some agrophysical parameters of typical chernozem. *Agriculture for Life, Life for Agriculture: Book of Abstracts. International Conference, Section 1: Agronomy*. Bucharest, Romania, 2023. Pp. 81 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

23. Дегтярьов Ю. В., **Дегтярьова З. О.** Накопичення вологи в чорноземі типовому за умови ґрунтозахисної системи землеробства. *Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (24 травня 2023 р.)*. Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2023. С. 39–42. Режим доступу: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya> (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	26
1.1. Агроєкологічне значення вирощування соняшнику	26
1.2. Сівозмінний фактор при вирощуванні соняшнику	31
1.3. Вплив вирощування соняшнику на окремі показники родючості ґрунту ..	35
1.4. Роль кліматичного фактору при вирощуванні соняшнику	45
1.5. Урожайність соняшнику залежно від насичення його у сівозміні	47
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	52
2.1. Загальні відомості про район досліджень	52
2.2. Ґрунтовий покрив району досліджень.....	52
2.3. Кліматичні та погодні умови під час проведення досліджень.....	55
2.4. Методика проведення досліджень	59
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ З РІЗНИМ НАСИЧЕННЯМ У СІВОЗМІНАХ НА ОКРЕМІ АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО.....	63
3.1. Водно-фізичні показники чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником.....	63
3.2. Окремі агрофізичні показники чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником	69
3.2.1. Щільність складення ґрунту	69
3.2.2. Структурний стан ґрунту	72
3.3. Уміст поживних елементів у ґрунті залежно від насиченості сівозмін соняшником	77
3.3.1. Уміст легкогідролізного азоту в ґрунті.	78
3.3.2. Уміст обмінного калію у ґрунті.....	82
3.4. Винос елементів живлення з ґрунту рослинами соняшнику залежно від насиченості ним сівозмін	85
3.5. рН чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником... ..	89
3.6. Целюлозолітична активність чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником.....	93
3.7. Електропровідність чорнозему типового та вміст водорозчинних солей	

катіонів залежно від насиченості сівозмін соняшником	97
РОЗДІЛ 4. УРОЖАЙНІСТЬ І ПРОДУКТИВІСТЬ СОНЯШНИКУ З РІЗНИМ ЙОГО НАСИЧЕННЯМ У СІВОЗМІНАХ КОРОТКОЇ РОТАЦІЇ	104
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН З РІЗНИМ НАСИЧЕННЯМ СОНЯШНИКУ	111
5.1. Економічна ефективність сівозмін залежно від насиченості соняшником	111
5.2. Енергетична ефективність використання короткоротаційних сівозмін з різним насиченням соняшнику	115
ВИСНОВКИ	118
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	122

ВСТУП

Стале сільське господарство – це інтегрована система, технології якої сприяють стабільному та безперервному виробництву, що, у свою чергу, дозволяє забезпечити достатню кількість ресурсів у майбутньому. До нього слід віднести агроекологічну складову, яка базується на розроблені науково обґрунтованих заходів, спрямованих на отриманні якісної та безпечної продукції. Водночас, концепція сталого розвитку охоплює ще дві окремі, але взаємопов'язані сфери: соціальну (соціально-територіальну), яка відповідає за забезпечення достатньою кількістю продовольства, справедливу зайнятість і розвиток для локальних спільнот; економічну, яка забезпечує життєздатність, ефективність і прибутковість аграрного бізнесу. Використання цілісного підходу до сільського господарства є ключем до інтеграції цих компонентів сталого розвитку [219, 277].

Не менш важливе місце у такому ведені сільського господарства посідають сівозміни. Відомо, що вони сприяють збереженню ґрунтів та їх екологічній стійкості. Зокрема, знижують ймовірність ущільнення ґрунту, оскільки кореневі системи рослин відрізняються одна від одної; насичують ґрунт азотом за рахунок використання азотфіксуючих рослин; допомагають у боротьбі зі шкідниками, які загрожують конкретним культурам; запобігають виснаженню ґрунту; допомагають уникати невиправданого використання хімічних речовин; забезпечують надходження органічних речовин і стимулюють активність ґрунтової мікробіоти.

Актуальність теми. Сучасне сільське господарство стикається з наслідками кліматичних змін. З усіх сільськогосподарських культур, найбільш адаптованим до цього є соняшник. Тому в господарствах збільшують площі соняшнику для зниження економічних збитків від можливих втрат урожаю інших сільськогосподарських культур. Не менш важливою частиною його вирощування слід вважати економічну складову. Адже соняшник є високорентабельною культурою за рахунок його вартості, тому дохід господарств збільшується у рази, ніж від інших культур. Однак, слід враховувати

ризика для господарств у випадку, якщо вирощування соняшнику буде нерентабельним через зміни на ринку або інші фактори. Збільшення площ під соняшником відкриває можливості для створення нових гібридів і сортів, а також вдосконалення технологій вирощування, зокрема методів збільшення врожайності та стійкості до стресових умов.

Дослідження наслідків від насичення сівозмін соняшником в останні роки є дуже актуальною темою в сільському господарстві та науковому співтоваристві. Адже вважається, що його вирощування на одному полі впродовж тривалого періоду або із меншим інтервалом його повернення може призвести до виснаження ґрунту. А у свою чергу, низька забезпеченість поживними речовинами ґрунту знижує його родючість, погіршує структурний стан та впливає на врожайність сільськогосподарських культур, у тому числі, самого соняшнику.

Вивчення агроєкологічних показників ґрунту під посівами соняшнику потрібне для встановлення науково-обґрунтованого інтервалу повернення культури в сівозміні. Необхідно також враховувати ґрунтово-кліматичні умови, попередники соняшника на полі, агротехнології вирощування, системи мінерального живлення та захисту від небажаних біологічних об'єктів. Це має скоригувати баланс мінеральних речовин у ґрунті, не допустити розвитку хвороб і шкідників, попередити виснаження ґрунту через відчуження поживних речовин.

Агроєкологічна оцінка насичення сівозмін соняшником може допомогти розробити більш стійкі й ефективні системи сільського господарства, які зберігають родючість ґрунту та забезпечують стабільний виробничий процес. А також може зробити вагомий внесок у вивчення екологічних, агрономічних та економічних аспектів цього питання. Оскільки сталість сільського господарства є ключовим завданням сучасності, наукове обґрунтування збільшення частки соняшнику в сівозмінах має великий як науковий, так і практичний інтерес.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота над дисертаційними дослідженнями проводилася впродовж 2019–2023 рр. у

Державному біотехнологічному університеті (колишній – Харківській національній аграрний університеті ім. В. В. Докучаєва). Дисертаційна робота була складовою частиною тематичного плану та виконувалася у рамках ініціативної тематики кафедри землеробства та гербології ім. О. М. Можейка у період 2019–2020 рр. «Розробити ландшафтні-адаптивні основи сучасних систем землеробства лівобережного Лісостепу та Північного Степу» (№ державної реєстрації 0117U002512) та у 2021–2023 рр. «Розробити теоретичні основи ґрунтозахисної системи землеробства в Лівобережному Лісостепу та Північному Степу України» (№ державної реєстрації 0121U108245). ГДТ з ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»» (НДР № 05/21/Д). Також було отримано грант на тему «Influence of saturation of short-term crop rotation with sunflower on soil moisture» у рамках проекту Чеської Республіки «Interuniversity cooperation as a tool for enhancement of quality of selected universities in Ukraine» 2019–2021.

Мета досліджень – оцінити агроекологічний стан ґрунту при вирощуванні соняшнику з різним насиченням у сівозмінах короткої ротації в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішення наступних завдань:

- визначити водно-фізичні, агрохімічні, агрофізичні, в тому числі електрофізичні показники родючості ґрунту залежно від насиченням сівозмін соняшником;
- дослідити мікробіологічну активність ґрунту у посівах соняшнику залежно від періоду його повернення на попереднє місце;
- визначити рівень водоспоживання соняшнику залежно від його насичення у сівозміні;
- дослідити рослинні рештки соняшнику на уміст поживних макроелементів;
- проаналізувати спрямованість змін показників родючості ґрунту залежно від частки соняшнику в сівозміні;

– встановити вплив питомої частки соняшнику на його врожайність і продуктивність;

– оцінити економічну й енергетичну ефективність сівозмін з різним насиченням соняшнику.

Об’єкт дослідження – чорнозем типовий і насичення сівозмін соняшником.

Предмет дослідження – агроекологічні показники родючості ґрунту.

Методи дослідження. У процесі виконання дисертаційних досліджень використовували спеціальні агрономічні та загальнонаукові методи. Польовий – для встановлення впливу насиченості сівозмін соняшником на водно-фізичні, агрофізичні, електрофізичні та мікробіологічні показники родючості ґрунту, урожайність насіння соняшнику. Лабораторний – для визначення агрохімічних показників у ґрунті та в рослинних рештках соняшнику. Розрахунково-порівняльний – оцінка продуктивності, економічної та енергетичної ефективності короткоротаційних сівозмін. Математично-статистичний – установа достовірності отриманих результатів і кореляційних залежностей між досліджуваними показниками.

Наукова новизна досліджень. *Уперше:* проведені дослідження окремих агроекологічних показників родючості чорнозему типового під посівами соняшнику, який займав 20, 40 і 60 % від сівозмінної площі, зокрема, визначено рН, електрофізичні показники та вміст водорозчинних солей катіонів кальцію, натрію та калію у ґрунті; досліджені рослинні зразки соняшнику (кошики, стебла і коріння) на вміст поживних елементів залежно від насичення ним сівозмін; доведено, що соняшник із часткою до 40 % у сівозміні не призводить до погіршення поживного режиму ґрунту; встановлено, що насичення сівозміни соняшником на 60 % сприяє інтенсивній діяльності целюлозоруйнівних мікроорганізмів у ґрунті; проведені розрахунки економічної та енергетичної ефективності сівозмін з насиченням 20, 40 і 60 %.

Набули подальшого розвитку: дослідження щодо обґрунтування доцільності збільшення частки соняшнику у короткоротаційних сівозмінах.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів дослідження можуть бути проведені корегування науково обґрунтованого інтервалу повернення соняшнику на попереднє місце вирощування у сівозміні. Результати досліджень пройшли виробничу перевірку у 2021 р. на базі ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ» Харківської обл. на площі 81 га та ДП «Дослідне господарство «Елітне»» ІР НААН Харківської обл. на площі 78,9 га; у 2021–2022 рр. – ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»» на площі 21 га, а також були впроваджені у навчальний процес на кафедрі землеробства та гербології ім. О. М. Можейка.

Особистий внесок здобувача. Автор безпосередньо брав участь у виборі теми, визначенні актуальності, мети та завдань досліджень, плануванні та проведенні досліджень, аналізі та інтерпретації результатів, статистичній обробці даних, формулюванні наукових висновків та рекомендацій виробництву. За результатами досліджень написано та опубліковано наукові праці відповідно до теми дисертаційної роботи.

Апробація результатів досліджень. Основні результати наукових досліджень доповідалися та обговорювалися на: Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції молодих учених та спеціалістів «Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання». ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського» (м. Харків, 27 травня 2020 р.); XXI Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвяченій 90-річчю Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка та 120-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка (м. Харків, 17–18 жовтня 2020 р.); II Міжнародній науковій інтернет-конференції «Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика» (м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (м. Харків, 26–27 листопада 2020 р.); підсумковій науково-практичній конференції професорсько-викладацького складу і здобувачів

наукових ступенів (м. Харків, 18–19 травня 2021 р., 18–19 січня 2022 р.), the International Conference «Agriculture for Life, Life for Agriculture»: (Bucharest, June 3–5, 2021; June 3, 2022, June 8–10, 2023); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції, присвяченій 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка (м. Харків, 25 червня 2021 р.); III Міжнародній науковій інтернет-конференції «Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика» (20–22 жовтня 2021 р.); Всеукраїнській науково-практичній онлайн конференції, присвяченій 60-річчю ІСМАВ НААН «Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин» (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 100-річчю від дня заснування агрономічного факультету (м. Житомир, 2–3 червня 2022 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій ювілейним річницям проф. О. М. Можейка, В. В. Милого, Ю. В. Будьонного, І. І. Назаренка «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва» (м. Харків, 29–30 листопада 2022 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів, молодих учених та спеціалістів присвяченій Всесвітньому Дню Ґрунту (м. Харків, 2022); Міжнародній науковій конференції, присвяченій 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка «Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство» (Львів–Дубляни, 24–26 квітня 2023), Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України» (Харків, 2023).

Публікації. Основні результати дисертаційних досліджень опубліковано у 23 наукових працях, зокрема у виданнях, які включені у науково-метричні бази Scopus і Web of Science – 3, наукових фахових виданнях України – 2; тезах і матеріалах конференцій – 18.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційну роботу викладено на 122 сторінках основного тексту, вона складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел і додатків.

Робота включає 14 таблиць, 14 рисунків та 24 додатки. Список використаних джерел включає 356 найменувань, у тому числі 200 латиницею.

РОЗДІЛ 1

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Агроекологічне значення вирощування соняшнику

Соняшник (*Helianthus* L.) – однорічна рослина з родини айстрових (*Asteraceae*) [242]. Відомо, що індіанці Північної Америки у III тисячолітті до н. е. цю культуру культивували на території теперішніх штатів Аризона і Нью-Мексико (США). В Україну соняшник потрапив у XVIII ст. і ще 125 років його вирощували як декоративну рослину [8, 64]. На початку XX ст. його почали вирощувати вже як сільськогосподарську культуру. Наразі соняшник вирощується на всіх континентах, оскільки він має широку адаптивність до різних умов навколишнього середовища.

Соняшник – теплолюбна культура, оптимальна температура для його проростання – 10–12 °С. Пророщене насіння в ґрунті витримує зниження температури до мінус 10 °С. У період розвитку до утворення чотирьох листків соняшник може переносити заморозки до –5 °С. Найбільше тепла потребує від моменту цвітіння до повного дозрівання. Соняшник за типом фотосинтезу відноситься до рослин типу С-3 із оптимальним протіканням цього процесу за температури 25–28 °С, потребою у достатній кількості вологи та помірній інтенсивності сонячного світла [37]. До того ж, найвищий уміст олії у насінні закладається при сонячній, але не дуже спекотній погоді (нижче 28 °С) [255, 340].

У Європі соняшник переважно вирощують у південних і східних регіонах. В окремих країнах (Румунія, Іспанія, Франція, Болгарія та Угорщина) його виробництво займає понад 4,5 млн га. У більшості з цих країн існує значна різниця в урожайності (від 1,1 до 2,4 т/га), але скоріше за все це більше пов'язано із погодними умовами та змінами у веденні сільського господарства [180].

В Україні соняшник займає п'яту частину всіх посівів. За останні роки його виробництво збільшилося на 24 %, а площі його вирощування збільшуються не тільки в Україні, але й у світі (понад 28 млн га у 2021 р.). Практично вся сировина

переробляється всередині країни, а це робить Україну лідером з виробництва та експорту олії. Проаналізувавши динаміку експорту соняшникової олії за період з 2020 по 2022 р., можна зробити висновок, що Україна збільшила свою частку з 550 тис. т до 6650 тис. т, у відсотковому співвідношенні – з 24,6 до 49,8 % [119]. Згідно липневого звіту 2023 р. USDA експорт насіння соняшнику з України склав 4,75 млн т (3,1 млн у березневому звіті) [336]. Проте певні фактори обмежують середню врожайність соняшнику в межах 1,5–3,0 т/га. Останні данні показують, що виведення нових високоврожайних сортів і вдосконалення технологій вирощування соняшнику для конкретних кліматичних зон дозволяє забезпечити врожайність насіння на рівні 2,9–3,5 т/га [282]. Слід зазначити, що подальше зростання світового виробництва соняшнику очікується переважно з України.

Соняшник входить у трійку найбільш продуктивних олійних культур у світі (поряд із соєю та ріпаком) [271]. Він є основним джерелом харчової олії і становить близько 10 % від загального світового виробництва, адже має високий уміст (від 38 % до 50 %) високоякісної олії, до складу якої входять поліненасичені жирні кислоти, токофероли, стерини та мікроелементи (селен, цинк та залізо). Така олія використовується у харчовій, фармацевтичній, хімічній і косметичній промисловості, а також у квітникарстві, виробництві меду та біодизеля [310, 311, 308, 295, 258]. Макуху соняшника включають у раціон великої рогатої худоби, свиней і птиці. Крім того, він використовується як компонент силосів і зернових сумішей для годівлі птахів.

У результаті цього, більше уваги приділяється питанню вирощування та переробки соняшнику, також всім аспектам виробництва, які впливають на його врожайність та якість [147, 354]. Слід зазначити, що в окремих регіонах України врожайність соняшнику на 34 до 58 % залежить від кліматичних чинників [199]. Досліджуються інноваційні системи його вирощування, засновані на органічному землеробстві, методах збереження родючості ґрунту та вологи [199]. В усьому світі розробляються нові гібриди соняшнику, які можуть мати вищу врожайність насіння та ефективність використання вологи у поточному сценарії глобальної зміни клімату [201, 235].

Відомо, що кінцевою метою будь-якого дослідження є досягнення високої продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику [183]. Поруч з цим, науковці всього світу все більше зосереджуються на тому, як вирощувати соняшник в умовах глобальної зміни клімату (різкі зміни температури, град, сильні вітри та нерівномірні опадами) [198]. Висока температура повітря впливає на випаровування, що, у свою чергу, збільшує поглинання соняшником ґрунтової вологи. Окремі науковці зазначають, що соняшник за 130 днів може витратити вологи 765–882 мм, а за добу – до 13 мм [256, 334].

Низька вологість ґрунту та висока температура спричиняють старіння листя, низьку виповненість зерна, затримку росту посівів [198], зменшення надземної сухої маси, індексу врожайності та збільшення підземної сухої маси (маси коренів) [106, 310, 311]. Для зменшення згубного впливу водного стресу на критичних етапах росту та розвитку соняшнику, слід використовувати сівоzmіни у поєднанні з ґрунтозахисним обробітком ґрунту [334].

Порівняно з іншими культурами, соняшник, має добре розвинену кореневу систему, яка здатна проникати у ґрунт на глибину понад 3 м, а в горизонтальному напрямку – до 1,5–1,7 м [125, 184, 193, 205]. Завдяки цьому, соняшник може повністю засвоювати вологу (і поживні речовини) з глибоких шарів ґрунту.

Соняшник зазвичай вирощують у 3–4-пільних сівоzmінах із чистим паром, пшеницею, ячменем, кукурудзою, соєю, зерновими та зернобобовими культурами [253, 269, 316]. Однак занадто часте його вирощування може призвести до утворення інокуляту грибкових захворювань (наприклад, фомозу, фомопсису, несправжньої борошнистої роси тощо) [38, 109]. Закордонні вчені через сильний зв'язок між кількістю років вирощування соняшнику в сівоzmіні та зниженням вегетаційних індексів, вказують на негативний ефект від безперервного його посіву [268]. При цьому, висівання соняшнику один раз на сім років є раціональним через високий позитивний вплив на вегетаційні показники. Однак, починаючи з інтервалу між посівами соняшнику, що дорівнював трьом рокам, негативного ефекту також не спостерігалось. Тому

вчені дійшли висновку, що висівання соняшнику раз на чотири роки було б допустимим рішенням, щоб уникнути негативних наслідків та деградації земель [268].

Крім того, соняшник є культурою з високим рівнем водоспоживання [203]. Через це він може знижувати врожайність наступних культур, особливо, у посушливі роки. Наприклад, врожайність пшениці озимої знижується в разі вирощування її в сівозміні після соняшнику [236, 294]. При цьому, найбільш помітно це було в трипільній сівозміні (пшениця–соняшник–соняшник), ніж у чотиріпільній (пшениця–кукурудза–соняшник–соняшник або пшениця–просо–соняшник–соняшник). У роки з високою кількістю опадів зниження врожайності попередньої культури соняшнику не проявлялося лише у 3-пільній сівозміні.

Щоб зменшити ймовірність неврожаю після соняшника, необхідно застосовувати належні практики збереження ґрунтової вологи, а також висівати посухостійкі культури, які ефективно використовують воду. Д. Нільсон визначив, що значна частина негативного впливу вилучення ґрунтової вологи соняшником може бути компенсована, якщо його стебла залишаються після збирання врожаю, одночасно забезпечуючи належний захист від вітрової ерозії [293]. Залишкова волога від попередніх культур, також може бути використана соняшником. Однак, після себе він залишає її в ґрунті менше, що може негативно вплинути на врожайність наступних культур у посушливих умовах. Тому зрозуміло, чому викликає занепокоєння часте повернення соняшнику на те саме поле.

Вирощування соняшнику в сівозміні має першочергове значення для сталості системи землеробства. Приймаючи рішення про включення соняшнику в сівозміну, аграрії повинні враховувати вплив на врожайність наступних культур, а також витрати на виробництво, ринкову вартість врожаю, вплив на проблеми зі шкідниками та загальну продуктивність усіх культур сівозміни [294]. Однак, добре відомі і переваги соняшника у кругообігу поживних речовин. Наприклад, після певного попередника його коренева система може увібрати частину азоту з будь-якої глибини [163], а розкладання поживних решток

соняшнику може забезпечити накопичення поживних елементів для наступної культури [314].

Шлях до насичення сівозмін культурами з високим рівнем використання поживних елементів, вологи та небезпекою зростання фітосанітарних ризиків – це або зниження продуктивності ріллі, або додаткові виробничі витрати на компенсацію негативних наслідків порушення сівозмін. Деякі вчені наголошують, що найбільш ефективно модель системи землеробства функціонує, коли у сівозмінах чистий пар займає 10–15 %, соняшник 10–12 %, зернові та зернобобові культури 70–75 %, озимі культури 30–35 %, а співвідношення між озимою і ярою групами становить 50:50 [112].

Розширення посівних площ соняшнику супроводжується зниженням їх урожайності. Основною причиною цього вважається ураження рослин хворобами, шкідниками та значне засмічення посівів бур'янами [88]. Це стало підставою для перегляду класичних агрономічних основ щодо розміщення цієї культури в сівозміні. Дослідження останніх років засвідчили, що використання стійких до хвороб гібридів соняшнику, застосування інтенсивних технологій його вирощування, своєчасний захист від хвороб, шкідників і бур'янів сприяє поверненню цієї культури на попереднє місце вирощування через 4–6 років. Результати досліджень Л. А. Манько показують, що різниця врожайності соняшника у 4- і 5-пільній сівозмінах майже відсутня, а повернення соняшника на попереднє місце вирощування у більш короткі строки не призвело до значного зниження врожайності [88].

Вирощування соняшника у проміжних посівах є перспективним напрямком сучасного інтенсивного землеробства. Найвний сорто-гібридний склад культури за господарськими характеристиками відповідає агроекологічним умовам післяукісного та раннього післяжнивного періоду [293]. На думку фахівців ДУ «Держґрунтохорона», вирощування соняшника у 4- та 5-пільних сівозмінах, впровадження його як попередника для озимих зернових є необхідною альтернативою класичним довгоротаційним сівозмінам з великою насиченістю культур [231]. Такі вимоги до використання соняшника в нових

інтенсивних сівозмінах є запорукою і надалі нашій державі залишатися одним із основних експортерів соняшнику на світовому ринку.

1.2. Сівозмінний фактор при вирощуванні соняшнику

Сучасні умови складаються таким чином, що процеси пов'язані зі зміною клімату суттєво впливають на ефективність аграрного сектора як в Україні, так і у світі. Особливо чутливими до цих змін є озимі культури, які стали частіше зазнавати негативного впливу від погодних умов. Адже щорічне підвищення температури на 1,45 °C безпосередньо впливає на строки сівби, ріст і розвиток цих культур. Тому можна спостерігати тенденцію до збільшення площ посівів технічних культур, які мають більшу стресостійкість та адаптивність до змін погодних умов [218, 329, 335].

В Україні початок цього збільшення припав на період з 2000 по 2014 р., при чому, у першу чергу, зросла загальна площа соняшнику – з 8,4 % до 28,4 %. Станом на 2022 р. посівна площа його вирощування складала понад 4,6 млн га. Статистика посівних площ соняшнику в 2022 році не повна, за рахунок неможливості врахувати дані по територіям, на яких проходять бойові дії [155]. Незважаючи на це, нині посівні площі цієї культури в Україні перевищують науково-обґрунтовані норми [36, 68].

Станом на 19 липня 2023 р. до Державного реєстру сортів рослин України занесено 1548 гібридів і сортів соняшнику; з 2012 р. по 2022 р. їх кількість нараховувалася на рівні 1035 [37]. Більшість зареєстрованих таксонів соняшнику рекомендовано до вирощування у Степу та Лісостепу. Але слід зазначити, що із загальної кількості лише 239 таксонів соняшнику рекомендовано до вирощування у Лісостеповій зоні [80].

Основною причиною зростання посівних площ соняшнику є використання його насіння як своєрідного «страхового полісу» від високих збитків [329], що допомагає аграріям заощаджувати доходи в тяжких умовах, що можуть скластися. Однак, це призвело до збільшення випадків порушення сівозмін що, у свою чергу, вплинуло на зниження родючості ґрунтів. Тому вважається, що

збільшення посівних площ соняшнику суперечить принципам сталого сільського господарства в Україні [268].

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 11 лютого 2010 р. № 164 «Про затвердження нормативів оптимального співвідношення видів сільськогосподарських культур у сівозміні в різних природних і сільськогосподарських регіонах» введено правила сівозмін, які обмежують площі посівів технічних культур. Зокрема, насичення науково-обґрунтованих сівозмін соняшником для Лісостепу становить 5–9 %, а висівати його на одному і тому ж полі можна один раз у сім років [110, 268]. Проте, це не заважає висівати соняшник чотири або п'ять років поспіль. Водночас, аграрії компенсують зниження продуктивності ґрунту збільшенням використання добрив.

Якщо забезпечити оптимальну структуру посівних площ, співвідношення, розміщення і чергування культур, сівозміни створюють найкращі умови для отримання високих урожаїв з одночасним підвищенням родючості ґрунту. Раціональні сівозміни створюють умови для планового ведення всього господарства й ефективного використання орних земель. Технологічне значення сівозмін полягає у правильному чергуванні різних за своїми біологічними вимогами рослин, за яких для кожної культури створюються найкращі умови росту і розвитку [9, 282]. Для вивчення сталості сівозмін важливо спостерігати за ними в довготривалих експериментах. Численні дослідження показали, що системи землеробства з різною якістю ґрунту потребують тривалого періоду часу, щоб показати відмінності одна від одної [225, 259, 306]. Розуміння складних взаємозв'язків між ґрунтом, рослинами та методами управління необхідне для розробки стійких систем сільськогосподарського виробництва.

Дослідження підтверджують, що сівозміни впливають на вміст поживних речовин у ґрунті, врожайність та якісні показники зерна культур [313]. Сільськогосподарські культури в системі сівозмін отримують поживні речовини, які залишаються із рослинними рештками попередника. Таким чином, можна запобігти втратам поживних елементів із кореневмісного шару ґрунту, а також

знизити ризик ерозії [174]. Також, можна вирощувати культури у проміжних посівах задля підвищення родючості ґрунту, або в якості сидератів [261].

Якісно спланована сівозміна сприяє надходженню органічних речовин до ґрунту, що необхідно для збереження родючості ґрунту та покращення середовища існування для ґрунтових організмів. Достатня кількість органічних речовин у ґрунті зменшує швидкість втрати поживних речовин, збільшує потенційне водопостачання сільськогосподарських культур за рахунок підвищення здатності ґрунту накопичувати вологу. Сівозміни мінімізують ризик виникнення фітосанітарних проблем у процесі вирощування сільськогосподарських культур [164]. Те саме стосується контролювання бур'янів, небажаному росту яких, можна ефективно перешкоджати шляхом вибору відповідної попередньої культури, особливо, в системах посіву, де розвинулася стійкість до гербіцидів.

Висока різноманітність культур у сівозміні може підвищити продуктивність сільськогосподарських культур завдяки екологічній стабільності та стійкості ґрунту [221, 226]. Це підтверджують українські науковці [267], які вказують на те, що найбільш продуктивними є різноротаційні сівозміни: короткоротаційні 2–5-пільні і довгоротаційні 6–10-пільні зернові, зернопросапні, зерно-паро-просапні, просапні, кормові динамічні сівозміни із широким діапазоном насичення зерновими культурами – від 33,3–50,0–66,3 % до 70–80–100 %. Зокрема, зерновими колосовими, просапними, зернобобовими (горох, соя), а також однорічними травами (вико-вівсяна сумішка) та багаторічними бобовими (еспарцет, конюшина, люцерна).

Доведено, що беззмінна культура різко знижує врожайність, родючість ґрунту, погіршує його фітосанітарний стан. Чергування культур, що відрізняються строками сівби та збирання, різними способами догляду за ними, сприяє рівномірному розподілу та раціональному використанню впродовж року технічних засобів і робочої сили [9]. Науковці виявили, що порівняно з монокультурою, включення хоча б однієї або декількох культур у систему сівозміни збільшує вміст загального вуглецю й азоту в ґрунті на 3,6 і 5,3 % [275,

276, 281]. Деякі показники родючості ґрунту (щільність складення, рН, структурно-агрегатний склад тощо) позитивно реагують на чергування культур. Крім того, різні сільськогосподарські культури в сівоzmіні можуть виробляти більше кореневих ексудатів, які підвищують мікробіологічну активність ґрунту [303, 337]. Беззмінне вирощування культури може знизити кругообіг поживних речовин у ґрунті, змінити мікробіом ґрунту, що невідворотно призведе до зниження врожайності [276]. А головне, що сівоzmіни підвищують продуктивність і сприяють сталості агроєкосистеми [274].

Сівоzmіни, які були розроблені раніше в науково-дослідних установах країни для господарств з досить великою кількістю ріллі, різноманітним набором культур і тривалістю ротації, для нових товаровиробників не актуальні [116]. На сьогоднішній день існує світова тенденція до вирощування сільськогосподарських культур у короткоротаційних сівоzmінах або монокультурі [168, 172]. Ця практика стає все більш поширеною через економічні ринкові тенденції, технологічний прогрес, державну політику та високі споживчі потреби. Інтенсивність управління землями для вирощування сільськогосподарських культур є основною рушійною силою глобальних екологічних змін і стійкості сільськогосподарської системи.

Агроєкологічні системи землеробства в широкому сенсі характеризуються застосуванням обмеженої кількості екзогенних ресурсів (агрохімікатів, добрив), дія яких частково компенсується інтенсифікацією екологічних процесів (через покривні культури, урізноманітненні сівоzmіни тощо) [211]. Такі системи можуть покладатися на проміжні культури та агролісомеліорацію, яка поєднує кілька видів з різними результатами та функціями. Обробіток ґрунту може бути радикально мінімізований, особливо, якщо розглядати ґрунтозахисне сільське господарство, яке поєднує мінімальний обробіток ґрунту, сівоzmіни та більш-менш постійний ґрунтовий покрив [230]. У таких системах сорти та гібриди сільськогосподарських культур повинні бути більш стійкими до біотичних факторів і більш ефективно використовувати ресурси (воду, поживні речовини, світло).

Сівозміни диверсифікують виробництво та мінімізують затрати, тим самим, зменшують ризики та підвищують цінність сільськогосподарської продукції [195]. У багатьох країнах правила сівозміни регулюються на державному рівні. Це особливо важливо зараз, коли Європа рухається в напрямку впровадження практик Green Deal для зниження антропогенного впливу на зміну клімату [232].

Наразі основним завданням сільського господарства є збереження родючості ґрунтів. У той же час, недотримання визнаних сільськогосподарських практик (у тому числі сівозмін) призводить до зниження родючості ґрунту через порушення балансу поживних речовин і зникнення корисної мікрофлори та біорізноманіття.

1.3. Вплив вирощування соняшнику на окремі показники родючості ґрунту

Сільськогосподарські культури та способи їх вирощування мають здатність змінювати агрофізичні властивості ґрунтів [10, 113], які визначають родючість ґрунту, умови росту та розвитку рослин і величину їх продуктивності, оскільки вони впливають на хімічні та біологічні процеси, а також на формування водно-повітряного та теплового режимів [240, 260, 348]. Агрофізичні властивості ґрунту розділені на основні (загальні фізичні, фізико-хімічні, водні, повітряні, теплові) та функціональні, пов'язані з різними режимами (водним, повітряним, тепловим). До числа загальних фізичних властивостей ґрунту відносять щільність складення ґрунту, щільність твердої фази та пористість [32].

Серед факторів, які визначають величину врожаю, значна роль належить саме щільності складення ґрунту. Цей агроекологічний показник впливає на інтенсивність мікробіологічної активності ґрунту і пов'язаної з нею трансформації поживних речовин; від нього залежить повітряний, тепловий і водний режими ґрунту тощо [13]. У випадку, коли він зменшується на 15 % від оптимальних показників, рослини різко відчують кисневе голодування. А переущільнення впливає майже на всі властивості та функції ґрунту. Ефект від

цього може бути помітний на поверхні і на глибині орного шару ґрунту [234]. Ущільнені ґрунти характеризуються високою твердістю та об'ємною масою, низькою гідравлічною провідністю та пористістю [173]. Такий ґрунт перешкоджає росту та функціонуванню коренів рослин [171, 287], відбувається зниження вмісту O_2 , що може вплинути на транспортування, поглинання та мінералізацію поживних речовин [273].

Канадські вчені зазначають, що ущільнення ґрунту суттєво впливає на ріст, розвиток і продуктивність рослин, а врожайність культур може знизитися на 33 %. Вони помітили, що фізичні умови ґрунту, спричинені його ущільненням, обмежували поглинання азоту сільськогосподарськими культурами. Як наслідок, відносно велика кількість післяжнивного азоту в ущільнених ґрунтах збільшує ризик його вимивання [234].

Н. П. Коваленко та ін. зазначають, що найбільше ($1,17 \text{ г/см}^3$) орний шар ґрунту ущільнює сівозміна, в якій зернові культури займали 75,0 % площі, а парова культура та соняшник – по 12,5 %. Ними було зафіксовано низьку ($1,10 \text{ г/см}^3$) щільність складення ґрунту у п'ятипільній сівозміні з 60 % зернових і зернобобових, 30 % олійних культур і 10 % чистого пару. У чотиріпільній сівозміні з 62,5 % зернових і зернобобових, 37,5 % олійних культур щільність складення збільшувалася на $0,01 \text{ г/см}^3$. Окрім цього, на глибині 0–10 см щільність складення коливалася від 0,89 до $0,95 \text{ г/см}^3$, на глибині 10–20 см вона підвищувалась до $1,19\text{--}1,25 \text{ г/см}^3$, а в шарі ґрунту 20–30 см – до $1,23\text{--}1,30 \text{ г/см}^3$. Протягом вегетаційного періоду, щільність ґрунту змінювалася, але залишалася в межах $1,17\text{--}1,34 \text{ г/см}^3$ [65]. З цього можна зробити висновок, що щільність ґрунту залежить від сівозміни та насичення її культурами.

Чорноземні ґрунти характеризуються сприятливим водно-повітряним режимом. Це зумовлено оптимальними фізичними властивостями, насамперед структурою ґрунту. Інтенсивне ведення сільського господарства, яке характеризується високим механічним навантаженням на ґрунт, призводить до фізичної деградації чорноземів, насамперед, до втрати структури та погіршення їх екологічного стану. Зниження цього показника може лімітувати врожайність

сільськогосподарських культур, навіть, сильніше, ніж уміст поживних речовин у ґрунті [91].

Антропогенний вплив, інтенсивні землеробські технології призводять до суттєвого погіршення структурного стану ґрунтів. Негативні зміни у структурі чорноземів проявляються через їх фізичну деградацію, погіршення водно-повітряного режиму, фізичних та хімічних властивостей. Все це призводить до загальної втрати чорноземами їх агрономічних властивостей [16].

Як відомо, найбільшу агрономічну цінність складають грудкувата та зерниста макроструктура розміром від 0,25 до 10 мм. Саме такі агрегати мають високу водостійкість і зв'язність, створюють сприятливі фізичні властивості ґрунту та володіють найбільшою стійкістю до дефляції [107]. Сільськогосподарські культури за рахунок своєї кореневої системи по-різному впливають на агрегацію ґрунту. Наприклад, культури суцільного способу сівби мають більш розгалужену кореневу систему, ніж просапні, що призводить до щільної кореневої мережі у верхніх шарах ґрунту. Це, у свою чергу, позитивно впливає на формування та стабілізацію структурних агрегатів [81, 206, 326]. К. Ліхтер та ін. виявили вищий уміст макроагрегатів під посівами пшениці, ніж у ґрунті під соняшником. У сівозмінних з високою часткою просапних культур структурність ґрунту істотно погіршується [272]. По впливу на оструктурування ґрунту, сільськогосподарські культури можна розмістити в такому порядку: багаторічні бобові трави – однорічні бобово-злакові сумішки – озимі зернові – ярі зернові й зернобобові – кукурудза та інші просапні культури [81].

Так, науковці Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва стверджують, що на структурний стан ґрунту найкраще впливають однорічні бобові культури, зокрема чина і вико-вівсяна суміш. Ними виявлено незначне погіршення структури ґрунту після соняшнику [146]. Установлено тенденцію щодо збільшення агрономічно цінної фракції, за насичення сівозмін зерновими культурами на 66,6 і 100 % (по 33,3 % гороху на зерно і пшениці озимої). Це зумовлено тим, що поверхня ґрунту за здійснення операцій з технології вирощування цих культур менше піддавалася техногенному впливу та

мінімальну кількість разів і на меншу глибину порушувалася знаряддями обробітку ґрунту [1]. Беззмінне вирощування соняшнику погіршує структурний стан ґрунту через суттєве збільшення агрегатів розміром >10 мм (49,8 %) у шарі ґрунту 0–20 см, що негативно впливає на фізичний стан ґрунту. Науково-обґрунтовані сівозміни сприяють збалансованому агрегатному складу. Такі сівозміни сприяють утворенню у кореневмісному шарі ґрунту достатньої кількості агрономічно цінних агрегатів: 87,8 % у шарі 0–20 см та 73,0 % у шарі 20–40 см [107].

Соняшник добре витримує посушливі погодні умови завдяки поглинанню значної кількості вологи з глибини 1,5–3 м. Але якщо у період від утворення кошика до кінця цвітіння її недостатньо, то насіння може бути недорозвиненими. Це знижує врожайність, відбувається зменшення надземної сухої маси та збільшення підземної [308]. Критичним періодом є фази від моменту цвітіння до наливання насіння. Зазвичай, він припадає на липень і серпень [52, 312]. Інші вчені під час формування водного режиму соняшника виокремлюють ще два періоди. Перший – від початку польових робіт до появи 5–6 справжніх листків. Соняшник у цей період у незначній кількості (125–133 мм) використовує вологу з верхнього шару ґрунту. У другий період (від появи 5–6 справжніх листків і до кінця вегетації) рослини інтенсивно ростуть і потреба у волозі зростає на 189 мм. Однак, у післязбиральний період, сухий ґрунт накопичує вологу з опадів активніше [85].

Доведено, що запаси доступної вологи у ґрунті після соняшнику досить низькі. За різними дослідженнями вони можуть коливатися в межах 158–184 мм. У разі посушливої погоди втрати вологи з ґрунту можуть становити 323–709 м³/га [24]. Коефіцієнт водоспоживання соняшнику може становити 450–600 м³/т, що значно вище, ніж у кукурудзи, буряків цукрових і зернових культурах. Після соняшнику запаси доступної вологи в ґрунті навесні знаходилися в межах від 1800 до 1840 м³/га. Подібні дані були отримані у дослідженнях С. М. Каленської [59]. Нею було визначено, що рівень загального водоспоживання, в основному, залежав від умов зволоження перед сівбою та в

період вегетації соняшнику. Так, на формування 1 т сухої речовини гібриди соняшнику витрачали від 424 до 705 м³/т води. В. О. Ушкаренко та ін. також встановили, що для формування 1 ц насіння соняшник витрачає 140–180 т води. На період від сходів до утворення кошика споживання води складає 20–30 %, від утворення кошика до цвітіння – 40–50 %, а від цвітіння до утворення насіння – 30–40 % [132].

А. М. Коваленком було встановлено, що протягом вегетації соняшник витрачає з ґрунту 2581–2764 м³/га вологи. При цьому частка вологи з ґрунту становила 33,3–37,4 %, а з опадів – 62,3–66,7 %. Втрати вологи з верхнього шару ґрунту (0–10 см) за вегетаційний період склали 49–91 м³/га (5,0–12,6 % від загального водоспоживання). Найбільше водоспоживання відбувалося при розміщенні соняшнику в сівозміні з чистим паром – 12,6 %, а найменше – з горохом – 5,0 %. Вирощування соняшнику в сівозміні із чистим паром сприяє більш ефективному використанню вологи на формування одиниці врожаю. У такому разі, польовий транспіраційний коефіцієнт становить 1766 м³/т, що на 170 м³/т менше при заміні чистого пара горохом, і на 598 м³/т менше при заміні його на кукурудзу. При цьому, водоспоживання соняшника за вегетаційний період було практично однаковим по всіх сівозмінах – 254,3–262,0 мм. А на момент збирання соняшника, вологи в ґрунті у паровій сівозміні залишалося приблизно на 50 % менше, порівняно з іншими варіантами [61]. За результати досліджень А. В. Мельника та С. О. Говорун [93] встановлено, що найвищий рівень сумарного водоспоживання в рослин соняшнику у сівозмінах із чистим паром і пшеницею озимою – 2969 і 2963 м³/га.

У дослідях Є. О. Домарацького та О. П. Козлова на час сівби соняшнику в метровому шарі ґрунту запаси доступної вологи становили 1300 м³/га. Це відповідало нижньому порогу середньої вологозабезпеченості. При досягненні рослинами повної стиглості, запаси зменшилися до 150–300 м³/га. Протягом вегетації рослини соняшнику використовували 1150–1000 м³/га вологи з ґрунту. Разом з опадами вологість визначала величину сумарного водоспоживання – 2556 м³/га [42].

На чорноземних ґрунтах, за певних умов, соняшник може бути добрим попередником для ранніх ярих зернових культур. До прикладу, за високих (понад 200 мм) і середніх (170–180 мм) запасів доступної вологи у 1,5-метровому шарі ґрунту та завдяки покращенню агрофізичних і біохімічних властивостей посівного шару, ячмінь ярий формував урожай на 0,2–0,6 т/га вищий, ніж після кукурудзи [22].

За розроблення науково-обґрунтованих сівозмін та системи удобрення культур у них, все більшої уваги потребує вивчення кругообігу та балансу поживних речовин у системі ґрунт–рослина [77]. Визначені балансові показники елементів живлення можуть свідчити про рівень інтенсифікації технологій і культури землеробства в цілому, а також бути врахованими за розроблення раціональної системи удобрення в сівозміні. Результати балансу є науковим підґрунтям для оптимізації складу та співвідношення різних за біологічними особливостями культур, або їх груп, формування структури посівних площ, коригування біологічного кругообігу елементів живлення в системі ґрунт–рослина шляхом унесення збалансованих за елементами живлення доз добрив [138, 137].

Баланс поживних речовин як індикатор сталого ведення сільського господарства в сівозміні було описано у дослідженні словацьких вчених Є. Ганачкової та ін. [182, 238, 254]. Це є важливим інструментом для діагностики управління поживними речовинами на різних рівнях агроєкосистеми. Ґрунти з дефіцитом мікро- та макроелементів, недостатнє або незбалансоване внесення мінеральних та органічних добрив – ключовий фактор, що впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, і, зрештою, на їх урожайність [1, 158, 208, 227, 298, 311]. Також вирощування сільськогосподарських культур з використанням органічних добрив є відмінною альтернативою з соціальної, екологічної та економічної точки зору. Адже вони у своєму складі мають велику кількість поживних речовин, і при внесенні у ґрунт, підвищують урожайність сільськогосподарських культур за рахунок поліпшення його родючості [285]. Однак визначення оптимального рівня поживних речовин є непростим

завданням, оскільки воно залежить від багатьох факторів, включно із взаємодію культури з навколишнім середовищем й агрономічними факторами [202, 246]. Деякі дослідники вважають, що внесення 60 кг азоту, 90 кг фосфору і 60 кг калію ще на стадії бутонізації соняшнику є оптимальним агротехнічним заходом для отримання максимальної врожайності насіння [245].

За даними Г. В. Пінковського, Ю. В. Мащенко вирощування соняшнику впливає на вміст поживних елементів у ґрунті. Так, в орному шарі ґрунту, нітратного азоту міститься від 0,60 до 6,60 мг/кг, а фосфору та калію: 166,9–324,0 і 96,0–193,0 мг/кг [324]. Беззмінне вирощування соняшнику може знижувати уміст азоту, при цьому, забезпечуючи верхній шар підвищеним умістом калію [107].

Сільськогосподарські культури разом з урожаєм виносять з ґрунту різну кількість елементів живлення – азоту: буряки цукрові – 163,2 кг/га, кукурудза – 97,5–156,5, соя – 111,3–115,1, пшениця озима – 108,9–131,6, ячмінь ярий – 102,1–112,9, вико-вівсяна сумішка – 112,9, соняшник – 85,3–109,7, горох – 72,4–79,6 кг/га; фосфору: кукурудза на зерно – 37,6–56,2 кг/га, пшениця озима – 41,0–48,9, соняшник – 36,6–45,0, буряки цукрові – 41,9, вико-вівсяна сумішка – 38,6, ячмінь ярий – 32,5–38,0, соя – 33,3–33,9, горох на зерно – 19,2–31,1 кг/га; калію: буряки цукрові – 187, сумішка вики з вівсом – 115,3, соняшник – 72,1–103,2, кукурудза на зерно – 65,8–103,0 кг/га.

Ю. І. Ткалічем та А. В. Коханом проведені дослідження балансу поживних речовин у сівозмінах. Так, найбільше засвоювали азот і фосфор рослини соняшнику – 237,9 і 119,3 кг д. р./га. Інші культури сівозміни споживали від 85,9 кг д. р./га (буряки цукрові, ячмінь ярий) до 164,3 кг/га д. р. (пшениця озима) та від 27,9 кг/га д. р. (буряки цукрові) до 70,8 кг/га д. р. (кукурудза на зерно). У той же час, сільськогосподарські рослини засвоювали калій у такій послідовності: кукурудза на зерно – 204,9 кг/га д. р., соняшник – 128,1, буряки цукрові – 95,5, пшениця озима – 92,5, ячмінь ярий – 61,3, горох – 45,3 кг/га д. р. За виносом азоту з ґрунту соняшник перевищував тільки буряки цукрові та

ячмінь, за виносом фосфору – не у значній мірі всі інші культури, за виносом калію поступався тільки бурякам цукровим [128].

Рівень споживання елементів живлення залежить від багатьох факторів: строків і способів внесення добрив, вологозабезпеченості, погодних умов, а також від генетичних особливостей сорту або гібрида [323]. Завдяки своїй кореневій системі, соняшник найбільш ефективно поглинає сполуки рухомого фосфору та обмінного калію [216]. Для формування 2,0–2,5 т/га врожаю, соняшник виносить з ґрунту 60–140 кг/га азоту, 30–65 кг/га фосфору та понад 300 кг/га калію [141, 21]. Приблизно на такі дані вказують інші вчені, де у середньому при вирощуванні соняшнику на формування 1 т насіння і відповідної кількості нетоварної продукції (стебла, листя, кошики) витрачається 42–50 кг азоту, 25–30 кг фосфору, 100–150 кг калію, приблизно 14 кг кальцію і близько 12 кг магнію [63, 125, 127].

В інших джерелах зазначається, що соняшник може виносити з ґрунту азоту та фосфору приблизно 56 % і 70 % від загального накопиченого вмісту. Однак, при його збиранні з поля відчужується лише насіння, що складає 20–23 % загальної маси врожаю та ще 10–15 % половини. У досліджах С. І. Кудрі [76], чіткої залежності вмісту поживних елементів від чергування культур у сівозмінах не виявлено.

Деякі дослідники вказують на те, що значна частина загального вмісту поживних речовин, які поглинаються та накопичуються рослинами соняшнику, залишається на полі після збирання врожаю у вигляді поживних залишків (стебла, листя, кошики). Після їх мінералізації ці поживні речовини легко доступні наступній культурі, що дуже важливо в системі сівозміни [188, 278]. Найповніший облік усіх компонентів вдається зробити, коли в рослин починають підсихати, але ще залишаються на стеблах, листки нижнього ярусу. Це час пожовтіння кошиків – фізіологічна стиглість насіння. Абсолютно суха маса однієї рослини (висота 170–185 см, кількість листків 28–30) становить 250–280 г. При густоті стояння рослин на час збирання – 50 тис./га абсолютно суха маса поживних залишків соняшнику становить близько 13,0 т/га.

За даними Ю. І. Ткаліча при використанні 1 кг азоту на формування основної (насіння) і нетоварної (надземної частини рослин) продукції з рослинними залишками соняшнику в ґрунт повертається 0,75 кг азоту. Для порівняння, рослинні залишки ріпаку повертають – 0,67 кг, кукурудзи – 0,54 кг, а зернові колосові приблизно 0,25 кг [129], а найбільше біологічне винесення азоту спричиняє кукурудза (106,06 кг/га) Друге місце посідає ріпак (92,29 кг/га), третє – пшениця озима (82,54 кг/га), четверте – соняшник (73,12 кг/га), п'яте – ячмінь ярий (52,4 кг/га). Найбільше рухомих сполук фосфору споживає кукурудза (25,78 кг/га), майже стільки ж – ріпак (24,57 кг/га), дещо менше – пшениця озима (21,16 кг/га), ще менше соняшник (17,68 кг/га) і ячмінь ярий (16,28 кг/га). Також кукурудза найбільше поглинає обмінного калію (18,35 кг/га), дещо менше ріпак, соняшник і пшениця озима (17,89, 14,28 і 14,01 кг/га), а найменше – ячмінь ярий (10,78 кг/га).

Соняшник повертає у ґрунт зі стеблами 66,9–78,7 % елементів живлення, з них: 74 % азоту, 54 % фосфору і 94 % калію [21, 70]. Ячмінь і кукурудза на зерно залишають калію в ґрунті більше на 2,2 і 9,3 абсолютних відсотки. До прикладу, пшениця озима менше на 47,8 %; 38,4 і 3,8 %, буряк цукровий – на 50,5 %; 50,8; 55,1 %, горох – на 25,4 %; 20,4 і 29,0 %, ячмінь і кукурудза азоту – на 33,4 і 29,4 %, а фосфору – на 29,4 і 20,3 % менше [74, 126, 128]. Тобто соняшник залишає на полі в рослинних рештках три чверті засвоєного азоту, а зернові колосові – тільки одну третину.

Сівозміни є найважливішою ланкою біологічного землеробства. Вирощування в сівозміні сільськогосподарських культур, які збагачують ґрунт органічними речовинами, дозволяє цілеспрямовано впливати на ґрунтово-мікробіологічні процеси і кругообіг елементів, що пов'язаний з ними, у системі ґрунт–рослина [149, 300, 328].

Сівозміни збільшують мікробіологічну активність ґрунту, завдяки вмісту в ньому загального вуглецю й азоту [204, 281, 353]. Крім цього, важливе значення має кількість і якість залишків, які після себе залишають культури. Просапні культури, що залишають по собі багато грубих решток, такі як соняшник,

забезпечують більше повернення в ґрунту вуглецю, але швидкість розкладання може бути повільнішою, через більш високе співвідношення C:N у цих залишках [257, 281, 354].

Короткоротаційні сівозміни з необґрунтованою структурою посівних площ, призводить до порушення балансу в мікробіоценозі ґрунту. При вирощуванні соняшника може виникати проблема дефіциту органічної речовини в ґрунті агрофітоценозів, що у подальшому впливатиме на врожайності наступних культур [69]. Вчені виявили, що сівозміни порівняно з монокультурою збільшують у ґрунті вміст загального вуглецю на 3,6 % і азоту на 5,3 % [281]. Тому перехід від беззмінного вирощування соняшнику до альтернативних систем вирощування може мати значний вплив на підземні мікробні спільноти, які контролюють кругообіг поживних речовин і впливають на продуктивність рослин [75].

Інтенсивність розкладання органічної маси в ґрунті є процесом неоднорідним, який, перш за все, залежить від вологи, температури та рівня аерації оброблюваного шару чорнозему, а потім уже від фаз розвитку рослин польових культур [144, 215, 237]. Якісні та кількісні зміни в популяції ґрунтових мікроорганізмів відображають зміни в родючості ґрунту [338]. Окремі дослідження підтверджують те, що целюлозолітична активність чорнозему типового багата в чому залежить від гідротермічних умов і наявності вологи в ґрунті.

Л. В. Центило встановив, що життєдіяльність целюлозоруйнівних мікроорганізмів за підвищеної вологості ґрунту та низьких температур пригнічується. При цьому, розкладання лляного полотна в орному шарі ґрунту становило не більше ніж 4–5 % від загальної маси. У процесі прогрівання ґрунту інтенсивність розкладання клітковини зростала й досягала максимуму – 22–45 %. Однак, різке збільшення температури та зниження вмісту вологи призвело до пригнічення целюлозолітичної активності [279, 295].

Латвійські вчені зазначають, що погодні умови мають суттєвий вплив на активність мікроорганізмів, особливо, у верхніх шарах ґрунту [210, 350]. Висока

температура повітря та незначна кількість опадів спричиняють низький рівень інтенсивності дихання. За деякими даними, дефіцит вологи в ґрунті може знизити чисельність целюлозоруйнівних мікроорганізмів на 45 % [7]. Стимулювати активність мікроорганізмів у верхніх шарах ґрунту можуть накопичення рослинних решток і достатня кількість вологи.

1.4. Роль кліматичного фактору при вирощуванні соняшнику

Серед найрізноманітніших природних багатств вагоме місце займають кліматичні ресурси. Від того, як вони використовуються, значною мірою залежать результати господарської діяльності людини. Одержувати високі врожаї можливо лише при використанні сільськогосподарських культур на належному агротехнічному рівні з урахуванням особливостей клімату та погоди. До того ж, у лісостеповій зоні існує пряма залежність між коефіцієнтом вологозабезпечення та врожаєм насіння [21].

За допомогою кількісної оцінки кліматичних факторів можна провести комплексне дослідження закономірностей формування врожаю сільськогосподарських культур у системі ґрунт–рослина–атмосфера, його прогнозування та програмування. Сонячна радіація є одним з ключових факторів, який впливає на життєдіяльність олійних культур, оскільки накопичення основних діючих речовин в отриманому врожаї залежить від теплової та світлової енергії. Починаючи з третьої декади травня, температура починає швидко зростати, що сприяє накопиченню основних діючих речовин у врожаї [39, 40, 53, 58].

Ґрунтово-кліматичні умови є одними з факторів навколишнього середовища, що мають великий вплив на врожайність соняшнику [15]. Прогнозується, що у середньому річна температура збільшиться від 2 до 6 °C, що матиме серйозні наслідки для продовольчої та харчової безпеки [199]. Кореляційний і багаторазовий лінійний регресійний аналіз показують, що річна максимальна температура збільшилася на 0,03 °C на рік між 1984 і 2018 рр., тоді як мінімальна – на 0,05 °C на рік [299].

Однак, температура повітря немає значного впливу на врожайність соняшнику, так як опади. Науковцями було встановлено, що річна кількість опадів має сильну позитивну кореляцію з урожайністю соняшнику ($r = 0,75$). Однак, утримання ґрунтом короткочасних опадів високої інтенсивності залежить від фізичних властивостей ґрунту, а саме: вологості та тиску всмоктування. Важливо, що на це також впливає дисбаланс у періодичності дощів і посухи. Через тривалі посушливі періоди порушується поверхнева структура ґрунту й утворюється кірка. Це призводить до того, що опади не просочуються у ґрунтовий профіль, незважаючи на високий тиск всмоктування, а натомість вода швидко стікає у вигляді поверхневого стоку [263].

Але вирощування соняшнику ускладнюється глобальною зміною клімату, яка характеризується різкими змінами температури, хвилями спеки, градом, сильними вітрами та нерівномірними опадами, що може загрожувати глобальному вирощуванню соняшнику [198]. З початку і до утворення кошиків, рослини соняшнику використовують близько 20–25 % загальної потреби вологи, в основному з верхніх шарів ґрунту. У період від початку утворення кошиків до кінця цвітіння, який є критичним у водоспоживанні соняшнику, ця культура засвоює найбільшу кількість вологи – близько 60 % [38, 87, 311]. Тому, пізні строки сівби мають негативні наслідки на врожайність насіння соняшнику та виробництво олії [228].

Незважаючи на ранні строки сівби, соняшник все більше піддається негативному впливу зміни клімату, особливо від високих температур і стресу від посухи [59, 199, 288]. При цьому наслідки будуть виявлятися при запиленні, заплідненні, зав'язуванні насіння, швидкості та тривалості росту насіння, масі насіння та характеристиці олії [162, 165, 191]. Деякі вчені вважають, що температура 35 °C є стресовим порогом для соняшнику, принаймні під час раннього та середнього наливу зерна [315].

Вища температура повітря може негативно впливати на ріст соняшнику, спричиняючи скорочення фенологічних фаз. Скорочення тривалості вегетації може бути компенсоване за рахунок посіву ранніх сортів з довгим циклом [198].

Підвищення температури також може призвести до швидкого старіння та зниження окислювального захисту первинних листків соняшнику [194]. Однак, збільшення транспірації повинно підтримувати листя у відносно прохолодному стані, якщо достатня кількість води надходить через потужну та добре розвинену кореневу систему.

Високі температури також збільшують випаровування вологи у посівах соняшнику [309]. Цей процес може збільшитися до 765–882 мм за 130 днів у випадку літнього посіву [256, 334]. В умовах, з низькою та нестабільною кількістю опадів і високою температурою, зростає ймовірність неврожаю через високе випаровування вологи під час критичних фаз росту і розвитку соняшника. Ці фактори можуть спричинити старіння листя, гаметофітну стерильність, низьку виповненість зерна, затримку росту посівів [198]. Уникнення несприятливих умов або виведення сортів з підвищеною стійкістю до теплових шоків є двома взаємодоповнюючими адаптивними стратегіями [58].

Дослідження О. І. Цилюрника та ін. показали, що у відносно сприятливих умовах, які характеризуються значними запасами доступної вологи в ґрунті навесні й опадами влітку, можна отримати високу врожайність насіння, у межах 2,14–3,00 т/га. Недостатня кількість доступної вологи, високі температури та низька відносна вологість повітря можуть призвести до передчасного усихання листя та формування до 25 % пустого насіння, зазвичай у центральній частині кошика. Відсутність агрономічно корисних опадів у травні–липні призводить до низької врожайності соняшнику, яка коливається в межах 1,86–2,35 т/га [143].

1.5. Врожайність соняшнику залежно від насичення його у сівозміні

Агротехнічні заходи на додаток до високоврожайних сортів є двома найбільш важливими елементами для підвищення продуктивності соняшнику [169]. Продуктивність на одиницю площі соняшнику визначається багатьма факторами, включно із популяцією рослин та сортом [243].

Науковці зі США та України наголошують щодо негативного впливу частого повернення соняшнику на попереднє місце вирощування. Це підтверджується сильним зв'язком між кількістю років вирощування соняшнику в сівозміні та зниженням вегетаційних індексів. Крім того, він демонструє, що цей ефект є більш значущим для невеликих інтервалів між посівами соняшнику [233].

У дослідженнях А. М. Коваленка, найвищу врожайність соняшника (1,55 т/га) забезпечила сівозміна з чорним паром, а з сидеральним паром і кукурудзою значення було нижчим на 0,51–0,60 т/га. У сівозмінах короткої ротації (чотири-п'ять полів) можливо розміщувати соняшник сучасних сортів і гібридів за умов високого рівня агротехніки. Вчені рекомендують для отримання високої врожайності соняшника, включати поля чорного пару і не розміщувати у них культури, які використовують для формування свого врожаю велику кількість вологи з ґрунту, особливо з глибоких його шарів [61, 62]. Так, А. Мельник та С. Говорун [93] встановили, що найвищий рівень урожайності (3,14 т/га) соняшник формує після чистого пару, а мінімальну – після кукурудзи на силос (2,46 т/га).

Дослідження О. І. Цилюрика та ін. підтверджують, що врожайність соняшнику залежить від строків повернення на попереднє місце та від насичення ним сівозмін. Так, урожайність соняшнику у беззмінних посівах зменшилась з 2,7 до 0,5 т/га. У двопільних сівозмінах (50 % насичення соняшником) у середньому за три ротації при вирощуванні по чорному пару, насіння соняшнику зібрано 2,5 т/га, після гороху та озимої пшениці 1,9–2,0 т/га. У 10-пільних сівозмінах з 10 % насиченням сівозмін соняшником у середньому за ротацію було зібрано 2,1 т/га; з 20 % насиченням – при поверненні соняшнику на попереднє місце через 6 років урожай становив 1,3 т/га, а при поверненні через 4 роки – 1,1 т/га. При питомій вазі посівів соняшника в структурі посівних площ 12–15 % його врожайність може становити 2,3–2,5 т/га, а при 30 % – лише 1,3 т/га [142, 145].

Окремі автори зазначають, що насичення сівозмін соняшником понад 50 % негативно позначається на рівні його врожайності (2,21 т/га), а зменшення до 33 % сприяє зростанню продуктивності культури на 0,29 т/га. У той же час рівень урожайності соняшника на цьому варіанті на 0,12; 0,21 і 0,24 т/га нижчий, ніж у сівозмінах, насичених культурою, відповідно на 25, 20 і 14,3 % [5]. У досліджах Л. А. Манько спостерігається зниження врожайності соняшнику (2,1 т/га) при збільшенні його частки у сівозміні до 50 %. Найбільша продуктивність соняшнику (2,76 і 2,73 т/га) була у варіантах з посівними площами 20 і 14,3 % [88].

За даними М. Попової та ін. [108], повернення соняшнику на попереднє місце в сівозміні через 10, 6 і 4 роки призводить до зниження врожайності соняшнику: 2,01; 1,33 та 1,11 т/га відповідно. Такого ж висновку дійшли при проведенні досліджень в Інституті сільського господарства Степу [105].

Установлено, що зерно-паропросапні сівозміни з насиченням соняшника 20 % та використанням органо-мінеральної системи удобрення забезпечили високу стресостійкість рослин до абіотичних чинників. Це, у свою чергу, дало змогу соняшнику сформувати високий рівень урожайності – 2,63 т/га. У досліджах, проведених на базі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова з короткоротаційними сівозмінами при насиченні соняшником сівозміни понад 20 % було достовірне зниження врожайності. Так, при питомій вазі соняшника 14,3 % врожай насіння становив 2,84 т/га, 20 % – 2,78; 25 % – 2,67; 33,3 % – 2,55; 50 % – 2,26 т/га [73].

У дослідженнях П. І. Бойка та ін., порушення нормативу періодичності вирощування соняшнику, провокувало втрати врожаю від 15 до 40 %. Найвищу врожайність соняшнику (2,76 т/га) було одержано у семипільній сівозміні, де його частка становила 14,3 %. При насиченні сівозміни соняшником до 20, 25, 33,3, 50 % його врожайність поступово знижувалась. Особливо різке зниження спостерігалось у двопільній – на 0,55 т/га та трипільній сівозмінах – на 0,27 т/га. За багаторічними даними досліджень Державної установи Інститут зернових культур при поверненні соняшника на старе місце через 9 років його врожайність

становила 2,63 т/га, 5 років – 2,60, 3 роки – 2,19, через рік – 1,63 т/га, а в беззмінних посівах – 1,28 т/га [11].

За даними А. В. Кохана та інших авторів, повернення соняшнику на те ж поле через 9 років дозволяло одержати врожай 2,6 т/га, а через 3 роки – 2,1 т/га. Така ж ситуація складалася на Миколаївській дослідній станції. Повернення через 9 років обумовило формування урожаю 2,4 т/га; через 6 років – на 0,4 т/га, через 4 роки – на 0,5 т/га, через 3 – на 0,7 т/га менше [72]. При беззмінному вирощуванні соняшнику, його врожайність знижується як за сортами, так і за гібридами в середньому на 6,9 ц/га. Також знижується маса 1000 насінин, вміст жиру в насінні зменшується на 1,1–3,2 %, вихід олії з гектара знижується на 2,8–4,1 ц. При поверненні соняшнику на те саме поле в сівозміні через десять років, його врожайність може досягати 23,6 ц/га, через чотири роки – 13,7 ц/га, а через два роки – 8,9 ц/га [247]

Окремі дослідження вказують на те, що насичення олійними культурами (у т. ч. соняшником) впливає також на врожайність усіх культур сівозміни. Встановлено, що надмірна частка соняшнику в структурі посівних площ (понад 15 %) призводить до висушування ґрунту, у тому числі й глибоких його шарів, що негативно впливає на врожайність наступних культур. Дані Луганського інституту АПВ свідчать, що врожайність пшениці озимої по зайнятому пару після передпопередника соняшник становила 18,7 ц/га, а якщо передпопередником був ячмінь, урожай відмічено на 11,6 ц/га (або на 61,7 %) вищим [145].

За даними Синельниківської селекційно-дослідної станції врожайність пшениці озимої після соняшнику 12,1 ц/га. При внесенні добрив соняшник як попередник пшениці озимої стає ефективнішим, але показники врожайності пшениці після нього, порівняно з кращими попередниками пшениці, майже удвічі нижчі. У дослідях Миколаївського інституту АПВ при розміщенні пшениці озимої по чорному пару було одержано по 49,4 ц/га, а після соняшнику – 24,3 ц/га [145].

Високу врожайність зернових культур (4,0 т/га) можна отримати в чотирипільних зерно-паро-просапних сівозмінах з 62,5 % зернових, 12,5 олійних та 25,0 % пару. Насичення сівозмін зерновими до 75,0 %, олійними культурами до 12,5–25,0 % призводить до зменшення врожайності на 0,3–0,4 т/га. У разі, коли в сівозміні 62,5 % зернових, а площа олійних культур – 37,5 %, урожайність зернових знижується до 3,2 т/га, а соняшника – до 2,2 т/га [65]. Інші дослідження підтверджують, що зерно-паро-просапні сівозміни з полем соняшнику більш продуктивні, ніж зерно-парові (відповідно 3,19–3,42 та 2,80–3,35 т з. од./га) [24].

Висновок до розділу 1

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що в Україні та за її межами, сучасні умови ведення сільського господарства неможливі без вирощування соняшнику. З огляду на те, що він є високо рентабельною культурою, більшість господарств ігнорує агроекологічну складову під час його вирощування. Водночас, стрімко зростають посівні площі, а термін повернення на попереднє місце скорочується. Вітчизняними та закордонними вченими визначено, що збільшення насиченості сівозмін соняшником призводить до зниження його врожайності та рівня родючості ґрунту. Численні дослідження свідчать про погіршення агрофізичних показників ґрунту, зокрема структурного стану, щільності складення, а водний та поживний режими ґрунту знаходяться у прямій залежності від частоти повернення соняшнику на попереднє місце вирощування. У зв'язку з цим, для збереження природно-ресурсного потенціалу ґрунту виникає необхідність дослідити вплив насичення сівозмін соняшником на агроекологічний стан фітоценозу.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальні відомості про район досліджень

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано у навчально-науково-виробничий центр (ННВЦ) «Дослідне поле Докучаєвське» Державного біотехнологічного університету. Дослідне поле розташоване у східній частині Харківського району Харківської області. ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» має сприятливі умови для реалізації сільськогосподарської продукції.

Система ведення сівозмін є основою організації, і разом з тим, вагомою складовою частиною систем землеробства, оскільки всі основні заходи по відновленню та підвищенню родючості ґрунтів розробляються відповідно до встановленого чергування культур у сівозміні з урахуванням особливостей рельєфу ґрунтів і розміщення окремих полів. Земельний масив дослідного поля знаходиться на четвертій терасі р. Уди. Тераса висока, відрізняється добре виробленим рельєфом водно-ерозійного типу.

2.2. Ґрунтовий покрив району досліджень

Результативність ведення сільськогосподарського виробництва і, зокрема, землеробства, багато у чому залежить від ґрунтів. Від родючості ґрунтів залежить урожайність сільськогосподарських культур і ефективність ведення господарства у цілому. Ґрунтовий покрив Лісостепової зони поданий двома найбільш поширеними типами: чорноземами (типовими, опідзоленими, вилугуваними й реградованими), які сформувалися під трав'янистою рослинністю, і сірими опідзоленими (ясно-сірими, сірими та темно-сірими), що утворилися під лісовою рослинністю.

У геоморфологічному відношенні земельний масив, на якому ми проводили дослід, розміщений на південно-східній окраїні лісостепової зони у районі четвертої лівобережної тераси р. Уди і пересікає її вузькою смугою.

На чорноземах з середньою забезпеченістю гумусом, при нейтральній і слаболужній реакції ґрунтового розчину та високих валових запасах основних

елементів живлення можна успішно вирощувати всі сільськогосподарські культури. Однак використання високого потенціалу їх стримується нестачею вологи та негативними фізико-хімічними показниками солонцюватих ґрунтів [176].

Соняшник добре росте на родючих аерованих ґрунтах (чорноземи, каштанові та сірі опідзолені) з нейтральною або слабко лужною реакцією ґрунтового розчину (рН 6,7–7,2). Оптимальною для продуктивності соняшнику є щільність чорноземів 1,0–1,1 г/см³. Нестача кисню в ґрунті за його переущільнення або підтоплення пригнічує поглинання вологи, ріст коренів і пагонів, знижує продуктивність рослин [286].

Характер ґрунтового покриву ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» визначався трьома обставинами: розташування його на південній окраїні Лісостепової зони; особливості влаштування поверхні; особливості складу ґрунтових порід, а також умовами ґрунтового зволоження. Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом типовим важкосуглинковим на лесовидному суглинку.

За агрофізичними та агрохімічними властивостями це один з найсприятливіших ґрунтів для вирощування польових культур. Він сформований за умов добре розвиненої трав'янистої рослинності та помірного зволоження на незасолених лесових породах чорнозем типовий характеризується зернистою, агрономічно цінною структурою, сприятливими водно-фізичними властивостями, високими запасом доступних для рослин поживних речовин, високою гумусованістю, інтенсивною біологічною активністю. Уміст гумусу в цих ґрунтах найвищий – 4–6 %, запаси його можуть досягати 500–600 т/га, реакція ґрунтового розчину – слабкокисла або нейтральна, високий уміст поживних речовин.

За даними ґрунтового картографування наводимо макроморфологічний опис профілю агрочорнозему [123] типового глибокого малогумусного (слабоструктурного) важкосуглинкового на лесовидному суглинку [124]:

Н 0–45 см гумусово-аккумулятивний, темно-сірий, орний (0–20 см) слабо-зернисто-грудкувато-порохуватий, ущільнений; нижче – підорний, грудкувато-зернистий, важкосуглинковий, вологий, добре гумусований, часто трапляються корені рослин, поступово за кольором і структурою переходить у:

Нр/к 45–73 см верхній перехідний, слабкіше гумусований, темно-сірий з палевим відтінком, важкосуглинковий, грудкувато-зернистий, слабо ущільнений, подекуди трапляються корені рослин, вологий, до 70 см безкарбонатний, глибше «кипить» від НС1, перехід поступовий у:

Phk 73–102 см нижній перехідний, нерівномірно-гумусований, плямистий, темнувато-сірий з палевим відтінком, важкосуглинковий, грудкувато-зернистий, слабо ущільнений, вологий, багато кротовин, карбонати кальцію у вигляді псевдоміцелію, поступово за кольором і структурою переходить у:

Рк 102–130 см і материнська порода: бурувато-палевий, важкосуглинковий, пористий, лесовидний суглинок, дещо ущільнений, вологий, дуже карбонатний з виділенням карбонатів у вигляді «прожилок», гл. місцями «псевдоміцелію».

Висока насиченість ґрунтового-колоїдного комплексу кальцієм захищає ґрунт від вилуговування, що сприяє закріпленню поживних речовин і збереженню зернистої структури. Тому ці ґрунти структурні і мають сприятливі фізичні та фізико-хімічні властивості.

В орному шарі ґрунту (0–30 см) міститься гумусу за Тюрінім – 4,9–5,1 %, легкогідролізного азоту (за Корнфілдом) – 8,1 мг на 100 г ґрунту, рухомих форм фосфору і калію (за Чиріковим) – 10 і 20 мг на 100 г ґрунту відповідно. За вмістом цих елементів ґрунт характеризується підвищеною забезпеченістю. Вміст обмінних катіонів: кальцію – 37,8 %, магнію – 6,6 %, натрію – 0,49 %, калію – 0,5 %, водню – 21 мг-екв./кг ґрунту. Ґрунт має нейтральну реакцію ґрунтового

розчину (рН: водний – 7,0, сольовий – 5,2–5,6). Ґрунтові води залягають на глибині близько 18 м [124].

2.3. Кліматичні та погодні умови під час проведення досліджень

Сучасне сільське господарство стикається з низкою викликів, найважливішим з яких є адаптація до мінливого клімату. У цьому контексті управління водними ресурсами є особливо важливим [214, 289, 351]. Дедалі частіші випадки екстремальних погодних умов можуть, значною мірою, погіршити умови ведення сільського господарства. Посушливі умови є основною проблемою для ефективного ведення землеробства України, більша частина території якої належить до зони нестійкого та недостатнього зволоження.

Нині на території України тривалість бездощового періоду в середньому сягає 50–90 днів. На території Лівобережного Лісостепу України часто відбуваються довгі періоди без дощу, що призводить до ґрунтової та атмосферної посухи [59]. Тому в агротехніці необхідно застосовувати комплекс прийомів, спрямованих на максимальне накопичення, збереження та раціональне використання ґрунтової вологи.

За тепло- та вологозабезпеченістю дослідне поле належить до північного середньозволоженого району Харківської області. Клімат у районі проведення досліджень помірно-континентальний з підвищенням континентальності та зменшенням кількості атмосферних опадів на південний схід, тому ця частина області помітно виділяється за низкою кліматичних показників і характеризується підвищеною середньорічною температурою повітря та меншою кількістю атмосферних опадів. Клімат відрізняється нерівномірністю розподілу опадів протягом вегетаційного періоду та недостатньою їх кількістю в період вегетації сільськогосподарських культур. Саме атмосферні опади є основним джерелом зволоження ґрунту й однією з найважливіших характеристик клімату. Кліматичні показники режиму опадів різноманітні.

За кількістю опадів територія дослідного поля належить до зони недостатнього зволоження. Річна сума опадів у районі складає, в середньому,

529 мм. Залежно від інтенсивності та повторюваності вологоутворюючих процесів кількість опадів у окремі роки коливається в значних межах від 342 мм (65 % від норми) до 767 мм (145 % від норми). Більша частина опадів випадає в теплий період і становить 65 % від річної кількості. У холодний період випадає в середньому 184 мм – 35 % від річної кількості. Для даної території характерний континентальний тип річного ходу опадів з максимумом у літні місяці. Найбільш дощовим місяцем протягом року вважається в середньому розрахунку липень. В окремі роки максимум опадів може спостерігатися у будь-якому місяці, за винятком березня, в якому він не відзначався жодного разу.

Характерною рисою клімату є посушливість, що обумовлюється не стільки загальною кількістю опадів, скільки нерівномірністю їхнього розподілу впродовж року й, особливо, в період вегетації. До несприятливих для вирощування сільськогосподарських культур кліматичних умов району слід віднести часті малосніжні зими, весняні приморозки у період цвітіння садів і сходів теплолюбних рослин.

За даними метеопункту с. Докучаєвське, середньорічна кількість опадів 529 мм, середньорічна температура повітря $+7,2^{\circ}\text{C}$ (табл. 2.1). Температура повітря у квітні 2020 р. перевищувала кліматичну норму на $0,5^{\circ}\text{C}$. У травні температура складала $13,2^{\circ}\text{C}$, тобто на $2,2^{\circ}\text{C}$ була нижчою типових для зони значень. Переходи середньодобової температури повітря у бік підвищення відбулися: через 0°C – у II декаді січня; через $+5^{\circ}\text{C}$ – у I декаді березня; через $+10^{\circ}\text{C}$ – у III декаді квітня; через $+15^{\circ}\text{C}$ – у I декаді червня.

Літо 2020 р. було теплим, середня температура повітря за сезон склала $23,3^{\circ}\text{C}$, що на $3,5^{\circ}\text{C}$ вище кліматичної норми. Температура повітря у червні, липні та серпні була вищою від норми на $2,7$; $3,4$ та $1,8^{\circ}\text{C}$. Найбільш спекотним місцем року був червень ($23,9^{\circ}\text{C}$), а найбільш холодним – грудень $-2,8^{\circ}\text{C}$. Вересень 2020 р. видався також теплим, з температурою $18,8^{\circ}\text{C}$, яка на 5°C перевищувала норму. Стійкий перехід середньодобової температури повітря через $+15^{\circ}\text{C}$ в бік зниження відбувся у II декаді жовтня, через $+10^{\circ}\text{C}$ та $+5^{\circ}\text{C}$ – у III декаді жовтня та II декаді листопада відповідно.

Опадів за вегетаційний період соняшника випало 164 мм, що на 114 мм менше норми. Посушливий період був у квітні, надмірно дощовий – у травні. У всі місяці року кількість атмосферних опадів була значно меншою кліматичної норми, а в травні їх відмічено на 40,7 мм більше. Такі умови справляли позитивний вплив на повноту появи сходів та подальший ріст і розвиток соняшника.

Таблиця 2.1

Середньомісячна температура повітря та кількість опадів за даними метеопункту ХНАУ

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Середньобогаторічні дані													
Температура повітря, °С	-6,9	-6,2	-1,3	8,3	15,4	19,2	20,5	19,6	13,8	7,0	0,7	-3,4	7,2
Кількість опадів, мм	38	32	27	35	49	59	71	56	43	32	42	45	529
2020 р.													
Температура повітря, °С	-0,4	0,2	6,5	8,8	13,2	21,9	23,9	21,4	18,8	12,7	2,4	-3,3	10,5
Кількість опадів, мм	20,8	62,5	20,6	13,7	89,7	54,2	13,0	5,8	1,3	34,4	47	24,2	373,3
2021 р.													
Температура повітря, °С	-2,6	-4,8	1,1	8,7	16,1	20,8	25,5	24,7	14,1	8,5	4,1	0,0	9,7
Кількість опадів, мм	25,1	56,9	23,5	43,7	51,5	81,9	19,5	11,8	32,0	56,8	29,2	0,0	431,9
2022 р.													
Температура повітря, °С	-3,3	-0,2	–	–	15,6	21,6	21,9	23,2	12,3	9,7	2,6	0,0	
Кількість опадів, мм	15,0	24,0	–	–	13,0	58,0	74,0	41,0	79,0	106,0	61,0	40,0	

Літо 2020 р. виявилось посушливим, опадів випало 73 мм, що на 113 мм менше середньобогаторічної кількості. Оподи літнього сезону мали зливовий характер в червні і складали 54,2 мм, що на 4,8 мм менше кліматичної норми, а в серпні їх випало на 50,2 мм менше середньобогаторічних значень. Отже, згідно гідротермічного коефіцієнту (ГТК) Селянинова – 1,8, у цілому, весь період

вегетації соняшнику був надмірно зволожений за рахунок весняно-літнього опадів. Так, квітень, травень і жовтень були надмірно зволоженими (183, 92 і 108 % від норми), а у період з липня по вересень відмічено сильну посуху.

2021 р. характеризувався значним відхиленням по температурі повітря та кількості опадів від середньобагаторічної норми. Особливо це проявлялося у літній період. Так, температура повітря перевищувала багаторічні значення у липні та серпні на 5 °С, а кількість опадів у ці місяці була меншою на 51,5 і 44,2 мм відповідно.

Оптимальні умови в осінньо-зимовий період сприяли накопиченню у ґрунті достатньої кількості вологи. У листопаді та лютому кількість опадів значно перевищувала норму – на 25 мм. В інші місяці великого відхилення від багаторічних значень не спостерігалось. Також передпосівний період характеризувався сприятливими погодними умовами. У весняні місяці кількість опадів знаходилася або майже на рівні (березень – 23,5 мм) із багаторічною нормою, або дещо перевищувала її (квітень–травень: 43,7–51,5 мм). При цьому середня температура повітря практично відповідала нормі.

Початок вегетації соняшнику характеризувався оптимальним температурним режимом і підвищеною вологозабезпеченістю. Сума опадів за червень склала 81,9 мм, що на 139 % більше норми, а температурний режим не мав суттєвого відхилення від багаторічних показників. У результаті розрахунків ГТК (1,9) можна зробити висновок, що травень і червень були надмірно зволоженими, що позитивно вплинуло на формування врожаю соняшника.

У зв'язку із військовою агресією російської федерації, нам не вдалося отримати дані за березень і квітень 2022 р. Незважаючи на це, метеорологічні умови мали позитивний вплив на вегетацію й отримання врожаю соняшника.

Погодні умови за 10 місяців 2022 р. мали певні особливості з формуванням температурного режиму та опадів, і дещо відрізнялися від середніх багаторічних показників. Так, за цей період випало 467 мм опадів, що склало 109 % від багаторічної норми, але температура була вищою на 2,3 °С.

Однак, часті дощі не дали змоги висіяти соняшник вчасно, і період

вегетації його дещо змістився. У період сівби соняшника погода була теплою, а температура повітря практично відповідала нормі. Починаючи з червня місяця і до кінця року температурний режим перевищував багаторічні дані, окрім вересня, коли температура повітря була нижчою на $1,5^{\circ}\text{C}$.

2022 р. був сприятливим щодо кількості опадів, що досить позитивно позначилося на рості та розвитку соняшника. По більшості місяців їх кількість була або на рівні, або перевищувала середньорічні дані. У перші місяці вегетації соняшнику випало опадів майже на рівні норми: у червні – 58 мм, а у липні 74 мм. У серпні рівень опадів знизився на 15 мм від норми. Осінні місяці характеризувалися підвищеним температурним режимом і достатньою кількістю опадів. У жовтні спостерігали найвищу кількість опадів. Так, за цей місяць випала потрібна кількість опадів 106 мм (331 % від норми). Гідротермічний коефіцієнт на рівні 1,9 свідчить про те, що майже весь вегетаційний період соняшнику був надмірно зволожений. Винятком був травень, у якому відмічалася слабка посуха.

Отже, у цілому ґрунтово-кліматичні умови Харківської області, незважаючи на повторювання несприятливих погодних умов, за високої культури землеробства, забезпечують отримання високих і сталих урожаїв соняшнику, завдяки високій родючості чорноземних ґрунтів. Погодні умови за період проведення досліджень формувалися у відповідності зазначеному агрокліматичному району й особливих погодних аномалій не спостерігали, але кожен рік мав певні особливості з формування температурного режиму та вологозабезпеченості.

2.4. Методика проведення досліджень

Для вирішення поставлених завдань проводили дослідження в умовах ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» Державного біотехнологічного університету. Упродовж 2019–2022 рр. досліджували агроекологічні показники родючості чорнозему типового під впливом різного насичення п'ятипільних сівозміни соняшником (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Структура короткоротаційних сівозмін з різним насиченням соняшником

Горох	Пшениця озима	Кукурудза	Жито озиме	Соняшник
20	20	20	20	20
20	20	–	20	40
–	20	–	20	60

Згідно із наведеною структурою, вивчали такі варіанти насичення сівозмін соняшником:

Варіант 1 (частка соняшнику 20 %): 1. Горох. 2. Пшениця озима. 3. Кукурудза. 4. Жито озиме. 5. Соняшник.

Варіант 2 (частка соняшнику 40 %): 1. Горох. 2. Пшениця озима. 3. Соняшник. 4. Жито озиме. 5. Соняшник.

Варіант 3 (частка соняшнику 60 %): 1. Соняшник. 2. Пшениця озима. 3. Соняшник. 4. Жито озиме. 5. Соняшник.

Контроль – поле чистого пару.

Розмір посівної ділянки – 750 м², облікової – 100 м². Повторення досліду триразове. Розміщення ділянок – послідовне. Технологія вирощування соняшнику загальноприйнята для зони проведення досліджень. Висівали гібрид соняшнику – Limagrain LG 59580 з нормою висіву 68 тис. шт./га. У 2017 р. цей гібрид включений до Державного реєстру сортів рослин України. Проводили удобрення аміачною селітрою: при посіві – 150 кг/га, підживлення у міжряддя – 70 кг/га. Система захисту посівів була представлена внесенням ґрунтового гербіциду Тізер та Селефіт по 2 л/га, під час вегетації – Геліантекс (45 г/га).

Головним завданням досліджень було оцінити вплив насичення короткоротаційних сівозмін соняшником на агроекологічні показники родючості ґрунту, його врожайність і продуктивність, а також визначити економічну й енергетичну ефективність збільшення посівних площ під цією культурою. Для цього були закладені та проведені польові стаціонарні дослідження, а відбір зразків

та їх дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик:

- вологість ґрунту – гравіметричним методом на глибину 1,5 м через кожні 10 см перед посівом та у період збирання соняшнику [312, 324]. Запаси вологи у ґрунті визначали розрахунковим методом;
- водоспоживання соняшнику розраховували методом водного балансу;
- щільність складення орного шару ґрунту – методом ріжучого циліндра за Н. А. Качинським через кожні 10 см [49];
- структурно-агрегатний склад орного шару ґрунту ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова через кожні 10 см [46];
- умісту легкогідролізного азоту – методом Корнфілда, ДСТУ 7863-5015 [47];
- уміст рухомих сполук фосфору та обмінного калію у шарі 0–30 см через кожні 10 см – модифікованим методом Чирікова, ДСТУ 4115-2002 [44];
- уміст азоту, фосфору і калію у рослинних пробах соняшнику – методом мокрого озолення за МВВ 31-497058-019-2005 [90];
- кількість рослинних решток соняшнику визначали розрахунковим методом;
- целюлозолітичну активність ґрунту – методом, що базується на інтенсивності розкладання целюлози у шарі 0–30 см через кожні 10 см [170, 277];
- рН водний – 1 : 2,5 (ґрунт : дистильована вода), ДСТУ ISO 10390-2022 [48];
- уміст водорозчинних солей катіонів у шарі 0–30 см через кожні 10 см – у ґрунтовій пасті за допомогою іономірів HORIBA LAQUAtwin Na-11 (Na^+); K-11 (K^+); Ca-11 (Ca^{2+}) [33];
- електропровідність, загальна мінералізація, солоність ґрунту – кондуктометрично [31];
- облік урожайності соняшнику проводили вручну; урожайність зернових культур – метод суцільного обмолоту та зважування основної продукції зі всієї площі облікових ділянок;
- економічну ефективність розраховували з використанням технологічних

карт [43] та цін станом на грудень 2022 р.;

– розраховували енергетичну ефективність вирощування соняшнику за різного його насичення у сівозмінах [7];

– математично-статистичну обробку результатів досліджень проводили використовуючи дисперсійний, кореляційний і регресійний аналізу з використанням програмних засобів Microsoft Excel.

Висновки до розділу 2

Ґрунтовий покрив і кліматичні умови є типовими для зони в якій проводили дослідження та, загалом, указують на сприятливі умови для формування високих і якісних урожаїв соняшнику. Як видно з наведених метеорологічних спостережень погодні умови за останні роки характеризуються поглибленням проблем зони, що позначаються у високій сонячній інсоляції і є наслідком циклічних змін клімату.

Програма та методика проведення досліджень відповідали затвердженій робочій гіпотезі; обліки, агрофізичні, агрохімічні, електрофізичні й мікробіологічні аналізи виконували за загальноприйнятими методиками.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ З РІЗНИМ НАСИЧЕННЯМ У СІВОЗМІНАХ НА ОКРЕМІ АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОДІЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

На властивості ґрунту впливає багато факторів, які змінюються з глибиною у межах полів, а також під впливом навколишнього середовища та людської діяльності. Недотримання науково-обґрунтованого ведення сільського господарства призводить до погіршення родючості ґрунтів через дисбаланс поживних речовин та зникнення корисної мікрофлори, що підтримує важливі процеси. І, навпаки, мінливість фізичних показників безпосередньо впливає на ріст і розвиток рослин, динаміку поживних речовин та інші ґрунтові процеси [353].

3.1. Водно-фізичні показники чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником

Лімітуючим фактором отримання високих урожаїв у зоні нестійкого та недостатнього зволоження є дефіцит вологи. Високий урожай соняшнику можна отримати при значних запасах вологи у ґрунті, які формуються, в основному, за рахунок осінньо-зимових опадів у кореневмісному шарі ґрунту. Вологість ґрунту є дуже динамічним показником як у просторі, так і в часі, що визначається метеорологічними, гідрологічними, сільськогосподарськими та кліматичними факторами [324].

Умови зволоження мають значний вплив на ріст і розвиток рослин соняшнику, особливо, на початку вегетації, коли визначається майбутній рівень урожаю. У першу добу насіння соняшнику поглинає близько 37–46 % вологи від своєї початкової маси. Слід зазначити, що за достатньої кількості вологи, коріння соняшника розвивається ближче до поверхні ґрунту, а при сухій погоді воно проникає глибше [17].

Соняшник має довгий період вегетації, і на формування врожаю використовує з ґрунту велику кількість води. За даними окремих авторів часовий

проміжок від сівби до утворення кошиків, рослини соняшнику використовують відносно небагато вологи з ґрунту – в межах 70–85 мм. Після утворення кошиків і до початку дозрівання, витрати вологи можуть становити приблизно 100–120 мм, а до моменту повної стиглості використовується ще 100–130 мм вологи [21].

Першочергове значення мають запаси вологи до періоду закладання суцвіть. До фази «поява кошиків» соняшник витрачає до 25 % вологи, чверть того, що споживає за вегетацію. При появі кошиків, ріст коренів соняшнику зупиняється і рослини починають споживати вологу з шару ґрунту 0–60 см, а у фазі цвітіння із шару ґрунту 140–200 см. Тому, недостатня вологозабезпеченість у ці періоди може негативно позначитися на формуванні кошиків, утворенні нових квіток, а також виникає ймовірність збільшення пустозерності насіння, що призводить до зниження урожаю [17].

Дослідження А. М. Коваленко показують високу кореляційну залежність між запасами доступної вологи у метровому шарі ґрунту та врожаєм насіння на рівні $0,85 \pm 0,12$ [61, 62]. Однак, П. І. Бойко та ін. стверджують, що використання культурами більшої кількості вологи з ґрунту на формування врожаю не слід розглядати як агроекологічний негатив. Адже, чим менше вологи залишається у ґрунті після їх збирання, тим краще буде засвоюватися волога з атмосферних опадів [72].

Нашими дослідженнями виявлена різниця у запасах вологи по різних шарах ґрунту після збирання соняшнику залежно від варіантів. На усіх досліджуваних полях із соняшником шар ґрунту 0–10 см не був достатньо зволожений (рис. 3.1). У першу чергу, це свідчить, що рослини на формування врожаю, використовували вологу з цього шару ґрунту, а також значна частина вологи витрачалася на випаровування.

У варіанті з часткою соняшнику 20 % до глибини 50 см спостерігалось поступове збільшення запасів вологи від 3,1 до 7,4 мм, що на 0,1–1,1 мм більше порівняно з контролем. Також на цьому варіанті виявлено інтенсивне використання вологи з шару ґрунту 60–120 см, де її запаси знизилися до 4,6–

5,5 мм. Незначне накопичення вологи відбулося на глибині 120–150 см – 6,0–6,9 мм.

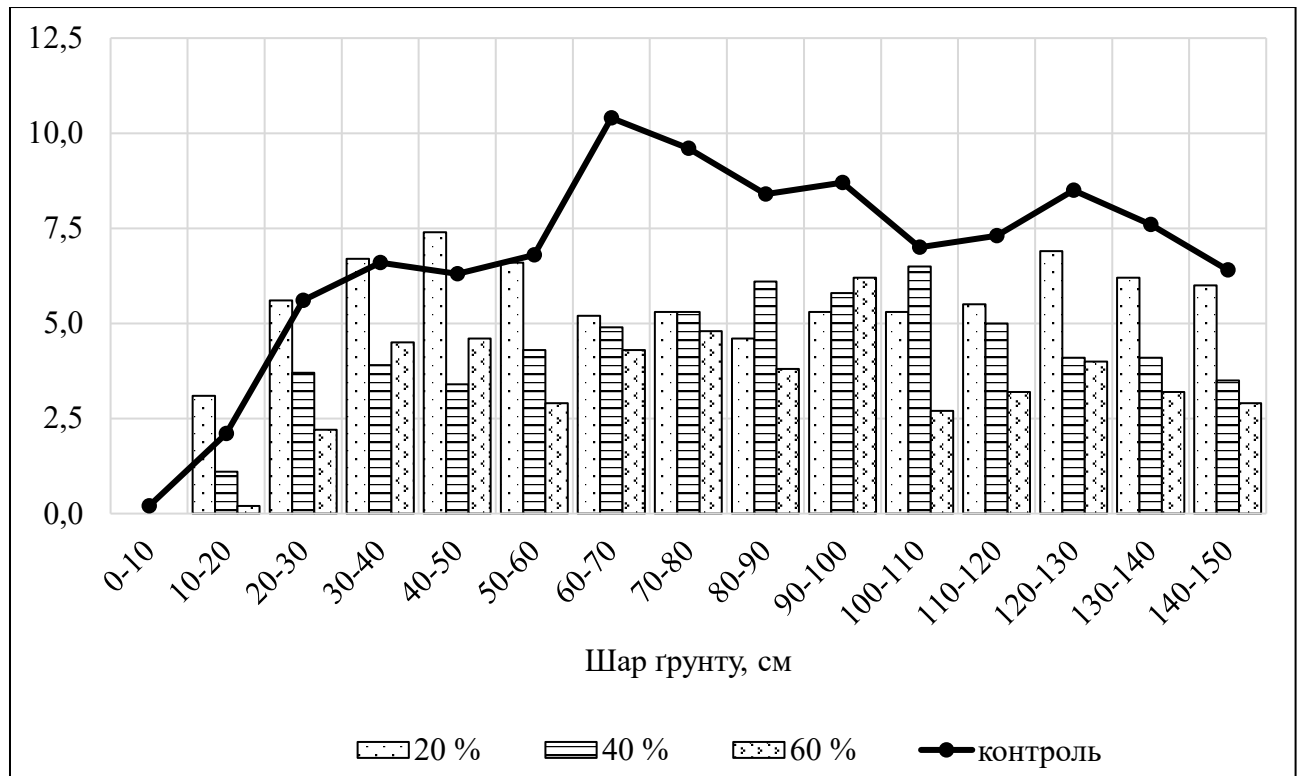


Рис. 3.1. Запаси доступної вологи по шарах ґрунту залежно від насиченості сівозмін соняшником, мм (середнє за 2020–2022 рр.)

Соняшник з насиченням у сівозміні 40 % найменше використовував вологу із глибини 60–120 см. Інтенсивне поглинання вологи відбулося із шару ґрунту 20–60 см, де її запаси дорівнювали 3,4–4,3 мм. З поглибленням до 150 см показник знизився до 3,5 мм.

На варіанті з насиченням соняшнику 60 % до глибини 90 см запаси вологи по шарах розподілялися нерівномірно від 2,2 до 4,8 мм. Найбільше їх накопичувалося у шарі ґрунту 90–100 см – 6,2 мм. Соняшник з часткою у сівозміні 60 %, порівняно з іншими варіантами, використовував найбільше вологи з нижніх шарів ґрунту 100–150 см, де кількість залишкової вологи була найменшою та коливалася у межах 2,7–4,0 мм.

Отже, на варіанті з насиченням соняшником 20 % запаси вологи у півтораметровому шарі ґрунту були більшими порівняно з іншими варіантами. Її запаси на варіантах з частками соняшнику 40 і 60 % були нижчими у 1,3–1,6 рази.

Водний режим ґрунту під час сівби соняшнику, у першу чергу, залежить від погодних умов осінньо-зимового періоду. Наприклад, у вологі роки показники вмісту доступної вологи можуть знаходитися у межах 6 мм, у помірно-сухі роки – 20 мм, у посушливі – 41 мм [22].

Результати наших досліджень свідчать про залежність розподілу вологи у ґрунті під посівами соняшнику залежно від періоду його повернення на попереднє місце у сівозміні. Варто зазначити, що запаси вологи у шарі ґрунту 0–10 см перед сівбою соняшника на всіх варіантах були незадовільними та коливалися у межах від 64 до 105 м³/га (табл. 3.1). На нашу думку, це пов'язано з проведенням передпосівного обробітку, у результаті якого відбулося інтенсивне випаровування вологи з ґрунту. З поглибленням до 150 см у ґрунті спостерігалось накопичення вологи до 1099 м³/га.

Відомо, що коренева система соняшнику може досягати більше 3 м у глибину ґрунту. Це дає йому змогу задовольнити потреби у воді, навіть, у посушливі періоди. За даними О. І. Цилюрника та ін., для формування високої врожайності, соняшнику необхідні 1650–1850 м³/га вологи у кореневмісному шарі та достатня кількість опадів (300–400 мм) протягом вегетаційного періоду [143]. А. Г. Горобець та ін. [24] звертають увагу на обернену залежність між кількістю залишкової під час збирання соняшнику та накопиченої вологи у ґрунті. Якщо у шарі ґрунту 0–150 см її міститься 1580 м³/га, то вона буде накопичуватися на рівні 530–580 м³/га. При залишкових запасах 350 м³/га ґрунт поглинає 1880–1920 м³/га доступної вологи.

Розрахунки запасів доступної вологи свідчать про великі обсяги її використання рослинами соняшнику. Так, шар ґрунту 0–10 см по усіх варіантах не був у достатній мірі забезпечений вологою (табл. 3.1). У 0–20 см шарі ґрунту відмічено незадовільні запаси вологи [126], у межах 136–150 м³/га, що обумовлено кількістю опадів, які випали в осінньо-зимовий період, і вирівняли цей показник. Різниця між варіантами досліджень спостерігалась з поглибленням до 100 і 150 см. На контролі запаси вологи у цих шарах склали 647 та 1015 м³/га, а у полі соняшнику з частками 40 і 60 %, їх кількість була меншою

у 1,3–1,9 і 1,8–2,1 рази, відповідно. Це можна пояснити біологічними особливостями рослин соняшнику (потужна коренева система, масивна листкова поверхня, тривалий вегетаційний період) та гідротермічними умовами [191].

Таблиця 3.1

Запаси доступної вологи у ґрунті залежно від насиченості сівозмін соняшником, м³/га (середнє за 2020–2022 рр.)

Варіант	Шар ґрунту, см							
	перед сівбою	кінець вегетації	перед сівбою	кінець вегетації	перед сівбою	кінець вегетації	перед сівбою	кінець вегетації
	0–10		0–20		0–100		0–150	
20 %	105	0	218	150	1221	498	1716	797
40 %	69	0	165	142	1095	385	1562	617
60 %	77	0	164	136	1099	335	1614	495
контроль	64	2	149	146	1093	647	1604	1015

Примітка: НР_{0,95}: перед сівбою соняшника – 30–46; на кінець вегетації – 97–383.

Отже, у варіанті із насиченням соняшнику 20 % виявлено найбільші запаси вологи у шарі ґрунту 0–150 см порівняно з іншими сівозмінами. При збільшенні частки соняшнику до 40 і 60 % відбулося зниження умісту доступної вологи. На нашу думку, це було спровоковано зменшенням інтервалу повернення соняшника на попереднє місце вирощування, адже це не дало змоги ґрунту відновитися від навантаження після його вирощування та у достатній мірі накопичити вологу.

Лівобережний Лісостеп України характеризується нестійкими та недостатніми умовами зволоження. Тому важливо, щоб соняшник ефективно використовував запаси вологи, накопичені у ґрунті у період сівби, та опади, що випали впродовж вегетації. Для цього розраховується показник водоспоживання. Чим вище значення водоспоживання, тим менше вологи він використовує для росту і розвитку. До того ж, цей показник корелює із урожайністю ($r = 0,89$) [95].

Нашими дослідженням виявлено, що збільшення частки соняшнику в сівозміні призвело до низького водоспоживання. На це вказує дуже сильна від'ємна кореляція – $-0,99$. Максимальним цей показник був у полі з чистим паром – $3228 \text{ м}^3/\text{га}$, а по варіантах з насиченням соняшнику він знаходився у межах від 2736 до $3021 \text{ м}^3/\text{га}$ (табл. 3.2). Соняшник у сівозміні з насиченням 20% , порівняно з іншими варіантами, використовував вологу з ґрунту у незначній кількості – $3021 \text{ м}^3/\text{га}$. Зі збільшенням частки соняшнику у сівозміні до 40 і 60% його водоспоживання зменшувалося на 170 і $285 \text{ м}^3/\text{га}$. Формування врожайності соняшнику також залежало від кількості опадів. З урахуванням того, що водоспоживання перевищувало їх кількість, то потреби соняшнику у волозі, могли бути задоволені недостатньо.

Таблиця 3.2

Баланс вологи у ґрунті залежно від насиченості сівозмін соняшником,
середнє за 2020–2022 рр.

Частка соняшнику у сівозміні, %	Ґрунтова волога, $\text{м}^3/\text{га}$	Опади, м^3	Водоспоживання, $\text{м}^3/\text{га}$	Урожайність соняшнику, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, $\text{м}^3/\text{т}$
20	622	2399	3021	3,01	1004
40	452	2399	2851	3,13	911
60	337	2399	2736	2,65	1032
контроль	829	2399	3228	–	–

Для оцінки варіантів насичення сівозмін соняшником використовували коефіцієнт водоспоживання, який показує кількість води, яку він спожив для формування 1 т врожаю. Чим нижче значення цього коефіцієнту, тим раціональніше рослини соняшнику споживають вологу [19, 95]. У наших дослідженнях, з підвищенням врожайності соняшнику знижувався коефіцієнт водоспоживання. На взаємозв'язок цих двох показників вказує кореляція на рівні $-0,84$. На варіанті з насиченням соняшнику 60% коефіцієнт водоспоживання був найвищим – $1032 \text{ м}^3/\text{т}$, що свідчить про інтенсивне використання вологи з ґрунту на формування врожаю. Цей показник значно знижувався на варіанті із часткою

соняшнику 40 і 20 %. Так, на утворення врожаю 3,13 т/га потреба соняшнику у воді склала 911 м³/т, а на 3,01 т – 1004 м³/т.

Отже, залежно від насичення, витрати води за період вегетації соняшнику були у межах 2736–3021 м³/га. Частка ґрунтової води при загальному водоспоживанні склала 12–21 %, а опадів 79–88 %, що є оптимальним співвідношенням у сумарному водоспоживанні [41]. Найбільше води було витрачено на варіанті із часткою соняшнику 20 % – 3021 м³/га, що свідчить про сприятливі умови формування водно-фізичних властивостей ґрунту. На інших варіантах, через низькі запаси води у ґрунті, соняшник використовував воду більш ощадно. Коефіцієнт водоспоживання був найнижчим на варіанті з насиченням соняшнику 40 %, а найбільшим при насиченні 60 %.

3.2. Окремі агрофізичні показники чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником

До агрофізичних показників родючості ґрунту відносять його гранулометричний склад, структуру та щільність складення. Вони зумовлюють фізико-механічні й технологічні властивості ґрунту, його водно-повітряний і тепловий режими, напрями та інтенсивність мікробіологічних процесів, які формують режим поживних речовин у ґрунтовому середовищі.

3.2.1. Щільність складення ґрунту. Щільність складення ґрунту є досить динамічною величиною, що визначається як природними властивостями ґрунту, так і рівнем технологічного навантаження. Вона може залежати від насичення, співвідношення та розміщення сільськогосподарських культур у сівозмінах, погодних умов і багатьох інших факторів. Для запобігання надмірного ущільнення ґрунту, потрібно запроваджувати раціональне насичення сівозмін зерновими та просапними культурами, чергувати їх у сівозмінах тощо [65].

Оптимальною вважається така щільність, при якій продуктивність вирощуваної культури найбільша. Так, за даними В. В. Медведєва, оптимальна щільність ґрунту для соняшника складає 1,00–1,35 г/см³ [91]. У разі

переуцільнення кореневмісного шару ґрунту погіршується водний, повітряний, тепловий і поживний режими, знижується біологічна активність ґрунту і, як наслідок, його урожайність [320]. Тому виникає необхідність досліджувати просторову мінливість цього показника [318, 343, 342], що сприятиме недопущенню деградації ґрунтів та підвищить якість ведення сільського господарства [249, 301].

Щільність складення впливає на ріст і розвиток соняшнику та його продуктивність. У разі переуцільнення ґрунту ці показники стрімко знижуються [195]. Зокрема, щільність складення на рівні $1,5 \text{ г/см}^3$ негативно впливає на кореневу систему, що зумовлює зростання мичкуватості, яка ускладнює перебіг фізіологічних процесів його росту та розвитку. В. В. Медведєв визначив, що при підвищенні цього показника, 80 % коренів соняшнику розміщується у ґрунтовому шарі 5–10 см, а решта формується глибше 10–20 см. Рослини стають дуже чутливими до екстремальних метеорологічних умов – тимчасового прояву посухи чи перезволоження. У свою чергу, нестабільність водного режиму погіршує засвоєння елементів живлення рослинами [91].

Знання просторової мінливості щільності складення ґрунту дає можливість обрати правильну систему обробітку ґрунту для конкретної ділянки, яка може підвищити рентабельність і стійкість агрофітоценозу [301]. Однак, природні зміни в ущільненні ґрунту при зміні рівня вологості, у деяких випадках, можуть також призвести до значної різниці в урожайності соняшнику [297]. Згідно до визначень В. В. Медведєва та ін., ґрунт вважається пухким, якщо щільність складання менша, ніж $1,0 \text{ г/см}^3$, ущільненим (або оптимальним) – $1,1\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$, щільним – $1,3\text{--}1,4 \text{ г/см}^3$ і дуже щільним – більше, ніж $1,4 \text{ г/см}^3$ [91].

Нашими дослідженнями виявлено, що під час збирання соняшника, у шарі ґрунту 0–30 см щільність складення знаходилася у межах $1,07\text{--}1,11 \text{ г/см}^3$ (рис. 3.2). Найнижчим цей показник був у сівозміні, де соняшник займав 20 % площі – $1,07 \text{ г/см}^3$. Подальше збільшення насиченості соняшником до 40 і 60 % дещо підвищувало щільність складення ґрунту на $0,03$ і $0,04 \text{ г/см}^3$, але ці значення не перевищували оптимальні.

Отримані дані свідчать про поступове підвищення щільності складення у нижній частині орного шару ґрунту порівняно з верхньою. Так, залежно від варіантів, у шарі ґрунту 0–10 см вона коливалася від $1,04 \text{ г/см}^3$ до $1,07 \text{ г/см}^3$ (рис. 3.2). Такі значення можна пояснити проведеними міжрядними обробітками ґрунту протягом вегетації, а також наявністю на поверхні рослин соняшнику, які брали на себе кінетичну енергію дощових краплин і запобігали утворенню кірки.

Насичення сівозмін соняшником також мало вплив на щільність складення шару ґрунту 10–20 см. Так, на варіанті з часткою 20 % цей шар ґрунту був найменш ущільненим – $1,07 \text{ г/см}^3$. Варіанти з насиченням 40 та 60 %, у незначній мірі, підвищували цей показник до 1,11 і 1,12 г/см^3 .

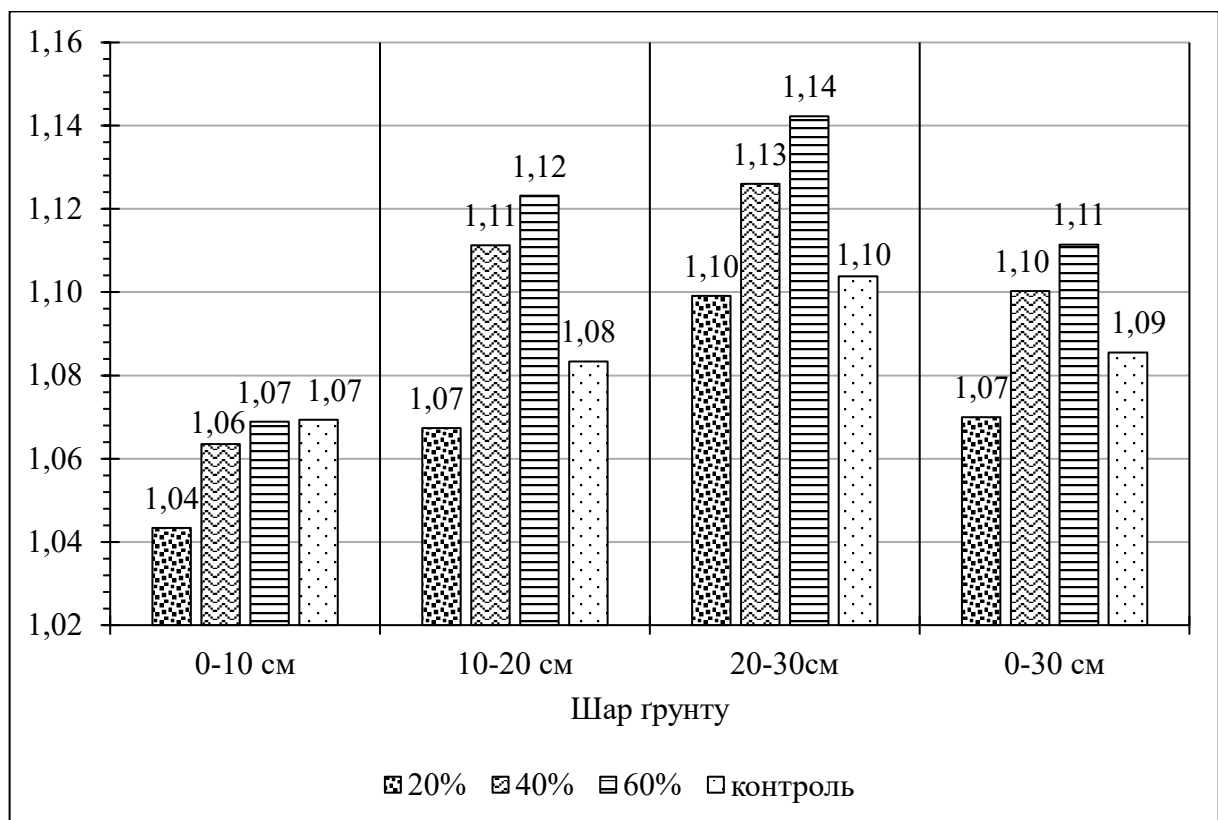


Рис. 3.2. Щільність складення ґрунту залежно від насиченості сівозмін соняшником, г/см^3 , середнє за 2020–2022 рр. ($\text{HP}_{0,95} = 0,04$)

На усіх досліджуваних варіантах у шарі ґрунту 20–30 см була визначена порівняно висока щільність складення ґрунту, що можна пояснити формуванням плужної підшви. Також виявлено високий кореляційний зв'язок між цими значеннями та збільшенням частки соняшнику у сівозмінах – $r = 0,91$. Так,

найнижча щільність складення була на варіанті з насиченням 20 % – 1,07 г/см³, а найвища на варіанті з 60 % – 1,14 г/см³.

Таким чином, частка соняшнику у сівозміні мала вплив на щільність складення орного шару ґрунту. Найнижчі значення цього показника були у полі соняшнику з часткою 20 % і наближалися до контролю. Щільність складення ґрунту дещо підвищувалася на варіантах із насиченням 40 і 60 %, однак її значення не виходили за межі оптимальних. На нашу думку, це пов'язано з навантаженням на ґрунт агрегатів під час виконання технологічних операцій у процесі вирощування соняшнику. При зменшенні інтервалу його повернення на попереднє місце вирощування, збільшувалася кількість проходів техніки, що мало накопичувальний ефект, викликаючи ущільнення ґрунту до глибини 20–30 см.

3.2.2. Структурний стан ґрунту. Структурний стан ґрунту один із найважливіших факторів родючості, який впливає на врожайність сільськогосподарських культур та характеризує направленість ґрунтоутворних процесів в агроценозах. У землеробстві класифікують структурні агрегати залежно від розміру частинок: більше 10 мм – бриласта структура, від 0,25 до 10 мм – макроструктура (грудочкуваті частинки) і менше 0,25 мм – мікроструктура (розпилені). Саме макроструктура ґрунту є агрономічно цінною. Вона характеризується високим рівнем пористості та водостійкості. У свою чергу, від вмісту агрегатів більше 1 мм повністю залежить протидефляційна стійкість чорноземних ґрунтів [101], а протиерозійна стійкість ґрунту напряму пов'язана із середньозваженим діаметром водотривких агрегатів [128].

Макроструктура верхніх шарів ґрунту, яка зазнає інтенсивного впливу кліматичних факторів і людської діяльності, здатна суттєво змінювати свої параметри впродовж вегетаційного періоду культур. Вважається, що всі сільськогосподарські культури у період вегетації сприяють покращенню структури ґрунту [117, 195]. Чим більше агрономічно цінних агрегатів, тим вищим є показник прояву фізичних факторів ґрунтової родючості [146].

Дослідженнями виявлено, що в орному шарі ґрунту у варіантах з насиченням соняшником 40 і 60 % кількість агрегатів розміром >10 мм була найбільшою і становила 38,3 і 40,2 % (табл. 3.3). Водночас, на варіанті з часткою 60 % був відмічений високий уміст агрегатів розміром від 10 до 3 мм, а також низький уміст фракцій розміром від 1 до 0,25 мм та < 0,25 мм.

Таблиця 3.3

Агрегатний склад ґрунту залежно від насиченості сівозмін соняшником

Шар ґрунту	Уміст фракцій макроагрегатів, %; за діаметром, мм								
	>10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25
Частка соняшнику у сівозміні 20 %									
0–10 см	17,78	8,41	8,23	10,44	9,94	22,47	7,19	12,42	3,11
10–20 см	35,77	13,64	11,14	11,32	7,41	10,93	3,18	5,46	1,14
20–30 см	44,80	10,65	8,84	9,93	7,21	10,67	2,75	3,80	1,34
0–30 см	32,78	10,90	9,40	10,57	8,19	14,69	4,37	7,23	1,86
Частка соняшнику у сівозміні 40 %									
0–10 см	31,98	7,49	6,50	8,51	9,29	18,26	5,24	8,88	3,84
10–20 см	38,42	11,40	10,85	11,91	8,65	10,92	2,80	3,66	1,42
20–30 см	44,43	11,29	9,61	10,62	7,92	9,80	2,45	2,95	0,93
0–30 см	38,28	10,06	8,99	10,35	8,62	12,99	3,50	5,16	2,06
Частка соняшнику у сівозміні 60 %									
0–10 см	51,02	10,08	7,70	8,36	6,25	8,11	2,64	3,82	2,01
10–20 см	31,62	12,98	13,04	14,78	9,61	11,26	2,57	3,27	0,86
20–30 см	37,83	13,00	11,73	12,43	8,65	9,50	2,57	3,17	1,13
0–30 см	40,16	12,02	10,82	11,86	8,17	9,62	2,60	3,42	1,33
Контроль									
0–10 см	25,62	7,75	6,57	8,47	10,35	21,52	5,33	10,80	3,58
10–20 см	35,31	12,57	11,58	12,65	9,36	11,21	2,67	3,33	1,35
20–30 см	34,86	12,54	10,36	11,73	8,95	12,62	3,27	4,50	1,17
0–30 см	31,93	10,95	9,50	10,95	9,55	15,12	3,76	6,21	2,03

Найбільша кількість агрегатів <0,25 зафіксована на варіанті з насиченням соняшнику 40 % – 2,06 %, що наближала його до контролю. У полі соняшнику з насиченням 20 % цей показник був меншим від контролю на 0,17 %. Також на цьому варіанті спостерігалось зменшення вмісту брилистої фракції розміром більше 10 мм та збільшення частки агрономічно цінних агрегатів розміром 10–0,25 мм.

Дослідженнями виявлено збільшення вмісту агрономічно цінних агрегатів у варіанті з насиченням соняшнику 20 % (табл. 3.4). Так, їх кількість в орному шарі ґрунту становила 65,4 %, що наближало цей варіант до контролю – 66,0 %. Зниження вмісту повітряно-сухих агрегатів спостерігалось на варіантах із насиченістю соняшником 40 % і 60 %. Це відбулося за рахунок збільшення кількості агрегатів розміром >10 мм, які сформувалися в результаті низького рівня зволоженості та підвищеної щільності на цих варіантах.

Таблиця 3.4

Уміст повітряно-сухих макроагрегатів залежно від насиченості сівозмін соняшником, %

Частка соняшнику у сівозміні, %	Шар ґрунту, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
20	79,1	63,1	53,9	65,4
40	64,2	60,2	54,6	59,7
60	47,0	67,5	60,9	58,5
Контроль	70,8	63,4	64,0	66,0
НІР _{0,95}	8,6–14,0			

Найбільшу кількість агрономічно цінних агрегатів у верхньому шарі ґрунту 0–10 см визначено на варіанті із часткою соняшника 20 % (79,1 %), що перевищувало показники контролю на 8,3 %. Відповідно з ДСТУ [45], така кількість агрегатів свідчить про хороший структурний стан ґрунту. При насиченні сівозміни соняшником на 40 % відбулося зниження вмісту повітряно-сухих агрегатів на 14,9 %. У варіанті з часткою соняшнику 60 % було виявлено

незадовільний структурний стан верхнього шару ґрунту, де кількість агрегатів розміром 10–0,25 мм знизилася до 47 %.

Нижній шар ґрунту 20–30 см на варіанті із часткою соняшнику 60 % мав найвищі значення вмісту агрегатів розміром 0,25–10 мм – 60,9 %. На нашу думку, це можна пояснити великою кількістю кореневих решток та високою мікробіологічною активністю на цьому варіанті. При насиченні 40 і 20 %, уміст агрегатів розміром 0,25–10 мм зменшився на 6,3 та 7,0 %.

Отже, нашими дослідженнями виявлено зниження вмісту агрономічно цінних агрегатів зі збільшенням частки соняшнику у сівозмiнах, про що свiдчить тiсний кореляційний зв'язок $r = -0,95$. Найкращий структурний стан орного шару ґрунту був у варіанті з насиченням сівозмiни соняшником 20 %.

Оптимальні умови для утворення міцної структури склалися у варіанті з насиченням сівозмiни соняшником 20 % (табл. 3.5). Кількість водотривких агрегатів в орному шарі ґрунту на цьому варіанті була найбільшою – 75,1 %, що свiдчить відмінний структурний стан ґрунту. На варіантах з частками соняшнику 40 і 60 % спостерігалосся зниження їх кількості на 4,1 і 5,9 %.

Таблиця 3.5

Уміст водостійких агрегатів залежно від насиченості сівозмiни соняшником, %

Частка соняшнику у сівозмiні, %	Шар ґрунту, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
20	62,5	79,2	83,5	75,1
40	64,0	75,8	73,3	71,0
60	65,1	70,9	71,7	69,2
Контроль	54,1	68,5	71,7	64,8
НІР _{0,95}	6,3–7,4			

Усі варіанти сівозмiн із різним насиченням соняшником мали позитивний вплив на вміст водотривких агрегатів у верхньому шарі ґрунту 0–10 см. Різниця між варіантами була не істотна, а значення знаходилися у межах 62,5–65,1 %. На глибині 10–20 см відбулося поступове зниження вмісту водотривких агрегатів розміром 0,25–5 мм відповідно до збільшення частки соняшнику в сівозмiнах. У

шарі ґрунту 20–30 см уміст водотривких агрегатів був найвищий на варіанті з насиченням соняшнику 20 % – 83,5 %. Зі збільшенням його частки до 40 і 60 % кількість цих фракцій знизилася на 10,2 і 11,8 %. Таким чином, шар ґрунту 20–30 см на усіх варіантах мав відмінну водостійкість.

Згідно проведених розрахунків, максимальний коефіцієнт структурності в орному шарі ґрунту був на варіанті з насиченням соняшнику 20 % – 1,2 (рис. 3.3), а мінімальний з його частками 40 і 60 % – 1,1.

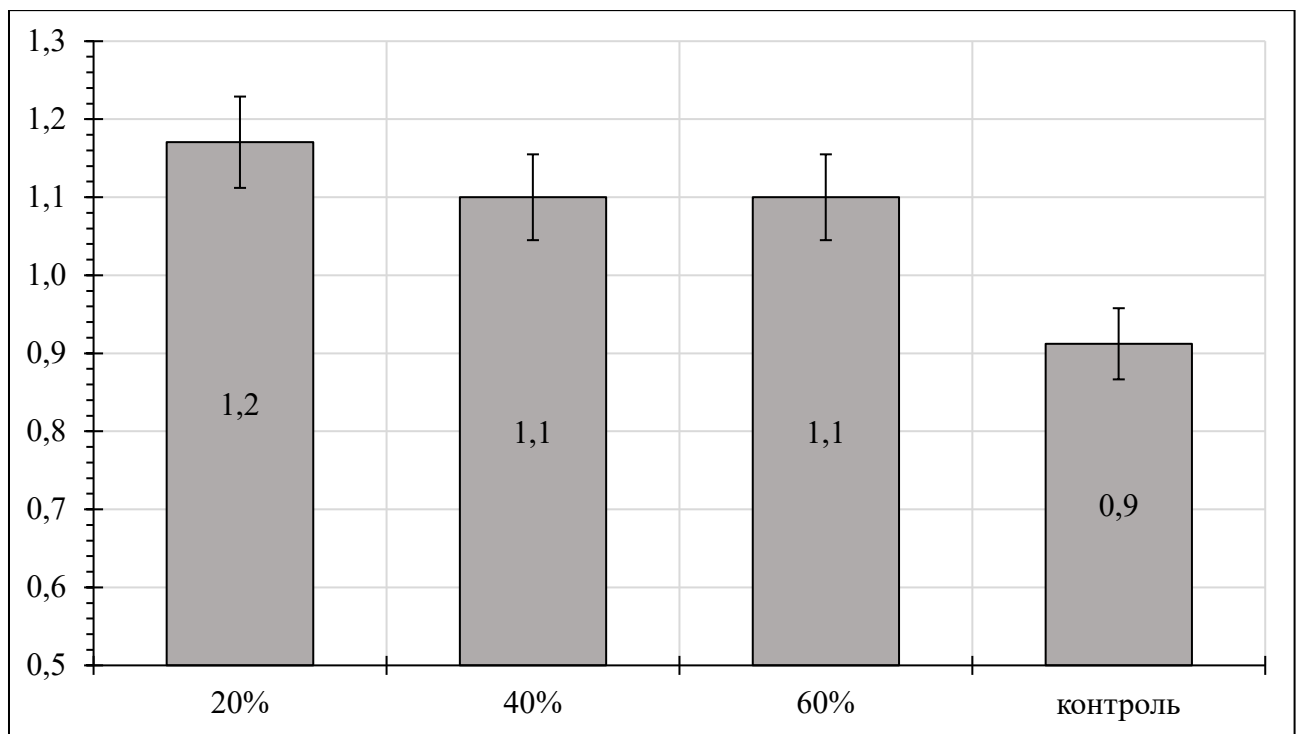


Рис. 3.3. Коефіцієнт структурності чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником

Отже, враховуючи дані по вмісту повітряно-сухих і водотривких агрегатів, кращий структурний стан ґрунту був у полі сівозміни з часткою соняшнику 20 %. Це пов'язано з тим, що насичення на такому рівні сприяло покращенню водного режиму та щільності складення ґрунту, які мають безпосередній вплив на оструктуреність ґрунту. У варіантах з насиченням 40 і 60 % було відмічено зниження агрономічно цінних агрегатів та підвищення кількості брилистої фракції.

3.3. Уміст поживних елементів у ґрунті залежно від насиченості сівозмін соняшником

Сівозміни у поєднанні з обробіткою ґрунту, удобренням і рослинними рештками мають значний вплив на розподіл і трансформацію поживних речовин у ґрунті [213, 223]. Після збирання врожаю соняшника, значна її частина залишається у полі разом з його рослинними рештками, а після мінералізації поживні елементи стають легко доступними наступній культурі. Для формування врожаю, потреби соняшнику в азоті можуть коливатися – від 40 до 60 кг/га, фосфорі від 40 до 80 кг/га, а калію від 40 до 80 кг/га [188]. При цьому, разом з урожаєм, соняшник здатен виносити до 23 кг азоту і 12 кг фосфору (56 і 70 % від загального умісту). Потреба у поживних речовинах залежить від циклу розвитку культури та інших супутніх факторів [187, 352]. Щоб оцінити рівень поглинання соняшником поживних речовин, необхідно досліджувати розвиток кореневої системи рослин, кліматичні умови, доступність води тощо. Наприклад, між погодно-кліматичними умовами, вологістю ґрунту та вмістом елементів живлення існує тісний кореляційний зв'язок ($r = 0,98$) [279, 338]. Тому баланс поживних речовин є одним з найважливіших факторів підвищення врожайності та раціоналізації собівартості продукції соняшника [186].

Поживний режим ґрунту значною мірою залежить від насичення сівозмін соняшником. Дослідники стверджують, що збільшення його частки у сівозміні спричиняє підвищений рівень вносу елементів живлення з ґрунту. За результатами досліджень А. В. Кохана та ін. встановлено, що сівозміна із 14 % соняшнику забезпечує більший уміст елементів живлення у шарі ґрунту 0-10 см, ніж сівозміна із 50 %. Загальний винос НРК соняшником складає 75,3 кг/га. Для росту і розвитку впродовж вегетації соняшник найбільше потребує обмінного калію (178,8 кг/га), водночас, з урожаєм виноситься лише 20 %, а решта калію з рослинними рештками повертається у ґрунт. Тому, щоб компенсувати винесені соняшником з ґрунту макроелементи, необхідно залишати на полі його поживні рештки. Це допоможе запобігти деградаційним процесам і сприятиме збереженню родючості ґрунту [71].

3.3.1. Уміст легкогідролізного азоту в ґрунті. Головним джерелом живлення рослин є аніони азотної кислоти (NO_3^-) та катіони амонію (NH_4^+), яких у ґрунті міститься мало – лише 1 % від загальної кількості азоту. Азот практично повністю акумульований у різних формах органічних сполук, що входять до складу гумусу, рослинних решток, мікроорганізмів тощо. У залежності від умов ґрунтоутворення й антропогенної діяльності запаси азоту в орному шарі ґрунту можуть коливатися у межах 2–8 т/га, а у метровому – 4–30 т/га [25]. Для оцінки азотного стану ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур визначається вміст сполук легкогідролізного азоту. Він складається з нітратів, нітритів, амонію, амідів, амінокислот, аміноцукрів, уміст яких у ґрунті показує на потенційне забезпечення азотом рослин протягом всього періоду вегетації.

Азот у поєднанні з іншими елементами живлення посилює ріст і розвиток рослин, сприяє збільшенню вегетативної маси, розміру листків і кошиків [187]. Дефіцит азоту часто згадується як обмежуючий фактор у біологічному землеробстві [331]. У такому разі, з'являються ознаки азотного голодування: рослини втрачають інтенсивний зелений колір, ріст різко гальмується, стебла стають ламкими, листки передчасно жовтіють, знижуються врожайність і якість насіння. Якщо ж рослини достатньо забезпечені азотом, закладається більша кількість квіток, після цвітіння листки повільніше старіють, насіння отримує більший резерв протеїну [317]. Відомо, що засвоєння азоту через симбіоз мікроорганізмів із рослинами забезпечує ґрунт щорічно 70–80 % від загальної кількості азоту [141, 189, 212, 239, 250, 270, 280, 302].

У наших дослідженнях, згідно з ДСТУ [45], орний шар ґрунту мав низьку забезпеченість легкогідролізним азотом. Так, найбільший уміст цього елемента, на рівні 137–140 мг/кг ґрунту у варіантах з 20 і 40 %-м насиченням соняшником (рис. 3.4). Зі збільшенням частки соняшнику в сівозміні до 60 % відбувалося зниження вмісту азоту – 132 мг/кг ґрунту. Варто зазначити про зворотній зв'язок середньої сили між насиченням соняшнику та вмістом азоту в ґрунті – -0,41.

Залежно від варіанту, вміст азоту змінювався по окремих шарах ґрунту в межах 124–152 мг/кг. Найбільше легкогідролізного азоту акумулювалося у

верхньому шарі ґрунту 0–10 см по усіх варіантах дослідів. При чому, у ґрунті з насиченням 20 і 60 % його кількість наближалася до контролю – 145–146 мг/кг ґрунту. У сівозміні з часткою 40 % зафіксовано найвищий уміст цього елемента (152 мг/кг ґрунту), що відповідає середньому рівню забезпеченості.

У шарі ґрунту 10–20 см спостерігалася зниження вмісту легкогідролізного азоту – 128–137 мг/кг ґрунту. Найбільша його кількість була зафіксована на варіанті з часткою соняшнику 40 і 20 % – 135 і 137 мг/кг ґрунту. Ці варіанти переважали паровий на 4 і 6 мг/кг ґрунту. Значне зниження кількості азоту відбулося під сівозмінною з насиченням соняшнику 60 % – 128 мг/кг ґрунту.

Уміст легкогідролізного азоту в нижньому шарі ґрунту 20–30 см знаходився майже на рівні у варіантах з насиченням соняшником 20 і 40 % – 132–133 мг/кг ґрунту. У сівозміні з часткою соняшнику 60 % відбулося помітне зниження цього елемента до 124 мг/кг.

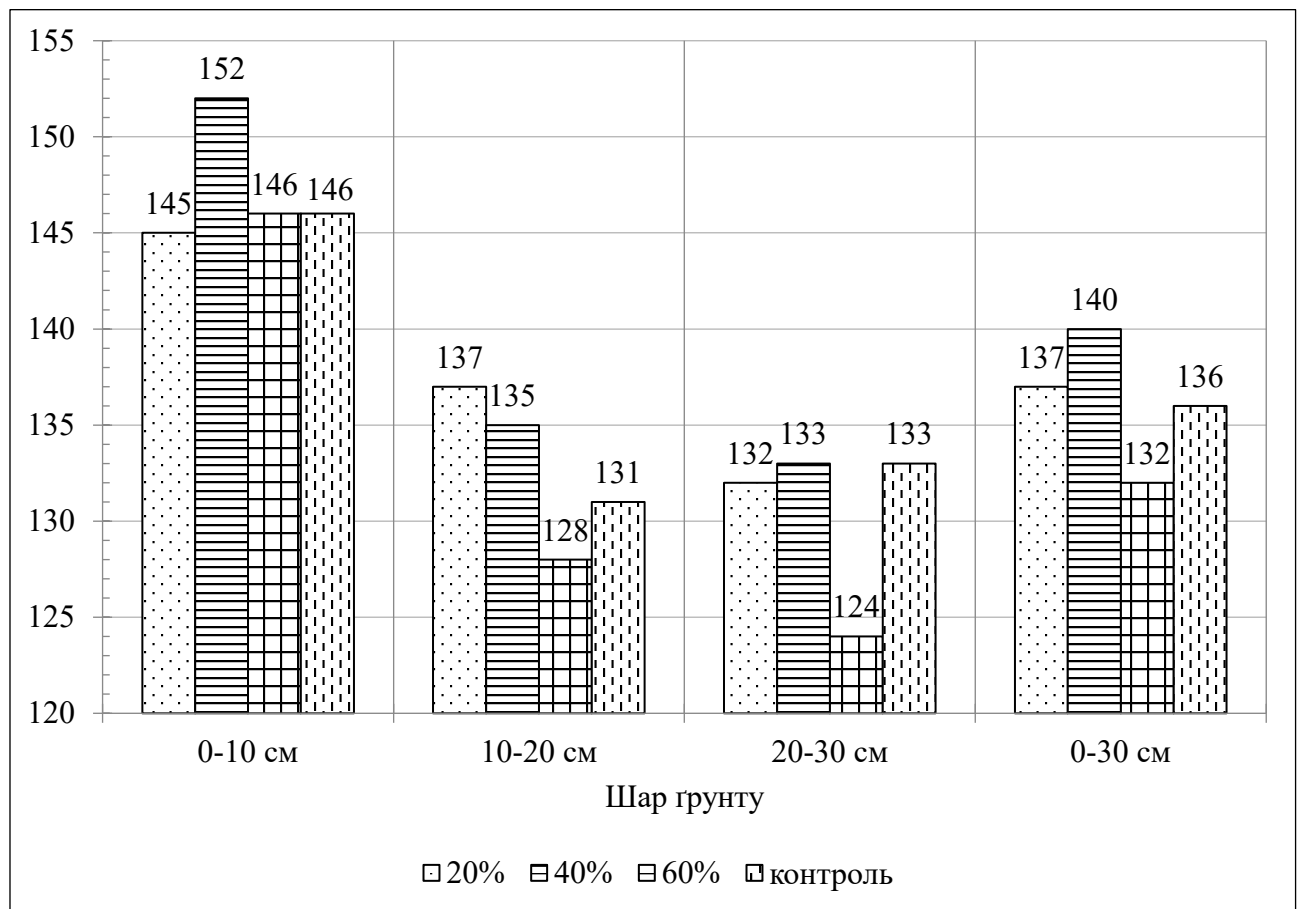


Рис. 3.4. Уміст легкогідролізного азоту у ґрунті залежно від насиченості сівозмін соняшником, мг/кг ґрунту (середнє за 2020–2022 рр.), ($HP_{0,95} = 7-8$)

Отже, орний шар ґрунту мав найвищий уміст легкогідролізного азоту на варіанті з насиченням соняшнику 20 і 40 %. Значне зниження його вмісту відбулося у полі із часткою соняшнику 60 %. На нашу думку, це було спричинене високою мікробіологічною активністю на цьому варіанті. Адже відомо, що підвищена кількість рослинних решток призводить до зниження його кількості. При розкладанні рослинних решток, які мають достатньо велику кількість азоту, спостерігається біологічне поглинання його мікроорганізмами, які активно розвиваються, для синтезу власних білкових тіл [207]. Надмірна активність ґрунтових мікроорганізмів може спричинити зростання непродуктивних втрат азоту в процесах денітрифікації та нітрифікації, накопичення нітратів у ґрунті та подальше їх вимивання з ґрунтовими водами [229].

3.3.2. Уміст рухомого фосфору в ґрунті. Валові запаси рухомого фосфору у метровому шарі чорнозему типового відносно високі – 23–24 т/га [96], а за рахунок біологічного переносу, основна його кількість міститься у верхньому шарі ґрунту 0–25 см. Б. С. Носко та ін. це пов'язують з пожнивно-кореновими рештками, активним поглинанням його ґрунтом і внесенням добрив [104]. Однак, для рослин доступними є тільки аніони ортофосфорної кислоти, з кращим засвоєнням аніонів H_2PO_4^- і гіршим – HPO_4^{2-} .

Найбільше фосфору міститься у репродуктивних органах і молодих частинах рослин, де інтенсивно відбуваються процеси синтезу органічних речовин. Оптимальне фосфорне живлення рослин стимулює всі процеси, що пов'язані із заплідненням, формуванням і дозріванням насіння. Надлишок фосфору призводить до передчасного розвитку, відмирання листкового апарату і раннього дозрівання насіння, як результат, рослини не встигають сформувати високий урожай. Його нестача проявляється у затримці росту і розвитку рослин – утворюються дрібні листки, запізнюються цвітіння і дозрівання насіння. Нижні листки набувають тьмяно-сірого, темно-зеленого, пурпурового або фіолетового відтінку. З часом вони скручуються і передчасно відмирають. Фосфор впливає на збільшення інтенсивності синтезу цукрози, крохмалю, жирів, білків, інтенсивність фотосинтезу, продуктивності рослин та якість

сільськогосподарської продукції. Завдяки нагромадженню у вузлах кущіння великої кількості цукрів, покращується постачання води до рослин, елементів мінерального живлення, а це, особливо, важливо у перші фази росту і розвитку та у посушливі періоди року [186].

Фосфор позитивно впливає на підвищення врожайності соняшнику, формування високих харчових і технологічних якостей продукції, зокрема підвищується вміст олії у насінні соняшнику. Проблема фосфору як елемента живлення полягає у малій рухомості порівняно з іншими елементами та засвоєнні, яке відбувається лише з відстані 2–4 мм від коренів [66].

Показник рН значною мірою впливає на доступність сполук фосфору для рослин. Порушення засвоєння фосфору пов'язане із утворенням нерозчинних гідроокисів, які рослини не можуть поглинати. Також важливе значення має гранулометричний склад ґрунту, попередник, глибина та розвиток кореневої системи, вміст гумусу, забезпеченість вологою в період вегетації тощо [111].

Нашими дослідженнями виявлено, що кількість рухомих сполук фосфору в орному шарі ґрунту знаходилася у межах від 68 до 126 мг/кг ґрунту, що відповідає середній забезпеченості (рис. 3.5).

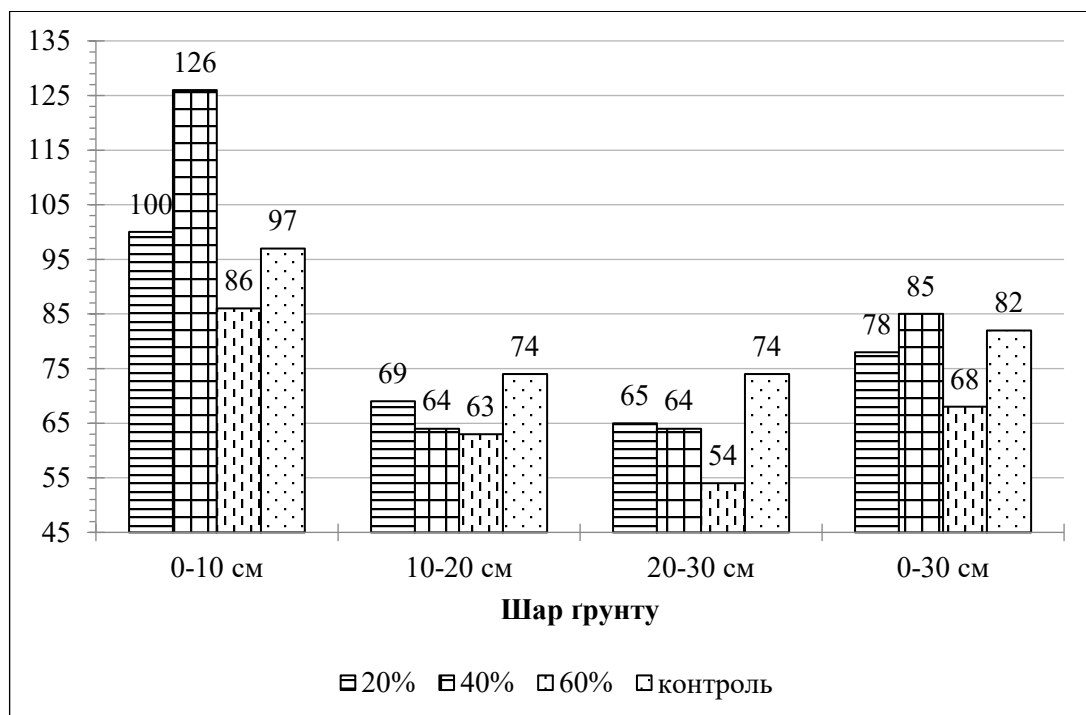


Рис. 3.5. Уміст рухомого фосфору в ґрунті залежно від насиченості сівозмін соняшником, мг/кг ґрунту (середнє за 2020–2022 рр.), ($НІР_{0,95} = 4–13$)

Найвища його кількість була зосереджена у ґрунті на варіанті з часткою соняшнику 40 % – 85 мг/кг ґрунту. У варіантах із насиченням 20 і 60 % було відмічене зниження кількості сполук на 7 і 17 мг/кг ґрунту. Залежно від варіантів, у верхньому шарі ґрунту 0–10 см уміст рухомого фосфору був найвищий, ніж у нижніх його шарах. Найбільше його накопичення відбулося у варіанті з насиченням соняшнику 40 % – 126 мг/кг ґрунту. Уміст сполук на варіанті з часткою 20 % був дещо нижчим на 26 мг/кг ґрунту, але знаходився майже на рівні з контролем – 97 мг/кг ґрунту. Суттєве зниження цього макроелементу відбулося у полі соняшнику, який займав 60 % сівозмінної площі – 86 мг/кг ґрунту.

Кількість доступних форм фосфору у нижніх шарах ґрунту 10–20 і 20–30 см знижувалася залежно від частки соняшнику у сівозмінах. Висока кількість фосфору була зафіксована на варіанті з насиченням соняшнику 20 і 40 % у межах 64–69 мг/кг ґрунту. У варіанті із насиченням сівозмін соняшником 60 %, зафіксовано зниження P_2O_5 у 1,4 рази порівняно з контролем – 74 мг/кг ґрунту.

Отже, встановлено, що уміст рухомого фосфору в орному шарі чорнозему типового у посівах соняшнику залежав від насичення ним сівозмін. Найвища кількість його сполук була на варіанті з насиченням соняшнику 40 %, а найнижча – з насиченням 60 %.

3.3.3. Уміст обмінного калію у ґрунті. У ґрунті калій представлений нерозчинними та малодоступними мінеральними формами. Загальний запас K_2O в орному шарі чорноземних ґрунтів становить 50–75 т/га, що у 5–50 разів більше, ніж азоту, і 8–40 разів більше, ніж фосфору [30]. Попри високі запаси у ґрунті, лише 0,5–1,2 % калію від його валового вмісту перебуває в рухомій формі (обмінний калій), яка є джерелом живлення рослин. Важливим показником калійного режиму ґрунту є ступінь рухомості обмінного калію, тобто інтенсивність переходу його іонів із ґрунтового вбирного комплексу у ґрунтовий розчин [78].

Уміст рухомого калію у ґрунті залежить від ряду факторів, серед яких норма застосування добрив, інтенсивність балансу калію в системі добриво–

грунт–рослина, фізико-хімічні особливості ґрунту, структура сівозміни, обробіток ґрунту тощо [27, 136]. Чорноземи типові здебільшого сформовані в умовах нестійкого і недостатнього зволоження, де протягом вегетаційного періоду панують висхідні токи вологи, а промочування метрової товщини ґрунту за осінньо-зимово-весняний період незначне, тому істотні втрати рухомих форм калію з кореневмісного шару ґрунту через вимивання малоімовірно [55, 97].

Рослини споживають калій у вигляді катіону K^+ , який не входить до складу органічних сполук клітин, однак, він визначає якість продукції сільськогосподарських культур. У результаті збільшення осмотичного тиску клітинного соку, калій підвищує холодостійкість і зимостійкість рослин, стійкість рослин до грибкових і бактеріальних хвороб тощо. Найбільше соняшник потребує калію від початку формування кошика до дозрівання насіння і може засвоювати його навіть із важкодоступних сполук [154, 186]. Його розподіл у рослинах відрізняється від аналогічних процесів розподілу азоту та фосфору. Як правило, у вегетативних органах соняшнику калію міститься приблизно 75–80 % і лише 20–25 % – у насінні. Тому, значна його кількість повертається у ґрунт із післяжнивними рештками. Високого забезпечення рослин калієм можна також досягти завдяки оптимізації вологості ґрунту, регулюванні реакції ґрунтового розчину та вмісту органічної речовини [130].

Нами виявлено зниження кількості сполук обмінного калію в орному шарі ґрунту відносно контролю (110 мг/кг ґрунту) на 16–20 мг/кг ґрунту (рис. 3.6). Серед досліджуваних варіантів, найвищий уміст калію у шарі ґрунту 0–30 см був на варіанті з насиченням соняшнику 40 % – 94 мг/кг ґрунту. На інших варіантах його кількість була на рівні 90 мг/кг ґрунту.

Найбільше обмінного калію акумулювалося у шарі ґрунту 0–10 см – 106–154 мг/кг ґрунту. Це можна пояснити недостатніми умовами зволоження верхнього шару, через що, елементи живлення стають позиційно і фізіологічно недоступними для рослин [84], а також наявністю більшої кількості рослинних решток, з якими сполуки калію повертаються у ґрунт. Враховуючи те, що соняшник у великій кількості використовує калій, то найбільше його було

накопичено у полі із соняшником, сівозмінна площа якого становила 40 % – 113 мг/кг ґрунту. Уміст обмінного калію на варіантах з насиченням 60 і 20 % знаходився майже на одному рівні – 106 і 107 мг/кг ґрунту. Згідно ДСТУ 4362–2004 [45], така його кількість у ґрунті відповідає підвищеній забезпеченості ґрунту. Порівняно з варіантами насичення соняшнику, у полі з чистим паром відмічено високий уміст калію – 154 мг/кг ґрунту, що відповідає високому рівню забезпеченості.

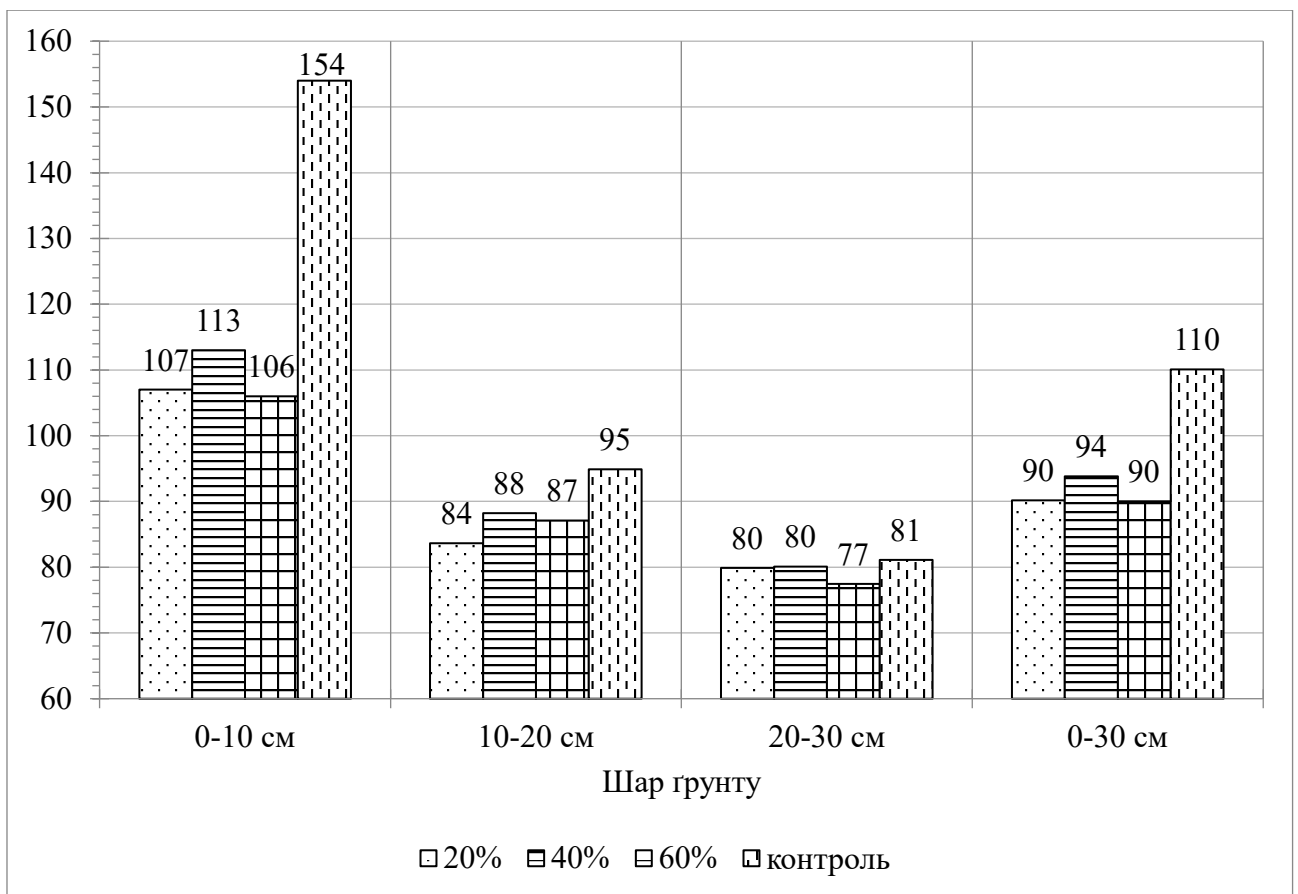


Рис. 3.6. Уміст обмінного калію у ґрунті залежно від насиченості сівозмін соняшником, мг/кг ґрунту (середнє за 2020–2022 рр.), ($НІР_{0,95} = 7-20$)

Найвища кількість обмінного калію у шарі ґрунту 10–20 см була на варіанті з часткою соняшнику 60 % і 40 % – 87 і 88 мг/кг ґрунту, що наближало їх до контролю – 95 мг/кг ґрунту. На варіанті з насиченням 20 % відбулося незначне зниження його вмісту порівняно з контролем на 11 мг/кг ґрунту. Слід зазначити, що в усіх досліджуваних варіантах забезпеченість ґрунту цим елементом була підвищеною.

Установлено значне зниження вмісту сполук калію у шарі ґрунту 20–30 см до середнього рівня забезпечення. Це свідчить про те, що соняшник засвоював цей елемент саме з нижнього шару ґрунту. Так, найбільша кількість обмінного калію була на варіантах з насиченням соняшнику 20 і 40 % – 80 мг/кг ґрунту, що майже прирівнювало їх до контролю (81 мг/кг ґрунту). У полі із соняшником, який займав 60 % сівозмінної площі відмічалось незначне його зниження на 4 мг/кг ґрунту.

Отже, у варіанті з насиченням соняшнику 40 % виявлено вищий уміст обмінного калію в орному шарі ґрунту, порівняно з іншими варіантами. У полях із частками соняшнику 20 і 60 % його кількість знаходилася на одному рівні. Така стійкість калійного стану ґрунту залежала від вихідних запасів його у ґрунті, низького виносу його з врожаєм соняшнику, швидкості переходу з важкодоступних для рослин сполук в легкодоступні [26].

3.4. Винос елементів живлення з ґрунту рослинами соняшнику залежно від насиченості ним сівозмін

Залишені на полі рослинні рештки мають велике значення для відновлення ґрунтової родючості, особливо за зменшення обсягів використання добрив. Кореневі та післяжнивні рештки соняшнику є одним з головних джерел поповнення органіки ґрунту. Його нагромадження у ґрунті, певним чином, відбувається у процесі вегетації рослин завдяки регенерації кореневої системи, її виділень та діяльності мікроорганізмів [142]. З післяжнивними рештками сільськогосподарських культур повертається значна кількість елементів живлення, витрачених культурними рослинами з ґрунту на формування врожаю. Обсяги, перш за все, залежать від врожаю нетоварної продукції, вмісту елементів живлення та біологічних особливостей культури.

Нашими дослідженнями встановлено, що кількість рослинних решток у ґрунті залежала від насичення сівозмін соняшником та його врожайності. Рівень надходження поверхневих і корневих решток коливалися по варіантах у межах від 12 до 13 т/га (рис. 3.7).

За цими показниками перевагу мав варіант з насиченням сівозміни соняшнику 40 %, де у ґрунті надійшло 13,0 т/га рослинних решток. Дещо менша їх кількість була на варіанті з часткою соняшнику 20 % – 12,8 т/га. Найнижче нагромадження решток відбулося на варіанті з часткою соняшнику 60 % – 12,3 т/га. Варто зазначити, що збільшення кількості корневих решток на всіх варіантах було прямо пропорційно приросту надземної маси, що свідчило про інтенсивний розвиток кореневої системи, яка у свою чергу, сприяла збільшенню маси рослинних решток.

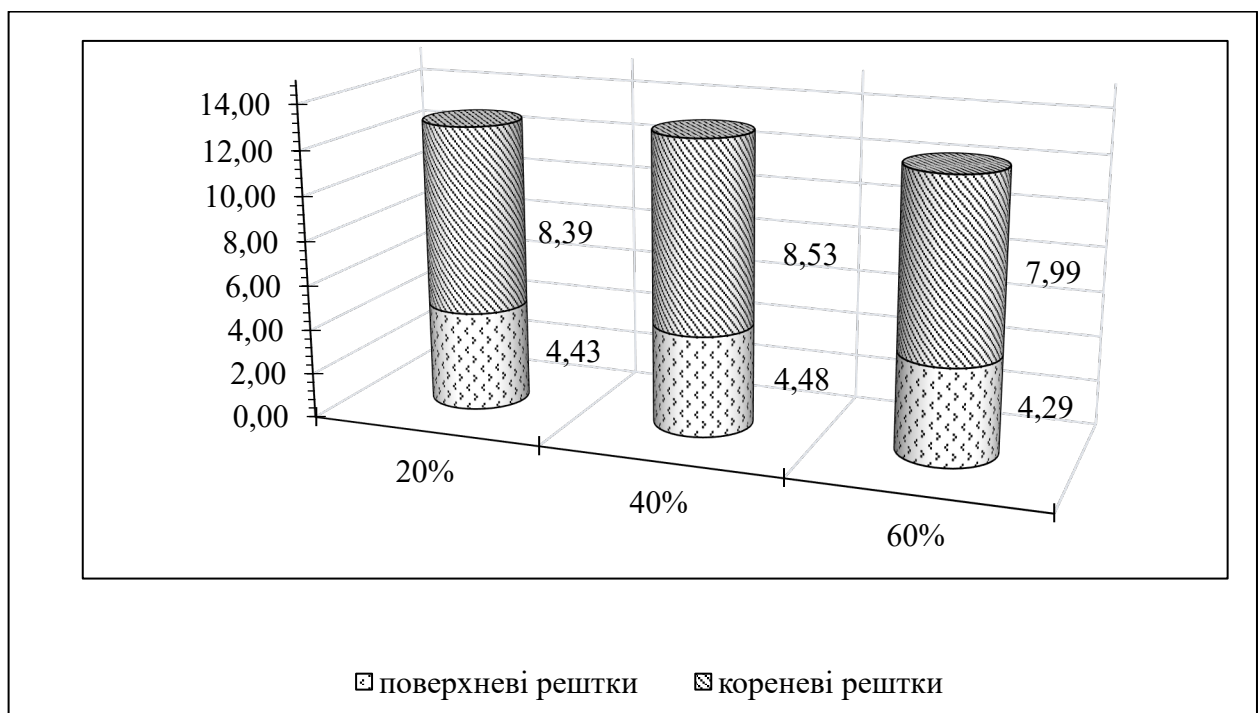


Рис. 3.7. Нагромадження рослинних решток соняшнику залежно від насиченості ним сівозмін, т/га

Потреба рослин у поживних речовинах визначається з урахуванням їх винесення. При цьому, мається на увазі, величина господарського винесення елементів, які вилучаються з ґрунту з фактично зібраним врожаєм. Господарське винесення значно менше за біологічну потребу рослин у поживних речовинах упродовж вегетаційного періоду, оскільки значна їх частина у процесі росту та розвитку накопичується у різній кількості в насінні, післязбиральних рештках та кореневій системі [27]. Так, загальна кількість поживних речовин у соняшнику розподіляється у такому співвідношенні: основна продукція – 32 %, побічна – 52 %, коренева система – 16% [82]. Окремі дослідження показують, що зі

стеблами соняшнику повертається: N – 50,1–70,5 кг/га, P₂O₅ – 13,2–16,4 кг/га і K₂O – 148,5–186,5 кг/га. Значну частину елементів живлення повертає у ґрунт і коренева система. Так, коріння соняшнику після мінералізації залишає у ґрунті приблизно 56,3–197,8 кг/га азоту, 14,9–37,4 кг/га фосфору і 86,2–130,6 кг/га калію [82].

Результати наших досліджень показали, що вміст загального азоту, фосфору та калію у пожнивних рештках безпосередньо залежав від того, яку частку займав соняшник у сівозміні (рис. 3.6). Окрім цього, між розподілом умісту азоту у кошиках та досліджуваними варіантами рівень кореляції становив -0,92, у стеблах – r = 0,94, а у корінні – r = 0,24.

Таблиця 3.6

Уміст загального азоту, фосфору і калію у пожнивних рештках соняшнику залежно від його насиченості у сівозмінах, % на суху масу

Частка соняшнику у сівозміні, %	Кошики	Стебла	Коріння
Азот			
20	0,67	0,31	0,35
40	0,36	0,35	0,47
60	0,31	0,36	0,38
Фосфор			
20	0,20	0,28	0,04
40	0,16	0,19	0,14
60	0,11	0,13	0,22
Калій			
20	7,23	1,83	0,96
40	8,56	1,25	0,87
60	4,46	1,99	0,48

Так, найбільше азоту акумулювалося у кошиках соняшнику, який займав 20 % сівозмінної площі – 0,67 % на суху масу, а зі збільшенням насиченості до 40 і 60 % його кількість знизилася у 2 рази. Також достатньо високий вміст цього елемента був відмічений у корневих рештках соняшнику у варіанті з часткою

40 % – 0,47 % на суху масу. На варіантах із насиченням соняшнику 20 і 60 % уміст азоту у корінні знизився на 0,09 і 0,12 % на суху масу. Накопичення цього елементу в стеблах соняшнику відбулося майже на такому ж рівні, але з тенденцією до збільшення на варіанті з часткою 60 % – 0,31–0,36 % на суху масу. Враховуючи те, що фосфор у більшій мірі використовувався на формування врожаю, уміст його у пожнивних рештках становив незначний відсоток від загальної кількості поживних елементів. Так, у кошиках найбільша його кількість була акумульована на варіанті з насиченням соняшнику 20 % – 0,20 % на суху масу, дещо нижча із насиченням 40 % – 0,16 % на суху масу і найменша з насиченням 60 % – 0,11 % на суху масу.

У стеблах соняшнику накопичення фосфору відбувалося пропорційно із зниженням його частки у сівозміні у межах від 0,13 до 0,28 % на суху масу. У корінні уміст цього елементу був найнижчий на варіантах з частками соняшнику 20 і 40 %, а у сівозміні 60 % найвищий – 0,22 % на суху масу. На нашу думку, це пов'язано з гіршими показниками родючості ґрунту на цьому варіанті. Наприклад, через дещо підвищений рН, сполуки фосфору стали менш доступними для рослин через утворення нерозчинних сполук. Тому соняшник не зміг у повній мірі його засвоїти та перенаправити по своїй вегетативній масі для формування насіння.

У загальному винесенні калію культурами на основну (товарну) продукцію припадає менша кількість цього елементу, ніж на нетоварну частину врожаю. Тому, залежно від того, залишаються рослинні рештки на полі чи вивозяться, калійний баланс може помітно змінюватися. Крім того, важливі структура урожаю (відношення товарної до нетоварної частини продукції) і строки збирання урожаю (чим раніше, тим більше відносний вміст калію в нетоварній частині урожаю) [133].

У наших дослідженнях відмічено високе накопичення сполук калію у пожнивних рештках соняшнику. Слід зазначити, що його кількість у кошиках збільшувалася відповідно до високої врожайності соняшнику, що підтверджує тісна кореляція – 1,00. Так, найбільша концентрація калію відбулася у кошиках

соняшнику на варіанті насичення 40 % – 8,56 % на суху масу, дещо нижча на варіанті з 20 % – 7,23 % на суху масу і найнижча з насиченням 60 % – лише 4,46 % на суху масу. Обернена кореляційна залежність показала, що у стеблах уміст калію збільшувався зі зниженням врожайності соняшнику – $r = -0,83$. Так, найвища його кількість була зафіксована на варіанті з часткою соняшнику 60 % – 1,99 % на суху масу. Максимальне зниження цього елемента відбулося у стеблах соняшнику з часткою у сівозміні 40 % – 1,25 % на суху масу.

Сполуки калію у кореневих рештках накопичувалися у невеликій кількості та залежали від досліджуваних варіантів. Найбільше його акумулювалося у корінні на варіанті з насиченням соняшнику 20 % – 0,96 % на суху масу. Зі збільшенням частки до 40 % кількість калію знижувалася на 0,09 % на суху масу. На варіанті з 60 % уміст сполук знизився удвічі.

Отже, частка соняшнику у сівозміні впливала на накопичення у ґрунті поверхневих і корневих решток, а їх кількість збільшувалася зі зростанням врожаю. Разом з післяжнивними залишками у ґрунт поверталася велика кількість сполук калію, дещо нижча азоту і найменша фосфору. Встановлено, що найбільша кількість азоту та фосфору надходила у ґрунт із рештками соняшника, сівозмінна площа якого займала 20 %. На нашу думку, це відбулося за рахунок сформованих сприятливих агрофізичних та водно-фізичних умов, які необхідні для перетворення фосфору у доступні сполуки, тому вони легко засвоювалися рослинами соняшнику та, у подальшому, використовувалися для формування насіння. На варіанті із часткою соняшнику 40 %, у полі залишався найбільший об'єм рослинних решток, разом з якими, у ґрунт повернулася велика кількість калію. Найнижчий відсоток повернення елементів живлення відмічено у рештках соняшнику з часткою у сівозміні 60 %.

3.5. рН чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником

Ступінь кислотності або лужності – це відносна кількість у ґрунті іонів водню H^+ , виражене в одиницях рН за шкалою теоретичних (можливих) значень від 1 до 14 [86]. Середовища, в яких переважають іони водню, називаються

кислими, а в яких гідроксид-іони – лужними. Рівнозначна кількість іонів водню і гідроксид-іонів відповідають умовам нейтральних середовищ [153, 177, 284, 346]. Реакція ґрунтового середовища (або рН) є ознакою, від якої залежать агрохімічні властивості ґрунту, ріст і розвиток сільськогосподарських культур тощо [87, 153, 217, 292, 304, 305]. Так, кислотність ґрунту суттєво впливає на доступність поживних речовин та ефективність їх використання рослинами соняшнику. Для підвищення врожайності соняшнику на таких ґрунтах бажано проводити осіннє вапнування під основний обробіток ґрунту. Але з огляду на те, що соняшник здатний формувати врожай і на кислих ґрунтах, він є дуже перспективною культурою для ротації з озимою пшеницею на полях, де відновлення ґрунтової кислотності за допомогою застосування вапна економічно недоцільне. Також за низького рН знижується мікробіологічна активність у ґрунті, за рахунок повільного розпаду органічних речовин і рослинних решток [98].

Вважається, що соняшник не надто чутливий до кислотності ґрунту і може сформувати високу врожайність, навіть, при значеннях рН від 5,7 до 8,0. Є дані про те, що соняшник може давати високий урожай і на ґрунтах із рівнем рН вище ніж 8,0 [98]. Зважаючи на те, що усі ґрунти мають різні властивості, тим не менше, діапазон рН від 6,0 до 7,2 може вважатися найбільш прийнятним для більшості з них.

Результати американських та українських дослідників показують, що агрономічно оптимальний рівень рН ґрунту для виробництва соняшнику може бути на рівні 6,0 і вище. За рівня рН від 4,7 до 5,3 можливі втрати врожаю у межах від 10 до 30 % [98, 332]. Основною причиною цього є алюміній, який міститься у ґрунті. Він негативно впливає на рослини і під його дією (навіть при рН 5,0) уповільнюється або припиняється ріст кореневої системи соняшнику. Особливо чітко це проявляється в умовах посухи: її вплив на рослини на ґрунтах з низьким рівнем рН буде сильнішим, ніж за оптимального рівня рН. При цьому доступність основних поживних елементів або помітно знижується, або підвищується до такого рівня, що може мати негативний вплив на рослини

соняшнику. Симптомами низького рівня рН зазвичай є повільний, неправильний і нерівномірний розвиток рослин соняшнику, випадання окремих ділянок у посівах, швидше старіння нижнього листа.

Досліджуваному чорнозему типовому характерна близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину. Величина активної кислотності ($\text{pH}_{\text{водн.}}$) по варіантах знаходилася у межах 7,1–7,7, зі збільшенням її значень у полі із соняшником, який займав 60 % сівозмінної площі (рис. 3.8).

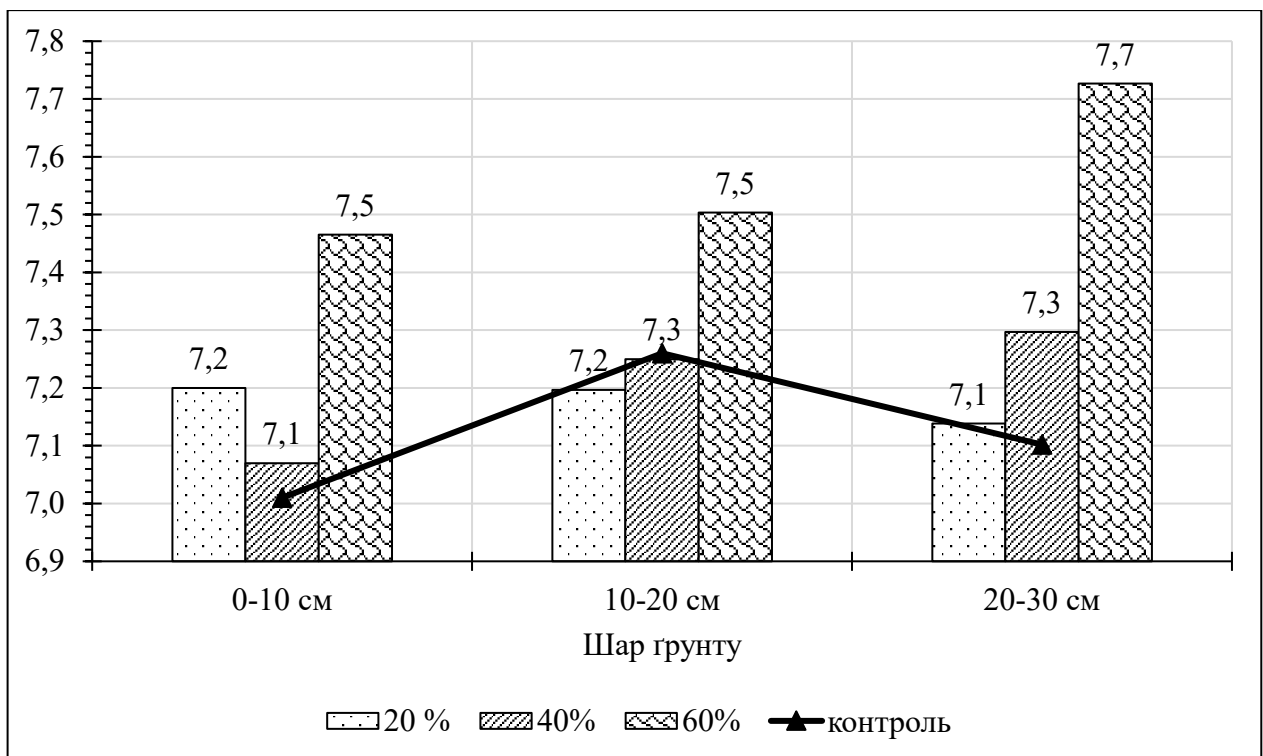


Рис. 3.8. рН ґрунту у посівах соняшнику залежно від насиченості сівозмін соняшником

У верхньому шарі ґрунту 0–10 см найнижчі значення рН були отримані на варіанті з часткою соняшнику 40 % – 7,1, які наближалися до контролю – 7,0, дещо вищий рН з часткою 20 % – 7,2. У шарі ґрунту 10–20 см відбувалося збільшення рН відповідно до насичення сівозмін соняшником. Його значення на варіантах з частками соняшнику 20 і 40 % знаходилися майже на рівні – 7,2–7,3. Різке підвищення реакції ґрунтового розчину до 7,5 відбулося у полі, де соняшник займав 60 % сівозмінної площі.

У шарі ґрунту 20–30 см між варіантами насичення сівозмін соняшником була відмічена істотна різниця. Найнижча активна кислотність була на варіанті з

часткою соняшнику 20 % – 7,1, а на варіанті з часткою соняшнику 40 % її значення збільшилося до 7,3. На варіанті з насиченням соняшнику 60 % відбувся перехід реакції ґрунтового середовища до слабо лужної – 7,7. На нашу думку, таке значення рН може бути пов'язано із збільшенням у ґрунті вмісту водорозчинних сполук катіонів кальцію. Карбонат натрію створює лужне середовище, оскільки під час його гідролізу в розчині гідроксильні іони OH^- переважають над водневими. Лужна реакція ґрунтового розчину може бути зумовлена і наявністю в ньому значної кількості вільного карбонату кальцію, який при взаємодії з водою за наявності вуглекислого газу перетворюється на гідрокарбонат. Наступний гідроліз гідрокарбонату призводить до підлугування ґрунту.

Нашими дослідженнями встановлено високу обернену кореляційну залежність урожайності соняшнику від реакції ґрунтового середовища – $r = -0,95$. Орний шар ґрунту на варіантах з насиченням соняшнику 20 і 40 % мав близьку до нейтральної реакцію – 7,2 (рис. 3.9). Відповідно, на цих варіантах урожайність соняшнику була високою – 3,0–3,1 т/га. На варіанті з часткою соняшнику 60 % реакція ґрунтового середовища була слаболужною – 7,6, при цьому врожай знизився на 0,3–0,4 т/га.

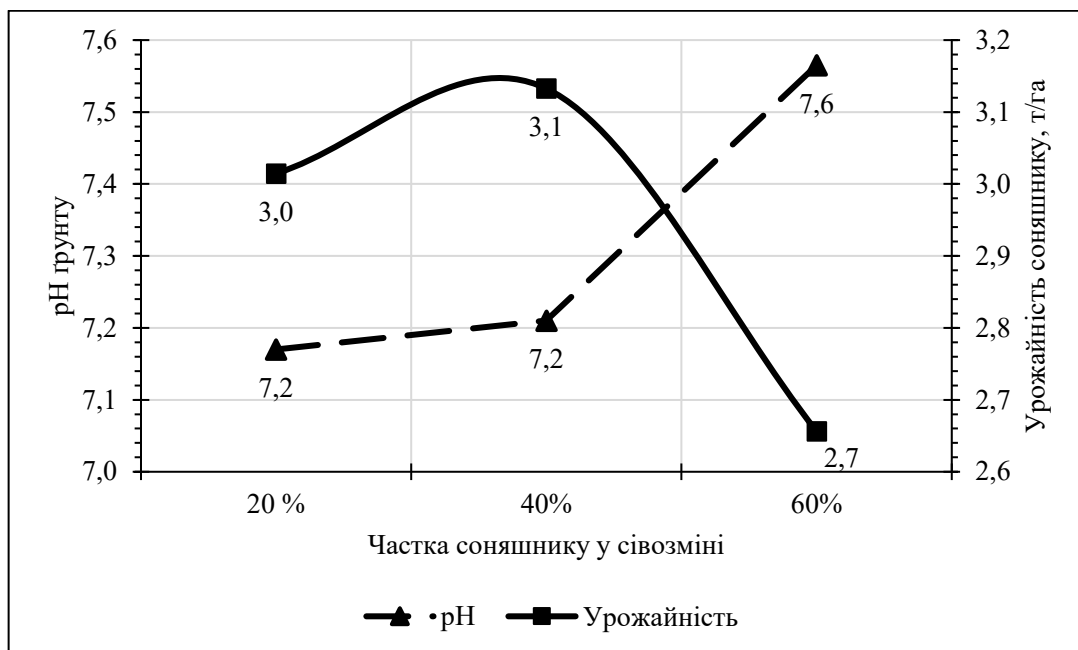


Рис. 3.9. рН орного шару ґрунту й урожайність соняшнику залежно від насиченості сівозмін соняшником

Отже, результати наших досліджень показали, що реакція ґрунтового середовища у посівах соняшнику залежала від насичення ним короткоротаційних сівозмін. Чорнозем типовий під посівами соняшнику з частками 20 і 40 % мав близьку до нейтральної реакцію ґрунтового середовища, а на варіанті з насиченням 60 % цей показник підвищувався до слаболужної.

3.6. Целюлозолітична активність чорнозему типового залежно від насиченості сівозмін соняшником

При веденні інтенсивної системи землеробства зростає антропогенний вплив на ґрунт, що може впливати на поживний, повітряний і водний його режими [35, 266, 291, 349]. Ведення сільського господарства впливає на ґрунт, порушуючи природні процеси в агроценозах, зокрема, можуть відбуватися зміни у рівні родючості та мікробіологічних процесах. Окремі практики управління агроєкосистемами по-різному впливають на доступність поживних речовин у ґрунті та потенційну активність ферментів [279, 321, 340]. У ґрунті практично немає процесу, в якому не приймала б активної участі мікрофлора. Вони знаходяться у тісному зв'язку з продуктивністю рослин і залежать від того, як відбувається перегрупування окремих екологічних популяцій мікроорганізмів [290], і на це вказує позитивна кореляція $r = 0,58-0,92$ [339].

Одним із основних показників родючості ґрунту є мікробіологічна активність, що визначається інтенсивністю діяльності ґрунтових мікроорганізмів [50, 131]. З нею пов'язані процеси синтезу та розкладу гумусу, мінералізації внесених у ґрунт органічних добрив і післяжнивних решток [100]. Оцінка мікробної біомаси та її активності можуть виявити зміни у вмісті органічної речовини ґрунту ще до того, як вони відбулися [341]. Тому будь-які агротехнічні заходи, що спрямовані на підвищення врожайності сільськогосподарських культур і відтворення родючості ґрунту, повинні мати ґрунтово-мікробіологічне обґрунтування.

Ґрунтові мікроорганізми впливають у ґрунті на процеси окислення, нітрифікації, амонізації, азотфіксації тощо [205, 329], беруть участь у біохімічних

процесах, які включають: розкладання рослинних решток і перетворення органічної речовини, впливають на мінералізацію доступних рослинам поживних речовин та впливають на ефективність кругообігу поживних речовин [251, 325, 335]. Порушення ґрунтового середовища може вплинути на мікробіом, що матиме негативний вплив на кругообіг поживних речовин у ґрунті [222, 332].

Накопичення рослинних решток у ґрунті або на його поверхні збільшує біорізноманіття агроєкосистем; водночас існує ризик, разом із цими залишками різні патогени можуть зберігати свою життєздатність до вирощування наступної культури. Сівозміни вважаються важливими компонентами у зменшенні кількості цих патогенів [339]. Вони мають здатність впливати на зміни у чисельності та складі ґрунтової фауни, у тому числі, шкідників і корисних організмів [160, 175, 262]. Вважається, що верхні шари ґрунту мають більший потенціал до активних мікробіологічних процесів, за рахунок накопичення великої кількості решток.

Відомо, що ступінь розкладання рослинних решток багато у чому залежить від мікробіологічної діяльності ризосферної зони, яка у свою чергу, змінюється під впливом агрофізичних показників і від умісту вологи у ґрунті [23, 327]. Наприклад, переущільнення ґрунту знижує мікробіологічну активність, зокрема, зменшується кількість мікроорганізмів, які розкладають целюлозу [65]. Зменшення кількості культур у сівозміні або заміна їх на монокультури також є причиною втрати біорізноманіття, що у свою чергу призведе до зниження концентрації вуглецю та азоту у ґрунті, зміни мікробних угруповань і погіршення функцій ґрунтових екосистем [204, 281].

Під час вирощування сільськогосподарських культур до ґрунту надходить значна частина рослинних решток, основною складовою яких є целюлоза. Уміст її у рослинах знаходиться в межах 45–80 %, а в орному шарі ґрунту – 5 %. Целюлозолітичні мікроорганізми здійснюють розклад рослинних решток, виділяючи при цьому в середовище окислювальні ферменти, які володіють властивістю синтезувати гумусові речовини із продуктів розкладу цих решток [151].

Часто біологічну активність ґрунту оцінюють за целюлозоруйнівною здатністю. Цей показник залежить лише від діяльності мікроорганізмів, які живуть у ґрунті за рахунок розкладання целюлози. Але при цьому не враховують, що у природному середовищі не існує тісного кореляційного зв'язку між цим показником та загальною численністю мікроорганізмів. В. О. Єщенко вважає, що целюлозоруйнівна активність ґрунту більше залежить від якості свіжої органічної маси, яка поступає у ґрунтове середовище у вигляді гною, сидерату чи післязбиральних решток, ніж від його агрофізичних показників родючості. Якщо ця маса багата азотом, то целюлозоруйнівна здатність ґрунту буде високою, а коли у ній зростає частка клітковини, її деструкція буде проходити повільніше, що свідчатиме про зниження активності целюлозоруйнівних мікроорганізмів [54].

О. В. Гепенко зазначає, що сівозміни з просапними культурами, які залишають після себе грубі рештки (у т. ч. соняшник) і повільно мінералізуються, забезпечують високу інтенсивність розкладання целюлози (15,8 %) [20]. Окремі дослідження показують зниження інтенсивності розкладання целюлози у верхніх шарах ґрунту на ділянках без сівозміни. У такому випадку шар ґрунту 0–10 см більш схильний до впливу погодних умов [57, 210]. Тому підтримання біомаси ґрунтових мікроорганізмів, активності та різноманітності мікрофлори за рахунок чергування сільськогосподарських культур є фундаментальною умовою для сталого ведення сільського господарства [247].

Отримані дані свідчать про закономірність проходження мікробіологічних процесів у досліді. У всі роки досліджень, відповідно до збільшення частки соняшнику у сівозміні із глибиною інтенсивність розкладання полотна підвищувалася (див. дод. Ж. 1). Активність целюлозолітичних мікроорганізмів в орному шарі ґрунту була найвищою у полі соняшнику, який займав 60 % сівозмінної площі – 37,0 %, а з насиченням 20 % активність була найнижчою – 19,3 % від початкової маси полотна (рис. 3.10).

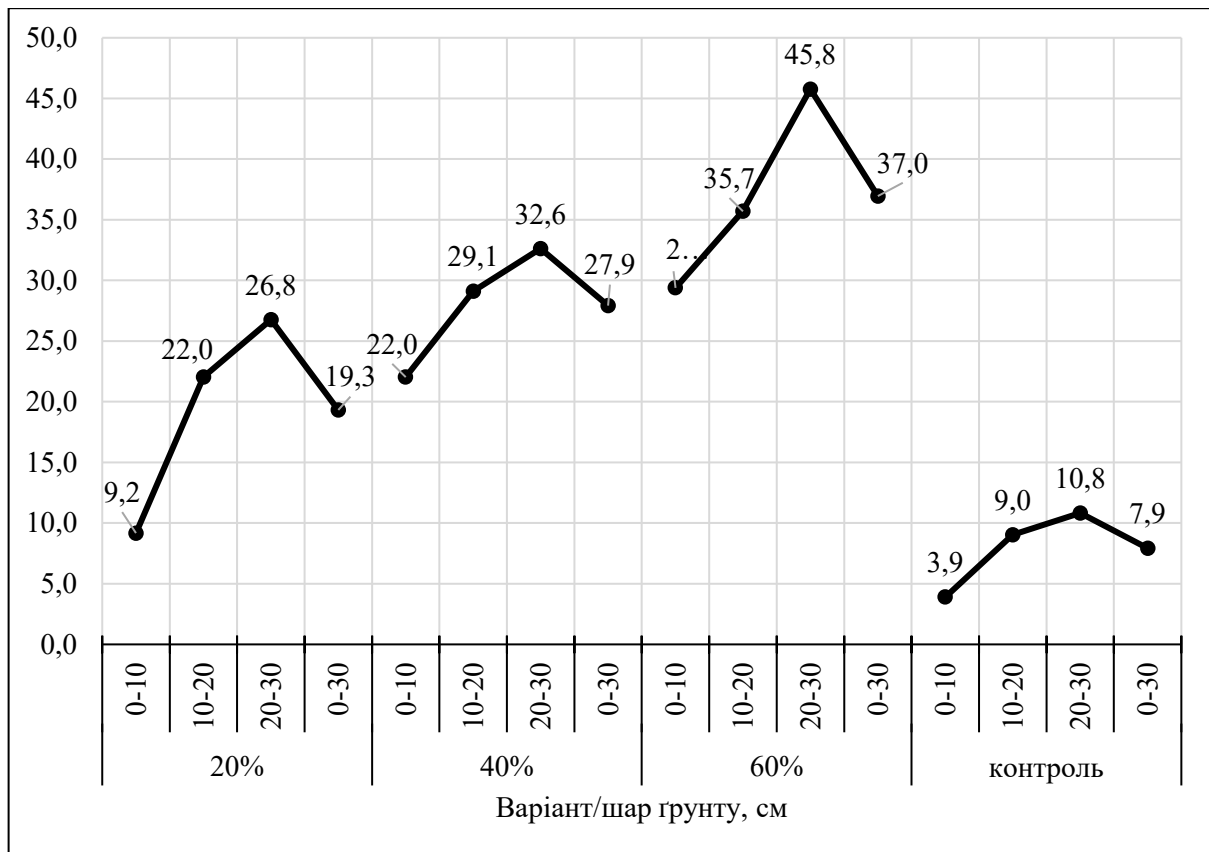


Рис. 3.10. Целюлозолітична активність ґрунту залежно від насиченості сівозмін соняшником, % втрати маси полотна (середнє за 2020–2022 рр.), (НІР_{0,95} = 1,2–1,9)

У верхньому шарі ґрунту 0–10 см активність мікроорганізмів була нижчою порівняно з іншими шарами, що було спричинено низькими запасами вологи та підвищеною температурою. Однак, найбільш інтенсивний розклад целюлози відбувався на варіанті з насиченням соняшнику 60 % – 29,4 %. Із зменшенням частки соняшнику у сівозмінах до 40 і 20 % значення знижувалися на 7,4 і 20,2 %.

У шарі ґрунту 10–20 см розкладання полотна відбувалося більш інтенсивно і також залежало від варіантів насичення. Так, при вирощуванні соняшнику у сівозміні з часткою 60 %, у шарі ґрунту 10–20 см активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів була на рівні 35,7 %, що більше порівняно із 40 %-м насиченням на 6,6 %, а з насиченням 20 % на 13,7 % від початкової маси полотна.

Найбільш активною діяльністю мікроорганізмів проходила у нижньому шарі ґрунту 20–30 см, з найвищими значеннями на варіанті з часткою соняшнику 60 %. Так, відсоток розкладеної целюлози від початкової маси становив 45,8 %.

На варіантах з насиченням соняшнику 40 і 20 % інтенсивність розкладання целюлози знизилася на 13,2 і 19 %, відповідно. На нашу думку, активність мікроорганізмів у шарі ґрунту 20–30 см підвищувалася через пізнє збирання соняшнику, більші запаси вологи та кількість рослинних решток порівняно з верхнім шаром ґрунту 0–10 см.

Таким чином, сівозмiна з насиченням соняшнику 60 % забезпечила найбільш сприятливі умови для життєдіяльності целюлозоруйнівних мікроорганізмів в орному шарі чорнозему типового, що пов'язано із великою кількістю його рослинних решток, які накопичувалися у полі впродовж всієї ротації сівозміни. Активність целюлозолітичної активності ґрунту суттєво знижувалася на варіантах з частками соняшнику 20 і 40 %.

3.7. Електропровідність чорнозему типового та вміст водорозчинних солей катіонів залежно від насиченості сівозмiн соняшником

Електропровідність (soil conductivity) – це властивість ґрунту проводити електричний струм, що вимірюється у сименсах на метр (См/м) або мілісименсах на метр (мСм/м). Загалом, електропровідність залежить від великого комплексу факторів та корелює із показниками родючості ґрунту, такими як: вологість, щільність, температура, хіміко-мінералогічний склад, механічний склад, структурний стан ґрунту, рН тощо [86, 181]. Наприклад, пісок має низьку електропровідність, адже дуже погано утримує вологу і промерзає взимку, а глина має помірну вологість і відповідно високу електропровідність.

Сучасний рівень знань не дозволяє оцінити роль електричної провідності ґрунту в його функціонуванні. Питома електропровідність водних суспензій ґрунту є високочутливим індикатором зміни концентрації заряджених частинок – йонів у ґрунтовому середовищі [19]. Різна йонізація ґрунту може впливати на заряд ґрунтових колоїдів та їхню рухомість за профілем [18].

Країни з розвиненим аграрним виробництвом для проведення ґрунтових обстежень і моніторингу в сучасному рослинництві широко використовують електрофізичні методи дослідження, зокрема вимірювання електричної провідності [192]. Завдяки кореляції електропровідності з певним ґрунтовим

показником можна отримати більш об'єктивну та репрезентативну інформацію про зміни ґрунтових властивостей. Електропровідність ґрунту успішно використовується в землеробстві для вимірювання вмісту розчинних солей, вологості та температури ґрунту, концентрації поживних речовин, для оцінки врожайності й оптимізації управління посівами [9, 241, 244, 330].

Враховуючи те, що електропровідність є важливим показником родючості ґрунту, то у науковому середовищі все частіше зустрічаються публікації щодо її визначення у агрофітоценозах, водночас, з'являється більше інформації щодо вмісту водорозчинних солей катіонів у ґрунті. Згідно із запропонованими методиками визначення електропровідності пропонується визначати у водних суспензіях ґрунту (співвідношення ґрунт до дистильованої води – 1:5), а вміст водорозчинних катіонів, зокрема кальцію, натрію і калію у ґрунтовій пасті (ґрунт до дистильованої води 1:1). На нашу думку, це не дуже раціонально, оскільки потребує приготування двох окремих зразків для визначення зазначених показників, а отримані показники електропровідності є недосить інформативними і показовими для чорноземних ґрунтів. Оскільки принцип методу визначення базується на використанні іон-селективних датчиків, тому для оптимізації пропонується проводити сумісне визначення у ґрунтовій пасті.

У наших дослідженнях, електропровідність збільшувалася з глибиною орного шару ґрунту та коливалася у межах від 221 до 302 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (рис. 3.11). Так, найвища електропровідність орного шару ґрунту була зафіксована у полі соняшнику з часткою у сівозміні 20 % – 294 $\mu\text{S}/\text{cm}$, що пов'язано із кращими агроекологічними умовами на цьому варіанті. На варіанті з часткою соняшнику 60 % електропровідність орного шару ґрунту склала 255 $\mu\text{S}/\text{cm}$. На нашу думку, на цей показник вплинули високий уміст водорозчинного кальцію та реакція ґрунтового середовища, про що свідчить високий прямий кореляційний на рівні 0,97.

Із насиченням сівозміни соняшником на 40 % величина питомої електропровідності була найнижчою серед варіантів – 278 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Варто зазначити, що її значення у всіх варіантах по шарах ґрунту розподілялися не

рівномірно і знаходилися у межах від 278 до 384 $\mu\text{S}/\text{cm}$, досягаючи максимальних значень на варіанті з насиченням соняшнику 60 %.

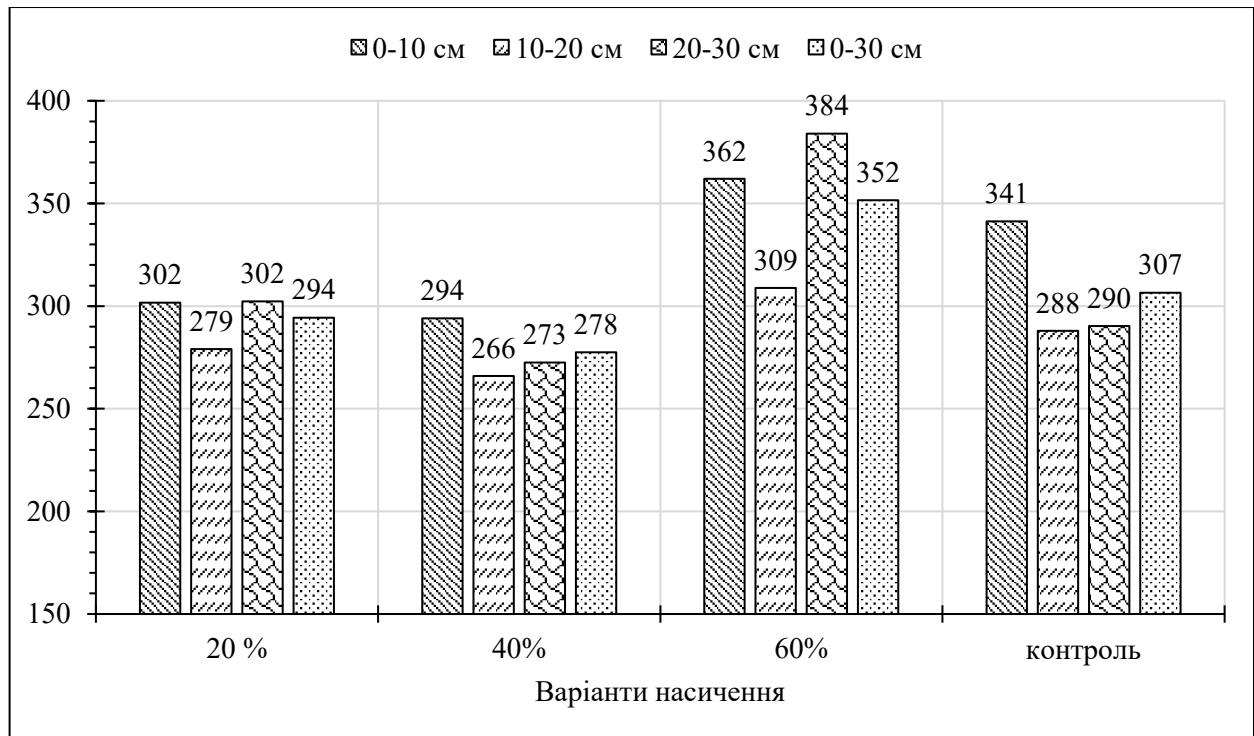


Рис. 3.11. Електропровідність ґрунту залежно від насиченості сівозмін соняшником, $\mu\text{S}/\text{cm}$, ($\text{HIP}_{0,95} = 13\text{--}37$)

Отже, отримані дані показали, що електрична провідність орного шару ґрунту була найвищою на варіанті з часткою соняшнику 60 %, а найнижчою на варіанті з часткою соняшнику 40 %. Підвищені значення цього показника на варіанті з насиченням соняшнику 60 % варто пов'язати із високою концентрацією у ґрунті водорозчинних солей катіону кальцію та слаболужною реакцією ґрунтового середовища.

Основою іонного складу ґрунту є водорозчинні катіони солей Na^+ , Ca^{2+} і K^+ [349]. Окремі дослідження показують, що чорнозем типовий має закономірність до збільшення вмісту водорозчинних солей кальцію, натрію від верхніх до нижніх шарів ґрунту. Найбільші коливання хімічних показників чорнозему типового відбуваються у верхніх досліджуваних шарах [94].

Кальцій визначає реакцію ґрунтового середовища та впливає на біологічну активність ґрунту, сприяє формуванню структури, утворенню в ґрунті сприятливого водно-повітряного режиму, нейтралізує кислі гумусові речовини

грунту [28], забезпечує розвиток кореневої системи, посилює обмін речовин, позитивно впливає на процес перетворення азотовмісних сполук у рослинах, а також відповідає за регуляцію кислотно-основної рівноваги у клітинах рослин [29, 83]. Дефіцит цього катіону в ґрунті може відобразитися на низькій продуктивності сівозмін [18, 178].

Дослідження показали, що водорозчинні солі кальцію по шарах ґрунту розміщувалися не рівномірно, а їх значення по варіантах знаходилися у межах 217–343 мг/л (рис. 3.12).

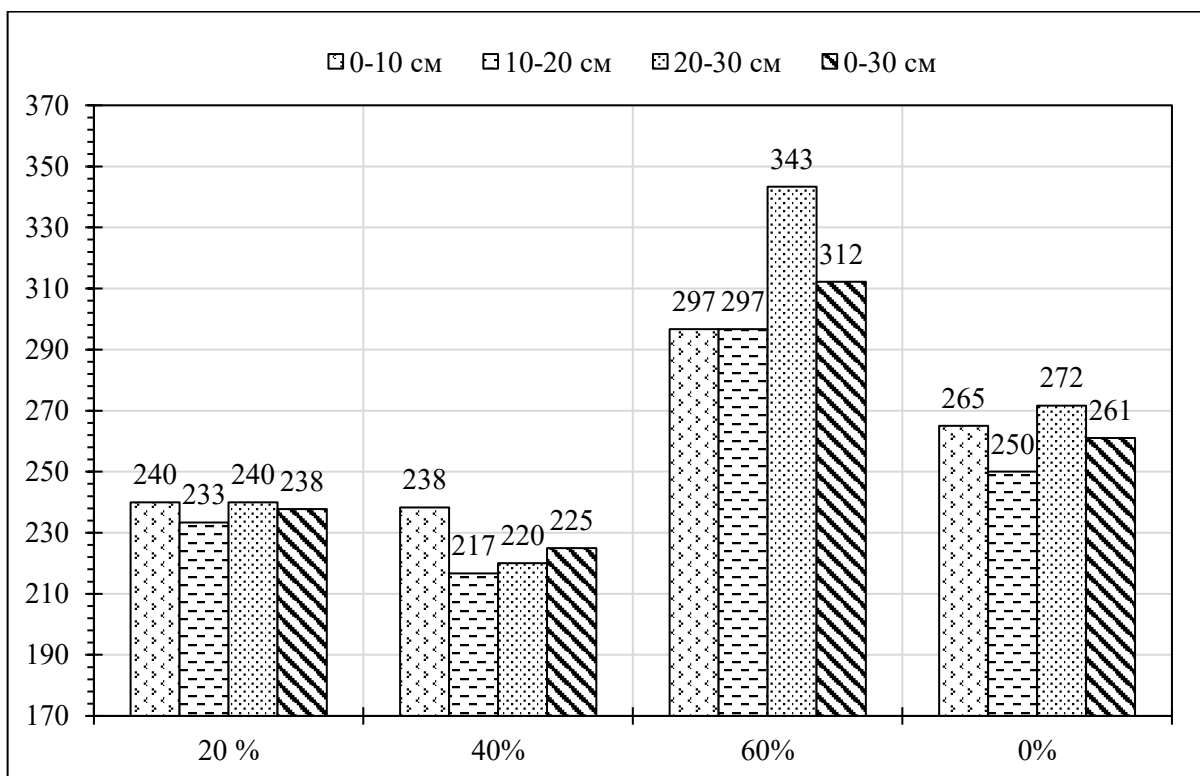


Рис. 3.12. Уміст водорозчинних сполук Ca^{2+} залежно від насиченості сівозмін соняшником, мг/л, ($\text{НІР}_{0,95} = 19\text{--}39$)

Найнижчий уміст водорозчинного кальцію виявлений на варіанті з насиченням соняшнику 40 % по шарах у межах 217–238 мг/л. У полі соняшнику з часткою у сівозміні 20 % відбулося незначне переважання його кількості у середньому на 13 мг/л, водночас, між цими варіантами суттєвої різниці не було виявлено. В орному шарі ґрунту, найвищий вміст водорозчинних солей Ca^{2+} був у посівах соняшнику, який займав 60 % сівозмінної площі – 312 мг/л. На цьому варіанті було виявлено найбільше його накопичення у нижньому шарі ґрунту 20–30 см – 343 мг/л.

Не дивлячись на те, що соняшник класифікується як такий, що демонструє помірну толерантність до солі [221], засоленість ґрунту залишається важливим фактором, який впливає на його ріст і врожайність [344], ускладнюючи рослинам повне використання вологи та поживних речовин [330]. Уміст солей катіонів Na^+ у дослідних варіантах майже не змінювався, це означає, що ґрунт дослідного поля не піддавався засоленню. Водорозчинних солей калію не було виявлено.

Отже, наявні катіони Ca^{2+} корелювали з електропровідністю ґрунту. А підвищення вмісту водорозчинних катіонів кальцію може бути пов'язано із сумарним збільшенням кількості рослинних решток у сівозміні із насиченням сівозміни соняшником 60 %, що у свою чергу призвело до незначного підлугування ґрунту.

Висновки до розділу 3

Досліджено окремі агроекологічні показники родючості чорнозему типового під впливом різного насичення соняшником, за якими було виявлено що:

1. На варіанті з часткою соняшнику 20 % запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–100 см були найвищими – 498 м³/га, що на 113 і 163 м³/га більше порівняно з іншими варіантами. Збільшення частки соняшнику негативно впливало на накопичення вологи по усіх шарах ґрунту, а в цілому забезпеченість вологою у метровому шарі була на незадовільному рівні.

2. Частка соняшнику у сівозміні впливала на витрати води з ґрунту. Так, показник водоспоживання мав максимальне значення на варіанті з насиченням соняшнику 20 % – 3021 м³/га, що є свідченням наявності високих запасів вологи у ґрунті на цьому варіанті. На варіантах з насиченням 40 і 60 % рівень водоспоживання зменшувався на 169 і 285 м³/га.

3. Найбільш раціонально соняшник витрачав вологу на формування врожаю при насиченні 40 %, коефіцієнт водоспоживання дорівнював 911 м³/т. Цей показник дещо збільшився за насичення 20 % – 1004 м³/т. Враховуючи

рівень врожайності, соняшник з часткою 60 % найменш ефективно витрачав вологу на його формування – 1032 м³/т.

4. На варіанті з насиченням соняшнику 20 % щільність складення орного шару ґрунту була найнижчою – 1,07 г/см³. Збільшення його частки у сівозміні до 40 і 60 % спричинило підвищення значень цього показника на 0,03 і 0,04 г/см³, однак за межі оптимальних вони не виходили.

5. Вирощування соняшнику в досліджуваних сівозмінах не створило негативних наслідків на оструктурення ґрунту. На варіанті із насиченням соняшнику 20 % уміст агрономічно цінних агрегатів був найвищим – 65,4 %, що сприяло хорошому його стану. Не було встановлено суттєвої різниці між варіантами насичення соняшником 40 і 60 %. Кількість агрегатів розміром 0,25–10 мм в орному шарі ґрунту була практично на одному рівні – 58,5 і 59,7 %. Для утворення міцної структури на варіанті з насиченням соняшнику 20 % були створені найкращі умови. Кількість водотривких агрегатів на цьому варіанті становила 75,1 %, що відповідає відмінному структурному стану. На варіантах із насиченням 60 і 40 % орний шар ґрунту був у межах хорошого структурного стану: 69,2 і 71,0 %.

6. По усіх варіантах уміст легкогідролізного азоту в орному шарі ґрунту був на низькому рівні, рухомого фосфору на середньому і калію на підвищеному рівнях забезпеченості. Однак, найбільша кількість досліджуваних макроелементів була на варіантах із насиченням соняшнику 20 і 40 %. Так, уміст легкогідролізного азоту в орному шарі ґрунту 137 і 140 мг/кг ґрунту, а рухомого фосфору – 78 і 85 мг/кг ґрунту. На варіанті з насичення 60 % відбулося суттєве зниження кількості N на 8 і P₂O₅ на 17 мг/кг ґрунту. Уміст обмінного калію на варіантах із насиченням соняшнику 20 і 60 % знаходився на одному рівні – 90 мг/кг ґрунту. У ґрунті при насиченні соняшником 40 % визначено збільшення його сполук на 4 мг/кг ґрунту.

7. Насичення соняшником у сівозміні впливало на накопичення у ґрунті поверхневих і кореневих решток, разом з якими у ґрунт поверталася висока кількість сполук калію, дещо нижча азоту і найменша фосфору. Найбільша

кількість азоту та фосфору надходила у ґрунт із рештками соняшника, сівозмінна площа якого займала 20 %. На варіанті із часткою соняшнику 40 %, у полі залишався найбільший об'єм рослинних решток, разом з якими, у ґрунт повернулася велика кількість калію. Найнижчий відсоток повернення елементів живлення відмічено у рештках соняшнику з часткою у сівозміні 60 %.

8. Різниці у значеннях рН на варіантах з насиченням соняшником 20 і 40 % не було встановлено, а реакція ґрунтового розчину була близька до нейтральної. Ґрунт на варіанті з часткою соняшнику 60 % у сівозміні мав слаболужну реакцію – 7,6.

9. Целюлозолітична активність мікроорганізмів в орному шарі ґрунту із насиченням соняшником 60 % була найвищою – 36,95 %. Активність мікробіому в ґрунті була майже на одному рівні у сівозмінах, де соняшник займав 20 і 40 % площі.

10. Електропровідність орного шару ґрунту мала максимальні значення на варіанті з насиченням соняшнику 60 % – 352 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Зниження цього показника відбулося на варіантах, де насичення соняшнику у сівозмінах складало 40 і 20 %. Уміст водорозчинного катіону Ca^{2+} у шарі ґрунту 0–30 см був найвищим на варіанті з насиченням соняшнику 60 % – 312 мг/л, а найнижчим на варіанті з насиченням соняшнику 40 % – 225 мг/л. Варто зазначити, що залишкової кількості водорозчинних солей катіонів K^{+} на всіх варіантах виявлено не було, а наявні водорозчинні солі катіонів Na^{+} не призвели до засоленості ґрунту дослідних варіантів.

РОЗДІЛ 4

УРОЖАЙНІСТЬ І ПРОДУКТИВІСТЬ СОНЯШНИКУ З РІЗНИМ ЙОГО НАСИЧЕННЯМ У СІВОЗМІНАХ КОРОТКОЇ РОТАЦІЇ

Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику, залежить від багатьох чинників, але, перш за все, від погодно-кліматичних умов. Також, важливе значення має пошкодження рослин шкідниками, ураження їх хворобами та засмічення посівів бур'янами [67], адже ці фактори можуть заважати соняшнику реалізувати його генетичний потенціал урожайності [12]. Загалом, фітосанітарний стан залежить від складу і чергування культур у сівозмінах, технології їх вирощування і заходів, спрямованих на захист посівів [153].

А. В. Кохан, П. І. Бойко та А. В. Фокін зазначають, що, у разі, коли соняшник у структурі посівних площ займає 10–13 %, то це дає можливість зменшити запаси спеціалізованих, багатоїдних шкідників, покращити фітосанітарний стан агроценозу [12, 72, 134]. А. В. Кохан зі співавторами встановили чітку залежність зростання ураженості посівів соняшнику хворобами відповідно до збільшення його частки у сівозміні [72]. Ураженість рослин соняшнику хворобами призвела до погіршення їх росту та розвитку, за рахунок чого відбулося зниження врожайності. За частки соняшника у сівозміні 50 % рівень ураженості рослин хворобами був на 31,8 % вище, ніж за насичення 14,3 %. При насичення сівозміни соняшником на 33,3 % відмічено також високий показник захворювання рослин хворобами – 17,7 %. Водночас, найвищі показники врожайності та найменший ступінь ураження хворобами і шкідниками були при його поверненні на попереднє місце через 10 років та при розміщенні у ланці сівозміни чорний пар–пшениця озима–соняшник. Також є дані, які свідчать про те, що збільшення посівних площ соняшнику не призводить до суттєвого зростання чисельності шкідників, які б перевищували економічний поріг шкодочинності [119].

Дослідження фітосанітарного стану посівів соняшнику показали, що зменшення інтервалу повернення соняшнику на попереднє місце вирощування

не призвело до суттєвого зростання чисельності шкідників чи надмірної забур'яненості (у тому числі вовчка соняшникового), які б мали вплив на його продуктивність. Однак, у варіанті з насиченням 60 % було виявлено ураженість рослин соняшнику бурюю іржею. На четвертий рік досліджень (2023 р.), у полі з насиченням соняшнику 60 %, окрім бурюї іржі, було виявлено на стеблах соняшнику поширення фомозу. Щодо наслідків його впливу на врожайність можна буде робити висновки у кінці вегетації соняшнику.

Вирощування соняшнику у системі сівозмін забезпечує стійкість рослин до негативних факторів навколишнього середовища та підвищує їх продуктивність [196, 205]. Окрім цього, високий рівень агротехнічних заходів, дотримання науково-обґрунтованих сівозмін, використання високопродуктивних гібридів дозволяють насичувати польові сівозміни соняшником на рівні 14–15 %, а іноді й до 20 %. Вважається, що при такій його частці у сівозміні не відбувається значного зниження продуктивності як самого соняшника, так і сівозміни у цілому [1]. Сівозміни із насиченням 33,3 і 25 % можуть забезпечити урожайність соняшнику на рівні 2,49–2,61 т/га. А завдяки насиченню сівозмін соняшником на 20 і 14,3 % можна отримати досить високу врожайність: 2,70 та 2,75 т/га. У разі збільшення його частки у сівозміні до 50 % відбувається зниження врожайності насіння соняшнику на 0,55 і 0,27 т/га [70].

У середньому за 2020–2022 рр. виявлено підвищення врожайності соняшнику на варіантах з насиченням 20 і 40 % – 3,01 і 3,13 т/га, що пов'язано із оптимальними агрофізичними, агрохімічними та водно-фізичними показниками родючості ґрунту на цих варіантах (табл. 4.1). При насиченні 60 % відбулося зниження його врожайності на 0,47 т/га.

У 2020 р. найвищий рівень врожайності насіння соняшнику був на варіантах із насиченням 20 і 40 % – 3,17 і 3,20 т/га. Дещо менше було отримано насіння соняшнику при насиченні 60 % – 2,75 т/га. Урожайність соняшнику у 2021 р. коливалася у межах від 2,66 до 2,86 т/га, з найвищим її значенням на варіанті насичення 40 %.

Таблиця 4.1

Урожайність соняшнику залежно від насиченості ним сівозміни, т/га

Частка соняшнику у сівозміні, %	Роки досліджень			
	2020	2021	2022	2020–2022
20	3,17	2,66	3,21	3,01
40	3,20	2,86	3,34	3,13
60	2,75	2,69	2,52	2,65
НІР _{0,95}	0,68	0,46	0,10	

Однією з основних оцінок сівозміни є кількість продукції з одиниці площі. Для цього нами проведено розрахунки виходу кормових одиниць і перетравного протеїну з одного гектара посіву. Як абсолютний узагальнюючий показник розраховано вміст умовних кормопротеїнових одиниць з одного гектара посіву.

Розрахунки виходу кормопротеїнових одиниць показали, що продуктивність соняшнику, значною мірою, залежала від його врожайності та інтервалу повернення на попереднє місце вирощування. Висока продуктивність насіння соняшнику була забезпечена при розміщенні його у сівозмінах з насиченням від 20 до 40 % і становила: кормових одиниць – 2,30–2,39, перетравного протеїну – 0,83–0,87 і кормопротеїнових одиниць – 5,31–5,52 т/га (рис. 4.1).

Найнижча поживність соняшнику (2,03 т кормових одиниць, 0,74 т перетравного протеїну і 4,69 т кормопротеїнових одиниць), а також невисока його врожайність у сівозміні з насиченням 60 % призвели до зниження його продуктивності. Таким чином, щоб забезпечити продуктивність соняшнику на достатньому рівні, його посівну площу у сівозміні не слід перевищувати 40 %.

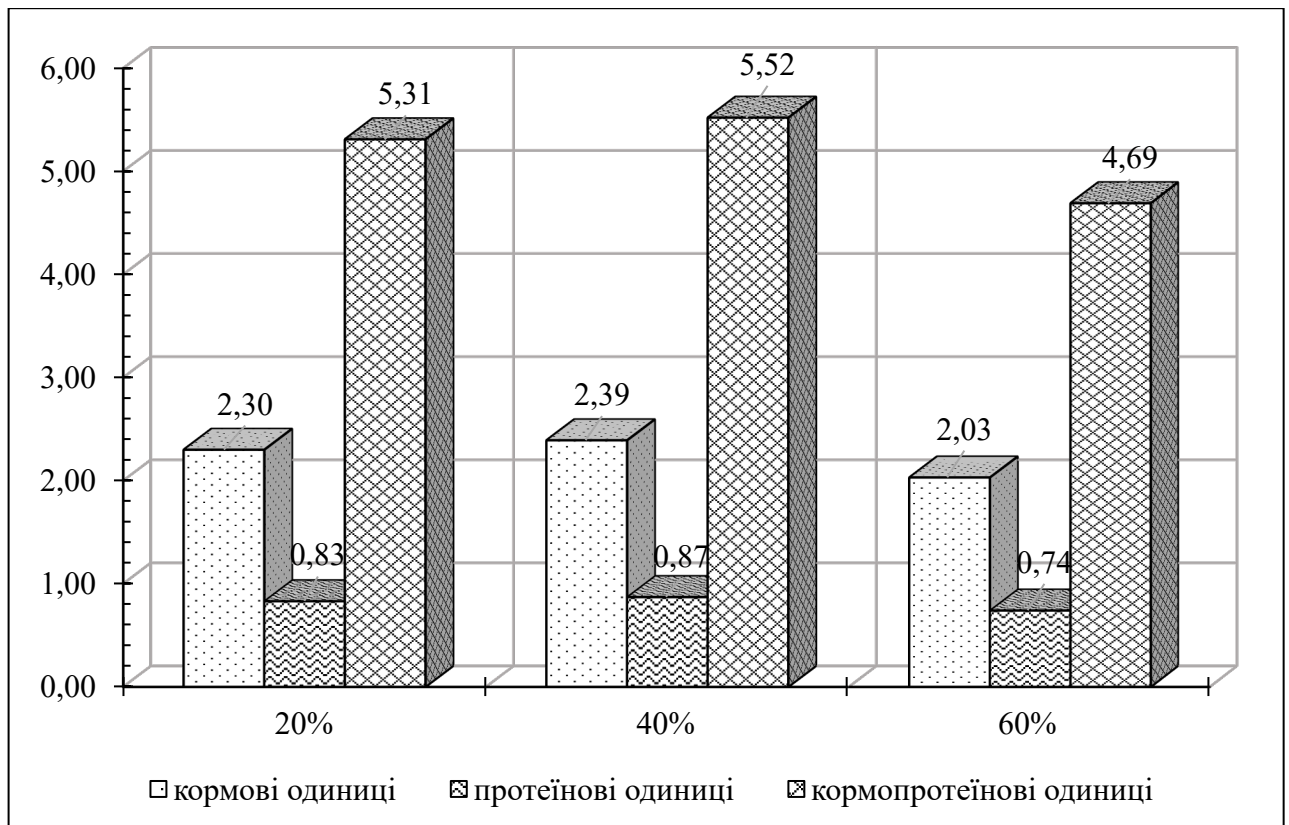


Рис. 4.1. Продуктивність соняшнику залежно від його насичення у сівозмінах, т/га (у середньому за 2020–2022 рр.)

Дані врожайності сільськогосподарських культур у досліджуваних сівозмінах свідчили про те, що найбільш чутливою до збільшення посівної площі соняшника у сівозміні була пшениця озима, яка забезпечила найвищий рівень врожайності у сівозмінах з його насиченням 20 і 40 %: 5,83 і 5,12 т/га (табл. 4.2). Водночас, із збільшення частки соняшнику у сівозміні до 60 % урожайність пшениці озимої знизилась на 1,47 т/га.

Від частки соняшнику в сівозміні залежала й урожайність жита озимого. Серед попередників жита озимого кукурудза мала перевагу в сівозміні з насиченням соняшником 20 %, після якої врожайність зерна становила 3,13 т/га. До зменшення врожайності жита озимого на 0,11 і 0,16 т/га призвело розміщення його після соняшнику в сівозмінах з частками 40 і 60 %.

Таблиця 4.2

Урожайність культур у сівозмінах залежно від насиченості сояшником, т/га
(середнє за 2020–2022 рр.)

Насичення сояшником 20 %				
Горох	Пшениця озима	Кукурудза	Жито озиме	Сояшник
2,18	5,83	3,65	3,13	3,01
Насичення сояшником 40 %				
Горох	Пшениця озима	Сояшник	Жито озиме	Сояшник
2,07	5,12	3,17	3,02	3,13
Насичення сояшником 60 %				
Сояшник	Пшениця озима	Сояшник	Жито озиме	Сояшник
2,42	4,36	2,73	2,97	2,66

Таким чином, урожайність сояшнику залежала від насичення у сівозміні. Найвищий врожай сояшнику отримали на варіанті з часткою у сівозміні 40 %, а при насиченні 60 % відбулося значне його зниження.

Нами було проведено розрахунки порівняльної оцінки продуктивності сівозмін залежно від насичення сояшнику. У сівозміні з насиченням сояшником 20 % збір з 1 га площі становив: 3,84 к. од., 0,54 п. п. і 4,71 к.-п. од. (табл. 4.3). У сівозміні з насиченням сояшнику 40 і 60 % вихід кормових одиниць дещо знизився на 0,28 і 0,56 т/га, а перетравного протеїну навпаки підвищився на 0,17 і 0,19 т/га. На цих варіантах збір кормопротеїнових одиниць знаходився майже на одному рівні і становив – 5,31 і 5,34 т/га.

Варто зазначити, що найвищу врожайність зернових культур одержано у сівозміні з насиченням сояшником 20 %. Так, продуктивність пшениці озимої була найбільшою при вирощуванні її після гороху, вихід кормових одиниць становив 7,00 т/га, перетравного протеїну 0,87 і кормопротеїнових одиниць 7,87 т/га. У сівозміні з насиченням сояшником 40 % її продуктивність знизилася

на 0,86 т к. од./га, 0,11 п. п. т/га і 0,87 т к.-п. од./га, а в сівозміні з насиченням 60 % – на 1,77 т к. од./га, 0,22 п. п. т/га і 1,98 т к.-п. од./га одиниць.

Таблиця 4.3

Загальна продуктивність сівозмін із різним насиченням соняшнику

Сівозміни	Вихід з основної продукції з 1 га сівозмінної площі		
	кормових одиниць	перетравного протеїну	кормопротеїнові одиниці
Горох	2,55	0,42	3,40
Пшениця озима	7,00	0,87	7,87
Кукурудза	3,65	0,29	3,83
Жито озиме	3,69	0,26	3,16
Соняшник	2,30	0,83	5,31
Середнє у сівозміні	3,84	0,54	4,71
Горох	2,42	0,40	3,23
Пшениця озима	6,14	0,76	6,91
Соняшник	3,46	1,26	7,99
Жито озиме	3,56	0,25	3,05
Соняшник	2,39	0,87	5,52
Середнє у сівозміні	3,56	0,71	5,34
Соняшник	2,64	0,96	6,10
Пшениця озима	5,23	0,65	5,89
Соняшник	2,98	1,08	6,88
Жито озиме	3,50	0,25	3,00
Соняшник	2,03	0,74	4,69
Середнє у сівозміні	3,28	0,73	5,31

Найвищий рівень продуктивності гороху був у сівозміні з насиченням соняшнику 20 %. Так, вихід кормових одиниць становив 2,55 т/га, перетравного протеїну – 0,42 і кормопротеїнових одиниць – 3,40 т/га. На варіанті з насиченням соняшнику 40 % відбулося незначне зниження цих показників на 0,13, 0,02 і 0,17 т/га.

У сівозміні з насиченням соняшнику 20 % посіви жита озимого забезпечили збір кормових, кормопротеїнових одиниць і перетравного протеїну на рівні 3,69, 0,26 і 3,16 т/га. У варіантах з насиченням соняшником 60 і 40 % продуктивність жита озимого була майже на одному рівні, при цьому вихід

кормових одиниць з 1 га становив 3,50 і 3,56 т, перетравного протеїну – 0,25 т і кормопропротеїнових одиниць – 3,00 і 3,05 т.

Отже, насичення сівозмін сояшником впливало на загальну їх продуктивність. Так, найбільший вихід кормопропротеїнових одиниць був на варіантах з насичення сояшнику 40 і 60 %, а найнижчий у сівозміні з його часткою 20 %.

Висновки до розділу 4

Встановлено, що врожайність і продуктивність сояшнику залежала від насиченості ним сівозмін. Найвищу врожайність насіння сояшник сформував у сівозмінах з насиченням 20 і 40% – 3,01 і 3,13 т/га, а найнижчу на варіанті з насиченням 60 % – 2,66 т/га. Сівозміни з частками сояшнику 40 і 60 % мали найвищу продуктивність – вихід кормопропротеїнових одиниць склав 5,31 і 5,34 т/га. Деяко гіршим цей показник був на варіанті з часткою сояшнику 20 % – 4,71 т/га.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН З РІЗНИМ НАСИЧЕННЯМ СОНЯШНИКУ

5.1. Економічна ефективність сівозмін залежно від насиченості соняшником

Економічна ефективність вирощування соняшнику залежить від складного комплексу природно-економічних, технологічних, науково-технічних та інших факторів, водночас, необхідно враховувати високий рівень вимог до умов його вирощування, можливість розповсюдження збудників хвороб, що може призвести до значних втрат урожаю та погіршення якості насіння тощо [66]. Економічно вигідними можна вважати такі технології, які передбачають менші об'єми енерговитрат на виробництво одиниці продукції при одночасному формуванні рослинами максимальної продуктивності [120].

Перехід виробництва на вирощування високопродуктивних гібридів соняшнику та оптимізація строків його сівби дають можливість істотно поліпшити прибутковість виробництва, знизити собівартість отриманого насіння і підвищити рівень рентабельності [2]. Але це можна забезпечити лише в тому разі, коли темпи підвищення врожайності цієї культури випереджають зростання виробничих витрат на 1 гектар її посіву [101].

В останній час рівень розвитку господарств визначається, насамперед, обсягами виробництва соняшнику, що в свою чергу залежить від розмірів посівних площ, їх структури та врожайності [99]. Вища питома вага високоврожайних культур у структурі посівних площ дає змогу, навіть, при меншій площі посіву одержувати значно більший валовий збір. Так само вищий рівень урожайності соняшнику забезпечує збільшення валового його виробництва [89]. Проте, зважаючи на перерозподіл посівних площ, щороку вартість комплексу виконання польових робіт зростає через підвищення орендної плати за земельні частки (паї), здорожчання пально-мастильних матеріалів, мінеральних добрив, засобів захисту рослин, підвищення заробітної

плати працівників, задіяних у виробничому процесі, тобто в частині найбільш вартісних витрат [118].

Насичення сівозмін сояшником призводить до суттєвого корегування економічних показників виробництва всіх культур. Максимальний економічний ефект може забезпечити сівозміна з питомою вагою сояшнику 20 %, у разі збільшення насиченості до 50 % рентабельність його виробництва може знижуватися від 162 до 56 % [145, 243].

Однак, економічне домінування сояшнику є лише однобоким трактуванням ситуації, яке викривляє уявлення про загальний позитивний результат і стає на заваді вирішенню ряду стратегічних питань екологічного та продовольчого характеру [145]. Це підтверджується раніше проведеними дослідженнями, які констатують, що сояшник можна вирощувати в агроекологічних системах землеробства з хорошими економічними показниками та низьким впливом на навколишнє середовище, завдяки значному скороченню використання хімічних засобів захисту [196, 197, 200, 296, 307]. Однак, саме вирощування у сівозміні може поліпшити врожайність і якість насіння сояшнику, тим самим забезпечивши більш високий прибуток [224, 264].

Розрахунки економічної ефективності показали, що з урахуванням високої вартості сояшнику найвищий умовно чистий прибуток був у варіантах з насиченням 20 і 40 % – 15336–15597 грн/га (табл. 5.1). Варто зазначити, що виробничі витрати на вирощування сояшнику були найнижчими та знаходилися майже на одному рівні у варіантах з насиченням 20 і 60 % – 12115–12140 грн. У варіанті з насиченням сояшнику 40 % цей показник був вищим на 830–859 грн. Економічна оцінка сівозміни з насиченням 60 % свідчить про зниження рівня рентабельності через зниження умовно чистого прибутку та собівартості продукції сояшнику. Порівняно з іншими варіантами, прибуток від вирощування сояшника у цій сівозміні знизився приблизно в 1,3 рази. А рівень рентабельності становив 100,4 %.

Проаналізувавши економічні показники сівозміни з насиченням сояшнику 40 %, варто зазначити, що сояшник забезпечував високий умовно

чистий прибуток. Причому, у перший рік його вирощування цей показник був найвищим – 15825 грн/га, а ще через рік він знизився лише на 228 грн.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність короткоротаційних сівозмін з різним насиченням соняшнику, у розрахунку на 1 га (у середньому за 2020–2022 рр.)

Частка соняшнику, %	Чергування культур	Показники					
		Урожайність, т	Вартість продукції, грн	Виробничі витрати, грн	Собівартість, грн	Умовно чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
20	горох	2,18	12174	11247	5159	927	8,2
	пшениця озима	5,83	24334	15020	2576	9314	62,0
	кукурудза	3,65	22112	19978	5473	2134	10,7
	жито озиме	3,13	16589	13374	4273	3215	24,0
	соняшник	3,01	27476	12140	4033	15336	126,3
40	горох	2,07	11560	11117	5371	443	4,0
	пшениця озима	5,12	21376	14142	2762	7234	51,2
	соняшник	3,17	28936	13111	4136	15825	120,7
	жито озиме	3,02	16006	13133	4349	2873	21,9
	соняшник	3,13	28571	12974	4145	15597	120,2
60	соняшник	2,42	22090	11967	4945	10123	84,6
	пшениця озима	4,36	20332	14404	3304	5928	41,2
	соняшник	2,73	24919	12129	4443	12790	105,4
	жито озиме	2,97	14681	11198	3770	3483	31,1
	соняшник	2,66	24281	12115	4555	12166	100,4

Слід відмітити, що умовно чистий прибуток при вирощуванні соняшнику у цій сівозміні був на рівні з насиченням 20 %, а рівень рентабельності склав

більше 120 %. Насичення сівозміни соняшником на 60 % зумовило зниження цього показника на 6250 грн/га. До найважливіших економічних показників, які характеризують ефективність діяльності підприємств відносять рівень рентабельності. Він означає прибутковість підприємства. Рентабельність належить до показників, що характеризує економічну ефективність діяльності підприємства. У ньому відображаються результати затрат живої праці, ступінь використання засобів виробництва, якість реалізованої продукції, рівень організації виробництва тощо [56]. Рентабельно працює підприємство тоді, коли воно отримало надлишок над витратами на виробництво продукції у вигляді доходу. Доходом підприємства є частина вартості валової продукції, що залишилася після відшкодування затрат на її виробництво [51].

Серед варіантів, що вивчалися, найвищий умовно чистий прибуток з 1 га отримали у сівозміні з часткою соняшнику 60 % – 8898,0 грн/га, що зробило її найбільш рентабельною – 72,5 % (рис. 5.1).

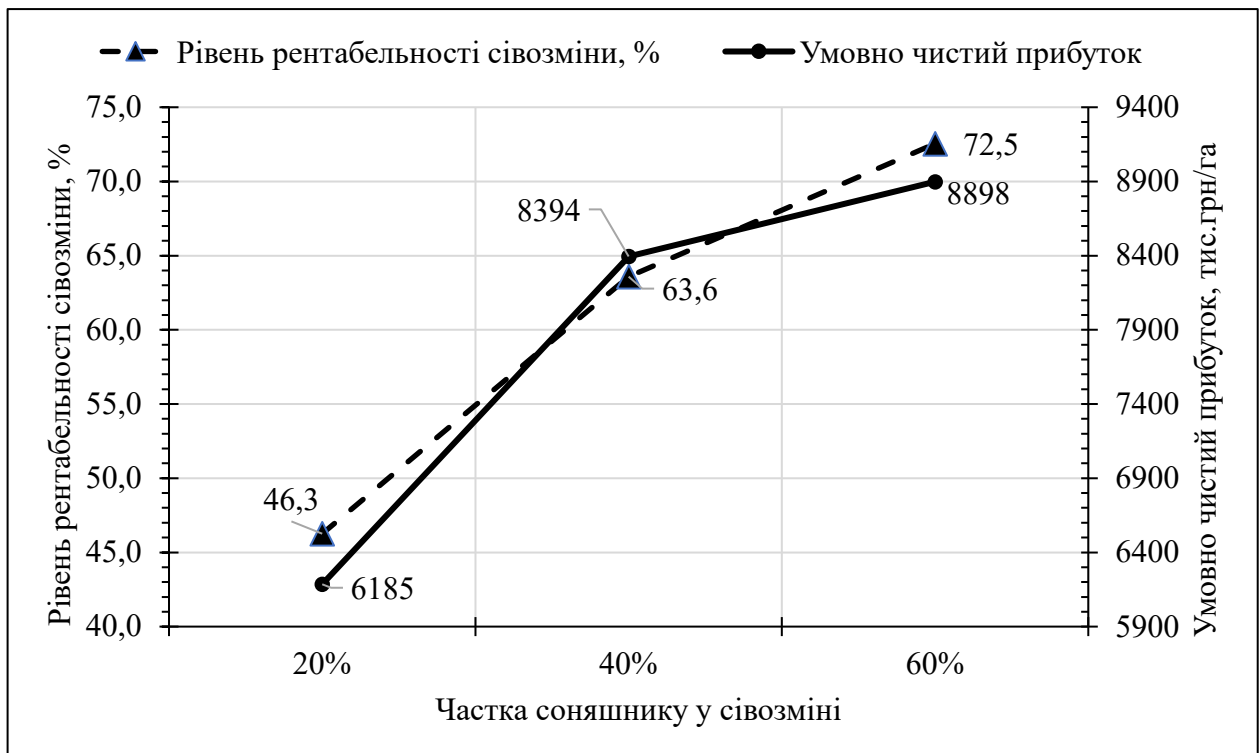


Рис. 5.1. Економічна ефективність короткоротаційних сівозмін з різним насиченням соняшнику (середнє за 2020–2022 рр.)

Зниження частки соняшнику до 40 % знизило умовно чистий прибуток на 503 грн, а рентабельність сівозміни на 8,9 %. Сівозміна з насиченням

соняшником 20 % була найменш рентабельною – 46,3 %, а умовно чистий прибуток склав 6185,2 грн. Таким чином, економічна ефективність короткоротаційних сівозмін залежала від ступеня їх насичення соняшником. За рахунок високої урожайності соняшнику у варіантах з насиченням 20 і 40 % було отримано високий умовно чистий прибуток з рівнем рентабельності більше 120 %. У варіанті з насиченням соняшнику 60 % ці показники були найнижчими. Загалом, найбільш рентабельною була сівозміна з насиченням соняшником 60 % – 73 %, а найменш – з насиченням 20 %.

5.2. Енергетична ефективність використання короткоротаційних сівозмін з різним насиченням соняшнику

Енергетична оцінка базується на застосуванні показника витрат сукупної енергії та визначає величину продуктивності агрофітоценозів [7]. У землеробстві економія витрат сукупної енергії на одиницю продукції досягається за рахунок впровадження ресурсозберігаючих інтенсивних технологій.

Соняшник є головною культурою всього аграрного комплексу, який забезпечує стабільно високий економічний потенціал. Важливим при вирощуванні соняшника є контроль виробничих процесів за допомогою системи взаємопов'язаних показників енергетичної ефективності. Найбільші витрати енергії припадають на машини й обладнання – 29,52 %. Також дуже високий рівень витрат сукупної енергії відбувається за рахунок насіння і пестицидів, паливно-мастильних матеріалів, сільськогосподарської техніки та добрив [3]. Енергоємність сівозмін може змінюватися залежно від складу вирощуваних культур і рівня їх продуктивності. Також використання при вирощуванні культур сівозміни мінеральних та органічних добрив збільшує показник енерговитрат у два рази [7].

Оцінка енергетичної ефективності окремих технологічних заходів на етапі їх розробки необхідна для того, щоб пропонувати виробництву найбільш енергоощадні їх варіанти. Тому для ефективного ведення сільського господарства необхідно проводити енергетичний аналіз вирощування сільськогосподарських культур. Виробництво соняшнику вигідне з енергетичної

точки зору, оскільки коефіцієнт енергетичної ефективності набагато більший одиниці [60]. Наприклад, у дослідях Г. В. Пінковського та С. П. Танчика, коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування соняшнику знаходився у межах 3–4 [103].

У наших дослідженнях, проведена енергетична оцінка за рівнем енергетичних витрат, акумульованої енергії врожаєм, а також визначено коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}). Енергетичну оцінку визначали за технологічними картами через підрахунки витрат енергії на вирощування культури на площі 1 га та енергоємність урожаю, що виражається коефіцієнтом енергетичної ефективності (K_{ee}), який, у свою чергу, визначали співвідношенням енергії врожаю й енергоємності агротехнологій. Такий аналіз необхідний для визначення ступеня використання добрив, пестицидів, палива, різних типів автомобілів, причіпного знаряддя, природних ресурсів, ґрунтово-кліматичних умов, сонячної радіації, які впливають на родючість ґрунту та формування врожаю.

Нашими дослідженнями визначено, що витрати енергії на сівозміни з частками соняшнику 40 і 60 % знаходилися практично на одному рівні та коливалися в межах 24994–25006 МДж/га (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Енергетична ефективність короткоротаційних сівозмін з різним насиченням соняшнику (в розрахунку на 1 га)

Показник	Частка соняшнику у сівозміні, %		
	20	40	60
Продуктивність сівозміни, т к.-п. од.	4,35	4,09	3,77
Енергетичні витрати, МДж	25664	25006	24994
Енергоємність урожаю, МДж/т	77798	68581	65042
Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee})	3,03	2,74	2,60

Сівозміна з насиченням соняшнику 60 % забезпечила низькі витрати енергії, при цьому було отримано мінімальну енергоємність урожаю – 65042 МДж/т. Зниження частки соняшнику в сівозмінах до 20 % підвищувало цей показник у 1,2 рази. За даними О. К. Медведовського [92], коефіцієнт енергетичної ефективності повинен бути не менше 2. За таких показників вихід валової енергії з урожаєм перевищує витрати сукупної енергії. У досліджуваних нами варіантах, К_е був найвищим у сівозміні з часткою соняшнику 20 % (3,03). Поступове зниження цього показника відбувалося зі збільшенням частки соняшнику у сівозміні до 40 і 60 %: 2,74 і 2,60. Це свідчить про те, що кожна одиниця додаткових витрат на вирощування соняшнику окупається меншою віддачею у вигляді енергії врожаю.

Отже, найменші витрати енергії на вирощування 1 т насіння соняшнику були на варіанті з насиченням у сівозміні 60 %. Найвище значення енергоємності визначено на варіанті з насиченням сівозміни соняшником 20 %.

Висновки до розділу 5

У варіантах з насиченням соняшнику 20 і 40 % отримали найвищий умовно чистий прибуток – 15336–15597 грн і рівень рентабельності – 120–126 %. Рентабельність вирощування соняшнику у сівозміні з насиченням 60 % була на рівні 100 %. Вирощування соняшнику у сівозміні з часткою 20 % зумовило високу енергоємність урожаю – 77798 МДж/т та найбільші енерговитрати – 25664 МДж/т. На варіанті з часткою соняшнику 60 % визначено низьку енергоємність – 65042 МДж/т та низькі витрати енергії – 24994 МДж/т.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведені результати щодо впливу вирощування соняшнику на агроекологічні показники родючості чорнозему типового, урожайності та продуктивності в умовах Лівобережного Лісостепу України. Виявлено залежність цих показників від його насичення у короткоротаційних сівозмінах, що проявлялося у наступному:

1. Для варіанту з насичення соняшнику 20 % були характерними високі рівні зволоженості півтораметрового шару ґрунту – 797 м³/га та водоспоживання – 3021 м³/га. Збільшення частки соняшнику у сівозміні до 40 % знизило ці показники на 180 і 170 м³/га. Гірші умови зволоження ґрунту склалися на варіанті з часткою соняшнику у сівозміні 60 %, при якій запаси вологи становили 495 м³/га, витрати води були на рівні 2736 м³/га, а коефіцієнт водоспоживання 1032 м³/т. У цілому для формування врожаю на рівні 3,01–3,13 т/га, соняшник у сівозмінах з частками 20 і 40 % найбільш ефективно використав вологу з ґрунту – 911–1004 м³/т.

2. За агрофізичними показниками родючості ґрунту було встановлено:

– щільність складення орного шару ґрунту була найнижчою на варіанті з часткою соняшнику 20 % – 1,07 г/см³, а найвищою на варіанті з часткою 60 % – 1,11 г/см³. Однак, цей показник був у межах оптимальних значень для вирощування соняшнику;

– згідно розрахунків коефіцієнта структурності (1,2), кращий структурний стан орного шару чорнозему типового сформувався на варіанті з насиченням соняшнику 20 %, де кількість структурних агрономічно цінних агрегатів розміром 0,25–10 мм склала 65,4 %, а водотривких – 75,1 %. У варіантах насичення соняшником 60 і 40 % зафіксовано зниження вмісту повітряно-сухих і водотривких агрегатів про, що свідчить коефіцієнт структурності на рівні 1,1.

3. Аналіз агрохімічних показників засвідчив, що ґрунт під посівами соняшника мав низьку забезпеченість легкогідролізним азотом, середню забезпеченість рухомим фосфором та підвищену – обмінним калієм:

– уміст легкогідролізного азоту був найвищим на варіантах насичення соняшнику 20 і 40 % – 137–140 мг/кг ґрунту. Значне зниження кількості його сполук в орному шарі ґрунту відбулося на варіанті із насиченням 60 % – 132 мг/кг ґрунту.

– уміст рухомого фосфору в орному шарі ґрунту знаходився у кількості 85 мг/кг ґрунту на варіанті з насиченням 40 %, дещо менший уміст – на варіанті з часткою соняшнику 20 % – 78 мг/кг ґрунту, а на варіанті з часткою соняшнику 60 % його кількість знизилася у 1,3 рази до 68 мг/кг ґрунту.

– уміст обмінного калію у ґрунті не мав істотної різниці між варіантами і знаходився у межах 90–94 мг/кг ґрунту з найвищим його значення на варіанті з насиченням соняшником 40 %.

– кількість поживних елементів у рослинних рештках соняшнику залежала від його насичення у сівозміні. Найбільша кількість азоту була визначена у кошиках – 0,67 % на суху масу, а фосфору у стеблах (0,28 % на суху масу) з часткою у сівозміні 20 %. Варто зазначити, що у корінні сполуки азоту були майже на одному рівні по усіх варіантах насичення – 0,35–0,47 % на суху масу, а сполуки фосфору у межах 0,04–0,22 % на суху масу зі збільшенням його кількості на варіанті з часткою соняшнику 60 %. У рослинних рештках соняшнику сполук калію було визначено найбільше. Так, у кошиках їх кількість становила 4,46–8,56 % на суху масу, у стеблах – 1,25–1,99, а у корінні – 0,48–0,96 % на суху масу.

4. рН ґрунту на варіантах з частками соняшнику 20 і 40 % був близький до нейтрального – 7,2. На варіанті з насиченням 60 % реакція ґрунтового середовища збільшувалася до слаболужної – 7,6.

5. Найкраще мікробіологічні процеси протікали в орному шарі ґрунту на варіанті з насиченням соняшнику 60 %. Розкладання целюлози на цьому варіанті було на рівні 37,0 %. Низька інтенсивність целюлозоруйнівних мікроорганізмів була зафіксована на варіанті за насичення соняшником 20 %, частка розкладеного полотна становила 19,3 %.

6. Електрофізичні властивості ґрунту були представлені високим показником електропровідності орного шару ґрунту на варіанті з насиченням соняшнику 60 % – 352 $\mu\text{S}/\text{cm}$ та, порівняно, низьким на варіантах з частками 40 і 20 %: 278 і 294 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Уміст водорозчинного катіону Ca^{2+} був найвищим на варіанті з насиченням соняшнику 60 % – 312 мг/л, а найнижчим на варіанті з насиченням соняшнику 40 % – 225 мг/л.

7. Найвищу урожайність та продуктивність соняшника було отримано при насиченні 20 і 40 %. Рівень врожаю, при цьому, склав 3,01 і 3,13 т/га, а вихід кормопротейінових одиниць – 5,31 і 5,52 т/га. На варіанті з часткою у сівозміні 60 % було отримано 2,65 т/га насіння і, відповідно, 4,69 т к.-п. од./га. Варто зазначити, що загальна продуктивність сівозмін була найвищою на варіантах з насиченням 60 і 40 %, збір кормопротейінових одиниць становив 5,31 і 5,34 т/га.

8. Рентабельність вирощування соняшнику залежно від його частки у сівозміні знаходилася у межах 100–126 %, з найвищим значенням на варіанті з насиченням 20 і 40 %. Енергетична оцінка засвідчила ефективність вирощування соняшнику в усіх досліджуваних варіантах, при цьому, K_{ee} дорівнював 2,60–3,03.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для забезпечення стійкості та ефективності сільськогосподарського виробництва в умовах Лівобережного Лісостепу України, рекомендовано насичувати короткоротаційні сівозміни соняшником від 20 до 40 %. Таке насичення не матиме негативного впливу на агроекологічні показники родючості ґрунту, а також забезпечить рівень рентабельності вище 120 %, що дозволить господарствам збільшити свій дохід.

Рекомендовано використовувати матеріали дисертації у навчальному процесі під час вивчення дисциплін «Землеробство» та «Системи землеробства» у вищих навчальних закладах III, IV рівнів акредитації зокрема ввести розділ «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрономічні аспекти екологічно безпечного землеробства: монографія / Кохан А. В., Фролов С. О., Швартау В. В., Глущенко Л. Д., Гангур В. В., Самойленко О. А., Лень О. І., Олєпир Р. В.; за ред. А.В. Кохана. Полтава: Дивосвіт, 2016. 120 с.
2. Андрієнко А. Л. Вплив строків сівби на продуктивність гібридів соняшнику в північному Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 165–170.
3. Базалій В. В., Гонтарук В. Т. Енергетична оцінка елементів технології вирощування гібридного насіння соняшнику на зрошуваних землях півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2012. № 81. С. 3–8.
4. Балюк С. А., Трускавецький Р. С., Ромащенко М. І. Сучасна парадигма, систематика та проблеми інноваційного розвитку меліорації земель. *Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвипуск*. Харків, 2014. Кн. 1. С. 24–38.
5. Бараненко С., Біленко О. П. Допустимий поріг насичення польових сівозмін соняшником. *Наукові основи сучасних агротехнологій: матеріали VI наук.-практич. інтернет-конф. (25–26 квітня 2018 р.)*. Полтава. 2018. С. 7–8.
6. Барвінський А. В. Роль вапнування в захисті кислих ґрунтів правобережного Полісся та Лісостепу від фізичної деградації. *Агрохімія та ґрунтознавство. Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України. Спецвипуск*. Харків, 2002. Кн. 2. С. 223–225.
7. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва / Ю. О. Тараріко та ін.; за ред. Ю. О. Тараріка. Київ: Аграрна наука, 2005. 200 с.
8. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Бородань В. О. Місце та строки повернення соняшника в сівозміні. *Вісник Черкаського університету АПВ*. Вип. 4. С. 244–257.
9. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Опара, М. М. Ефективні різноротаційні сівозміни у сучасному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 20–32.

10. Бойко П. І. Коваленко Н. П. Методика сучасних і перспективних досліджень в землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 2. С. 11–17.
11. Бойко П., Бородань В. Вирощування соняшнику в сівозмінах. *Пропозиція*. 2000. № 4. С. 36–38.
12. Бойко П., Коваленко Н. Концентрація і розміщення культур у сівозмінах. *Пропозиція*. 2015. № 12. С. 74–78. URL: <https://propozitsiya.com/ua/koncentraciya-i-rozmishchennya-kultur-u-sivozminah>.
13. Бомба М. Я., Періг Г. Т., Рижук С. М. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроєкології. Київ: Урожай, 2003. 400 с.
14. Брагін О. М., Чуйко Д. В. Способи підвищення продуктивності ліній соняшника та інших сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту. *Вісник ХНАУ. Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво*. 2019. С. 107–117.
15. Бритвенко А. С. Напрями розвитку і підвищення економічної ефективності виробництва та переробки соняшнику в регіонах України. *Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу*. 2013. № 2. С. 110–113.
16. Буяновський А. О., Тортік М. Й. Структурно-агрегатний склад чорноземів звичайних Тарутинського степу за різних умов їх використання. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво*. № 122. 2021. С. 3–10.
17. Вплив температур та вологості на розвиток соняшнику. *Агрономія сьогодні*. 2017. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8836-vplyv-temperatur-ta-volohosti-na-rozvytok-soniashnyku.html>.
18. Гамкало З. Г. Електропровідність сірого лісового ґрунту західного Лісостепу залежно від агрохемогенного впливу. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2004. № 26. С. 122–129.
19. Гамкало З. Г., Бедернічек Т. Ю., Партика Т. В., Партем Ю. П. Питома електропровідність водних суспензій ґрунту як експрес-критерій ґрунтової діагностики. *Біологічні системи*. 2012. № 4. С. 16–19.

20. Гепенко О. В. Целюлозолітична активність ґрунту в різних короткоротаційних сівозмінах. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*. 2013. № 1. С. 176–180.
21. Гончаров О. Найчастіше – гірше? Соняшник і родючість ґрунту. *Зерно*. 2016. № 9. С. 30–44.
22. Горбатенко А., Чабан В., Судак В., Десятник Л., Семенов С. Соняшник у сівозміні. *Агрономія сьогодні*. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/oliini/1712-soniashnyk-u-sivozmini.html>.
23. Гордієнко В. П., Геркіял О. М., Опришко В. П. Землеробство. Київ: Вища школа, 1991. 268 с.
24. Горобець А. Г., Циліурік О. І., Горбатенко А. І., Судак, В. М. Вологозабезпеченість та урожайність польових культур за різних систем обробітку ґрунту в сівозміні. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2011. № 1. С. 20–25.
25. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2010. 400 с.
26. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3(107). С. 35–44.
27. Господаренко Г. Основи інтегрованого застосування добрив: монографія. Київ: Неглава, 2002. 342 с.
28. Гуменюк Г. Б., Хоменчук В. О., Зіньковська Н. Г., Москалюк Н. В. Порівняльна характеристика вмісту кальцію та ступеня кислотності у ґрунтах Тернопільської області. *Наукові записки ТНПУ. Біологія*. 2019. № 4(78). <https://doi.org/10.25128/2078-2357.19.4.7>.
29. Ґрунтознавство: підручник / Д. Г. Тихоненко та ін.; за ред. Д. Г. Тихоненка. Київ: Вища освіта, 2005. 703 с.

30. Дегодюк Е. Г., Никифорова Л. І., Гамелей В. І. Регулювання калійного режиму ґрунтів. *Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва*. Київ: Урожай, 1992. С. 114–122.
31. Дегтярьов В. В., Дегтярьов Ю. В., Резнік С. В. Сезонна динаміка електропровідності чорнозему типового за умов різних систем землеробства. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. № 1. 2020. С. 11–16. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-1-11-16>.
32. Дегтярьов Ю. Оцінка фізичного стану та водні характеристики чорноземів типових під різними фітоценозами. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2013. Вип. 44. С. 80–84.
33. Дегтярьов Ю. В., Крохін С. В. Уміст водорозчинних катіонів в чорноземі типовому за умов різного використання. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., присв. ювілейним річницям проф. О.М. Можейка, В.В. Милого, Ю.В. Будьонного, І.І. Назаренка (29–30 листопада 2022 р.)*. Держ. біотехнологічний ун-т. Електрон. дані. Харків, 2022. С. 104–107.
34. Деменко В. М., Голинач О. Л., Власенко В. А., Деменко В. М., Голинач О. Л., Власенко В. А. Фітосанітарний стан посівів соняшнику в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія*. 2019. Вип. 4(38). С. 3–7.
35. Демчишин А. М., Віщак В. М., Світа Д. Я. Проблеми відтворення і підвищення родючості ґрунтів орних земель Львівської області та шляхи її вирішення. *Агроекологічний журнал*. 2011. № 2. С. 58–63.
36. Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua>.
37. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Київ, 2022. 532 с. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>.
38. Дідушок М. В., Топольний Ф. П. Продуктивність посівів соняшнику залежно від попередника та обробітку ґрунту в Степу України. *Досягнення і перспективи галузі виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської*

продукції: Всеукр. наук.-практич. конф. (9–11 квітня 2020 р.). Кропивницький, 2020. С. 28–31.

39. Дмитренко В. П. Погода, клімат і урожай польових культур. Київ: Ніка-Центр, 2010. 618

40. Дмитренко В. П., Строкач Н. К., Однолеток Л. П. Метод агрометеорологічної оцінки і прогнозу врожайності соняшнику в Україні. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2005. Вип. 254. С. 31–41.

41. Домарацький Є. О., Добровольський А. В. Особливості водоспоживання соняшника за різних умов мінерального живлення. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 1. 10 с.

42. Домарацький Є.О., Козлова О. П. Шляхи оптимізації водоспоживання соняшника високоолеїнового типу за умов зміни клімату. *The Ukrainian Farmer*. 2020. 57–58. <http://dx.doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.6>.

43. Дробот В. І., Зуб Г. І., Кононенко М. П. та ін. Економічний довідник аграрника / за ред. Лузана Ю. Я., Саблука П. Т. Київ: Преса України, 2003. 800 с.

44. ДСТУ 4115-2002. Якість ґрунту. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирікова. [Чинний від 2003-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 11 с.

45. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунту. [Чинний від 2004-12-09]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.

46. ДСТУ 4744:2007. Якість ґрунту. Визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова. [Чинний від 2008-01-01.]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.

47. ДСТУ 7863-2015. Якість ґрунту. Визначання легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-29]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2016. 6 с.

48. ДСТУ ISO 10390-2022 (ISO 10390:2021, IDT). Ґрунт, оброблені біовідходи та осад. Визначення рН. [Чинний від 2022-02-16]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2022.

49. ДСТУ ISO 11272:2001 (ISO 11272:1998, ITD). Якість ґрунту. Визначення щільності складення на суху масу. [Чинний від 2003-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2003. 15 с.
50. Дубицька А. О., Качмар О. Й., Дубицький О. Л., Щерба М. М. Вплив систем удобрення на біологічну активність сірого лісового ґрунту під озимою пшеницею в ланках сівозмін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2014. Вип. 56(1). С. 38–42.
51. Економіка сільського господарства: навч. посібник / В. К. Збарський та ін.; за ред. В. К. Збарського і В. І. Мацибори. Київ: ТОВ» Аграр Медіа Груп», 2013. 316 с.
52. Єременко О. А., Каленська С. М., Калитка В. В., Малкіна В. М. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов південного Степу України. *Агробіологія*. 2017. № 2(135). С. 123–130.
53. Єременко О. А., Калитка В. В. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов Запорізької області. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. № 24. С. 156–165.
54. Єщенко В. О. До методики визначення біологічної активності ґрунту. *Зб. наук. пр. Уманського Національного Університету Садівництва*. 2011. Ч. 1. Вип. 77. С. 21–26.
55. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграрна наука, 2015. 208 с.
56. Збарський В. К. Організаційно-економічне забезпечення ефективності сільськогосподарських підприємств: монографія. Київ: ННЦ ІАЕ, 2013. 402 с.
57. Казюта А. О., Яременко М. О. Целюлозна активність чорнозему типового під соняшником. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (26–27 листопада 2020 р. Харків.) Ч. I*. Харків: ХНАУ, 2020С. 277–279.

58. Каленська С. М., Єременко О. А., Таран В. Г., Крестьянінов Є.В., Риженко А.С. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 48–57.
59. Каленська С. М., Горбатюк Е. М., Гарбар Л. О. Вплив погодних чинників на ріст та розвиток гібридів соняшнику. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. № 10(2). С. 5–12.
60. Кириченко В. В., Тимчук В. М., Святченко С. І. Енергетична оцінка виробництва соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 21. С. 154–171.
61. Коваленко А. М. Водоспоживання соняшнику за різних умов вирощування в сівозмінах короткої ротації. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2012. № 17. С. 104–109.
62. Коваленко А. М., Таран В. Г., Коваленко О. А. Вирощування соняшнику в сівозмінах в умовах Степу. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур УААН*. 2009. № 14. С. 157–161.
63. Коваленко А. Оптимізація мінерального живлення соняшнику. *Пропозиція*. 2016. № 6. С. 62–64.
64. Коваленко Н. П. Історичний шлях становлення соняшнику і його місце в сівозмінах України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 73–78.
65. Коваленко Н. П., Юркевич Є. О., Юркевич Е. А. Вплив сільськогосподарських культур у різноротаційних сівозмінах Південного Степу України на фізичні властивості ґрунту та їх врожайність. *Вісник ЖНАЕУ. Загальна екологія та агроекологія*. № 2. 2009. С. 130–138.
66. Ковальчук М. І. Економічний аналіз у сільському господарстві: навч.-метод. посібн. для самост. вивч. Дисципліни. Київ: КНЕУ, 2002. С. 52–56.
67. Костира І. В., Остапенко М. А., Солоний П. В. Забур'яненість посівів озимої пшениці та урожайність і якість зерна в посушливих умовах південного

Степу України. *Зрошуване землеробство*. Херсон: Айлант, 2010. Вип. 54. С. 85–92.

68. Костюкевич Т., Мартинова Н., Рибачок А. Оцінка природно-ресурсного потенціалу території Херсонщини щодо умов вирощування соняшнику. *Сучасні тенденції розвитку геодезії, землеустрою та природокористування*: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практич. конф. 2022. С. 108–111.

69. Костюченко Н. І. Вплив сівозміни і сорту на мікробіологічні показники ґрунту агроценозів соняшнику в умовах південного Степу України. 2014. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. № 21. С. 90–96.

70. Кохан А. В., Гангур В. В., Корецький О. Є., Лень О. І., Манько Л. А. Соняшник у сівозмінах лівобережного Лісостепу України. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2015. № 18. С. 62–68.

71. Насичення сівозмін соняшником / Кохан А. В., Глуценко Л. Д., Гангур В.В., Олєпир Р.В., Лень О.І., Тоцький В.М.; наук. ред. А. В. Кохана. Полтава: ПП Астроя, 2018. 83 с.

72. Кохан А. В., Лень О. І., Цилюрик О. І. Наслідки насичення сівозмін соняшником. 2016. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. №. 23. С. 131–136.

73. Кохан А. В., Ткаліч Ю. І. Фізіологічно-активні речовини в технології вирощування соняшнику. *Пропозиція*. 2011. № 5. С. 86–67.

74. Кохан А. В., Швартау В. В., Михальська Л. М., Глуценко Л. Д. Аналіз імоному зразків ґрунтів України, відібраних до 1945 р. Тези доповідей ХХІІІ щорічної наукової конференції Інституту ядерних досліджень НАН України (01–05 лютого 2016 р.). 2016. Київ. С. 196–197.

75. Круглов О. В., Коляда В. П., Ачасова А. О., Шевченко М. В., Назарок П. Г. До питання дослідження інформаційного забезпечення створення сталих агроландшафтів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип. 34. С. 184–193.

76. Кудря С. Вплив зерно-бурякових сівозмін із різними бобовими попередниками пшениці озимої на поживний режим чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 98(4). С. 15–21.
77. Кудря С. І., Кудря Н. А., Звонар А. М. Вплив попередника пшениці озимої на вміст поживних речовин у ґрунті. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. Харків. 2017. Вип. 23. С. 37–47.
78. Кучер Л. І. Вплив ґрунтозахисних технологій на вміст сполук калію в ґрунті. *Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство*. 2013. №. 1. С. 81–84.
79. Кучер Л. І. Зміна калійного режиму чорноземних ґрунтів залежно від їх обробітку та удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 11. С. 10–13.
80. Лавренко С. О., Лавренко Н. М. Моніторинг сортів і гібридів соняшнику та пшениці озимої в зоні Степу України. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво*. № 124. С. 70–78.
81. Лебедь Є. М., Андрусенко І. І., Пабат І. А. Сівозміни при інтенсивному землеробстві. Київ: Урожай, 1992. 222 с.
82. Лебідь Є. М., Циліорик О. І. Відтворення родючості чорноземів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Степу залежно від системи мульчувального обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С. 8–14.
83. Лихочвар В., Демчишин А. Роль кальцію і магнію за інтенсивного землеробства. *Пропозиція*. 2016. №1. С. 62–65. URL: <https://propozitsiya.com/ua/rol-kalciya-i-magniya-pri-intensivnom-zemledelii>.
84. Літвінов Д. В. Динаміка вмісту обмінного калію в чорноземі типовому в короткоротаційних сівозмінах. *Землеробство*. 2017. №. 2. С. 13–19.
85. Літвінов Д. Формування водного режиму ґрунту в системі короткоротаційних сівозмін. *Вісник аграрної науки. Землеробство, ґрунтознавство, агрохімія*. 2015. № 93(11). С. 13–18.
86. Мадюдя І. А., Штундер О. М. Аналіз впливу електропровідності ґрунту на його хіміко-мінералогічні властивості. *Вимірювальна та*

обчислювальна техніка в технологічних процесах. Оптичні та фізико-хімічні вимірювання. 2014. № 4. С. 51–55.

87. Мандибура Н. М., Рожа В. В. Нове місце соняшнику в сівозмінах як альтернатива класичним технологіям. *Охорона ґрунтів: збірник наукових праць*. 2020. С. 181–185.

88. Манько Л. А. Врожайність соняшнику в залежності від насиченням ним сівозмін. *Вісник Полтавської державної академії*. 2010. № 4. С. 186–189

89. Матейчук Ю. В. Шляхи підвищення економічної ефективності вирощування соняшнику. *International scientific journal*. 2015. № 9. С. 133–136.

90. МВВ 31–497058–019–2005 Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній наважці рослинного матеріалу: методики визначення складу та властивостей ґрунтів. Харків, 2005. Кн. 2. С. 189–208.

91. Медведєв В. В., Словінська-Юркевіч А., Брик М., Бігун О. М. Критерії фізичної деградації ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2013. № 80. С. 5–16.

92. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 203 с.

93. Мельник А. В., Говорун С. О. Водоспоживання та урожайність соняшнику залежно від сортових особливостей та попередників в умовах північно-східного Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія*. 2014. Vol. 3. Р. 173–175.

94. Мірошниченко В. В., Дегтярьов Ю. Вміст водорозчинних катіонів у чорноземі типовому за умов різного використання. Тенденції і виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: III Міжнар. наук. інтернет-конф. (20–22 жовтня 2021 р.) Київ, 2021. С. 197–199.

95. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Літошко С. В. Оптимальні регламенти вирощування – запорука високої продуктивності соняшнику. *Науково-технічний*

бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. № 31. С. 72–87.
<https://doi.org/10.36710/ioc-2021-31-07>.

96. Носко Б. С., Христенко А. О., Максимова В. П. Проблема фосфору в землеробстві України. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 5. С. 13–16.

97. Носко Б. С., Гладкіх Є.Ю. Післядія мінеральних добрив на калійний фонд чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 10. С. 14–16.

98. Орлов О. Вирощування соняшнику на ґрунтах із різним рівнем рН. *Агроном*. 2023. URL: <https://www.agronom.com.ua/vyroshhuvannya-sonyashnyku-na-gruntah-iz-riznym-rivnem-ph/>.

99. Основи аграрного підприємництва / М. Й. Малік та ін.; за ред. М. Й. Маліка. Київ: Інститут аграрної економіки, 2001. 582 с.

100. Павліченко А. А., Бондаренко О. М., Вахній С. П. Зміна біологічної активності ґрунту під вико-вівсяною сумішкою за різних систем обробітку ґрунту та рівнів удобрення. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 31–34.

101. Письменний О.В. Вплив властивостей чорноземних та каштанових ґрунтів Степу України на їх протидефляційну стійкість. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2008. Т. 2. Вип. 3(46). С. 179–184.

102. Пінковський Г. В., Мащенко Ю. В. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво*. 2019. № 107. С. 145–150.

103. Пінковський Г. В., Танчик С. П. Економічна та енергетична ефективність удосконалених елементів технології вирощування соняшника у Правобережному Степу України. *Вісник ПДАА*. 2019. № 2. С. 39–44.

104. Післядія добрив на фосфатний режим чорноземів України / Б. С. Носко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2008. №12. С. 17–22.

105. Погрібний Д. Ю. Урожайність соняшнику залежно від насичення у сівозміні в Степу України: кваліфікаційна магістерська робота: Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. 72 с.

106. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Літошко С. В. Особливості водоспоживання соняшнику гібриду Ратник. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. Вип. 25. С. 136–143.
107. Полякова І. О., Топчій М. А. Вплив беззмінного вирощування соняшнику на показники родючості ґрунту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. № 19. С. 96–101.
108. Попова М. М., Болдуєв В. І., Борисюк О. Д. Продуктивність соняшнику залежно від терміну повернення його на попереднє місце. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2004. Т. 1., Вип. 1. С. 132–134.
109. Прижигалінська М. О., Малаховська В. О. Хвороби й шкідники соняшнику. *Досягнення і перспективи галузі виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: Всеукр. наук.-практич. конф. (9–11 квітня 2020 р.)*. Кропивницький, 2020. С. 26–28.
110. Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах: Закон України від 11.02.2010 р. № 164. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/164-2010-%D0%BF#Text>.
111. Роденко К. О., Івченко В. Д. Тест-системи для швидкого визначення рН ґрунтів. Матеріали НПК викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (13–17 квітня 2020 р.). С. 254.
112. Рудік О. Л., Сергєєв Л. А., Римар Д. Є. Аналіз та агроекологічне обґрунтування вирощування соняшника в проміжних посівах. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво*. № 126. С. 99–106
113. Сайко В. Ф., Бойко П. І., Сайко В. Ф. Сівозміни у землеробстві України Київ: Аграрна наука, 2002. 147 с.
114. Світличний О.О., Чорний С. Г. Основи ерозієзнавства: підруч. для студ. ВНЗ. Суми: Університетська книга, 2007. 265 с.

115. Соломаха Т. Д. Спектри синтаксонів сегетальної рослинності Лівобережного Лісостепу України. *Український ботанічний журнал*. 1988. №4. С. 34–39.
116. Стельмах О., Григорів Я., Максимів Т. Роль короткоротаційної сівозміни в ланці сучасного землеробства. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронія*. 2015. № 19. С. 38–43.
117. Судак В. М. Основний обробіток, добрива та їх вплив на агрофізичні властивості ґрунту під соняшником в умовах Степу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Агронія і біологія*. 2016. № 2(31). С. 61–65.
118. Супрун О. М. Економічна ефективність вирощування соняшнику в умовах Слобожанщини. *Економіка АПК*. 2017. № 11. С. 74–78.
119. Талавиря М., Полюхович В., Берча О. Експорт соняшникової олії в Україні та світі. *Зб. наук праць. Євроінтеграція України та економічна безпека держави*. 2022. Вип. 1(28). С. 142–149.
120. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: *методичні рекомендації*. Київ: Нора-прінт, 2001. 60 с.
121. Тараріко Ю., Кудря С., Лукашук В. Вплив змінних гідротермічних умов на поживний режим чорнозему типового та ефективність побічної продукції як добрива. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8 (821). С. 64–72. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-08>.
122. Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур: монографія / Л. М. Тіщенко та ін.; за ред. Л. М. Тіщенка. *ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. Харків, ХНТУСГ, 2015. 273 с.
123. Тихоненко Д. Г., Дегтярьов Ю. В. Генеза і класифікація агрочорноземів України. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2014. № 1. С. 5–10.
124. Тихоненко Д. Г., Дегтярьов Ю. В. Ґрунтовий покрив дослідного поля «Роганського стаціонару» Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва. *Вісник ХНАУ*

ім. В. В. Докучаєва. *Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2016. № 2. С. 5-15.

125. Ткаліч І. Д., Гирка А. Д., Бочевар О. В., Ткаліч Ю. І. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах Степу України. *Зернові культури*. 2018. № 1. С. 44–52.

126. Ткаліч І. Д., Олексюк О. М. Вплив способів сівби, густоти стояння рослин на формування кореневої системи, водоспоживання та врожайність гібридів соняшнику. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2000. № 12–13. С. 18–22.

127. Ткаліч І. Д., Коваленко О. О. Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від строків сівби та густоти стояння рослин в умовах Степу України. *Бюлетень інституту зернового господарства*. Дніпропетровськ. 2003. № 21–22. С. 96–101.

128. Ткаліч Ю. І., Кохан А. В. Повернути взяте. *Farmer*. 2013. № 9 (46). С. 62–63.

129. Ткаліч Ю. І. Вбиває не соняшник, а безгосподарність. *Зерно*. 2017. № 3(132). С. 28–30.

130. Троценко В. І. Соняшник. Селекція, насінництво та технологія вирощування: монографія. Суми: Університетська книга, 2001. 184 с.

131. Трус О. М., Прокопенко Е. В., Поліщук Т. В. Біологічна активність ґрунту, її значення для родючості ґрунту і живлення рослин. *Вісник КрНУ імені М. Остроградського*. 2021. Вип. 5(130). С. 36–41.

132. Ушкаренко В. О., Лазер П. Н., Сидоренко В. П., Каплін О. О. Вплив основного обробітку ґрунту, мінеральних добрив, ширини міжряддя та густоти стояння рослин на урожай соняшнику в пізньому післяукісному посіві. *Таврійський науковий вісник: зб. наук. пр. Херсон: Айлант*, 2005. С. 3–11.

133. Фатєєв А. І. Ефективність форм азотно-фосфорно-калійних добрив на чорноземах типових (з історії Граківського дослідного поля). Харків, 2006. С. 223–227.

134. Фокін А. В. Система захисту соняшнику від шкідників. *Пропозиція*. 2010. № 3. С. 82–88.
135. Хамкало З. Біотична активність як критерій едафічного комфорту. *Екологічна якість ґрунту*. 2018. С. 200–253
136. Цвей Я. П., Мазур Г. М. Особливості впливу системи удобрення цукрових буряків на фонд обмінного калію чорнозему вилугуваного. *Агроекологічний журнал*. 2001. № 1. С. 55–57.
137. Цвей Я. П., Іваніна В. В., Цебро Ю. М., Петрова О. Т., Одреховський А. Ф., Дубовий Ю. П., Климчук С. М. Баланс елементів живлення у зерно-буряковій сівозміні залежно від системи удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 1. С. 33–37.
138. Цвей Я. П., Шиманська Н. К. Баланс азоту в сівозмінах. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 12. С. 14.
139. Центи́ло Л. В. Калійний режим чорнозему типового за різного удобрення та обробітку ґрунту. *Наукові доповіді НУБіП України. Агронія*. 2019. № 3(79). <https://doi.org/10.31548/dpovidi2019.03.012>.
140. Центи́ло Л. В. Біологічна активність ґрунту за різних систем удобрення соняшнику та обробітку ґрунту. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво*. № 108. С. 117–122.
141. Циліорик О. Добрива для соняшнику. *Агробізнес сьогодні*. 2018. № 15–16. С. 88–91.
142. Циліорик О. І. Накопичення післяжнивних решток польових культур у ґрунті сівозмін Степу. *Зб. наук. праць Національного наукового центру Інститут землеробства УААН*. 2007. № 2. С. 40–46.
143. Циліорик О. І., Горбатенко А. І., Судак В. М., Шапка В. П. Вплив мінімального обробітку ґрунту та удобрення на урожайність і олійність насіння соняшнику в умовах Північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 9. С. 11–15.

144. Цилюрик О. І., Шевченко С. М., Гончар Н. В., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Біологічна активність ґрунту короткоротаційної сівозміни за максимального насичення соняшником. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 105–115.

145. Цилюрик О., Десятник Л., Судак В. Оптимальна концентрація соняшнику в сівозмінах. *Агрономія сьогодні*. 2016. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/631-optymalna-kontsentratsiia-soniashnyku-v-sivozminakh.html>.

146. Чередниченко І. В. Агроекологічні показники за різного рівня біологізації землеробства. *Посібник українського хлібороба*. 2016. Т. 1. С. 110–111.

147. Чуйко Д. В., Брагін О. М., Михайленко В. О., Романова Т. А., Романов О. В. Вплив регуляторів росту рослин на продуктивність ліній соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2020. С. 2015–226.

148. Агроекономічна ефективність різних способів основного обробітку ґрунту під соняшник в Степу / В. С. Чумак та ін. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. № 40. С. 56–59.

149. Шевченко М. В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: Майдан, 2019. 210 с.

150. Шевченко М.В., Куцегуб Г.О., Мозговий Р.С. Вплив позакореневого підживлення на біометричні показники і врожайність соняшнику. *Вісник ХНАУ. Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2019. № 2. С. 145–151.

151. Шикуча М. К. Концепція біологічного землеробства на чорноземних ґрунтах. *Науковий вісник НАУ*. 2005. Вип. 81. С. 262–278.

152. Шкумат В. П., Болдуєв В. І., Порудєєв В. О. Фактори оптимізації розміщення соняшнику і соризу в польових сівозмінах короткої ротації. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2009. Вип. 1. С. 165–169.

153. Шкумат В. П., Андрійченко Л. В., Порудєєв В. О. Принципи побудови сівозмін короткої ротації: матеріали наук.-практич. конф. Миколаїв, 2011. С. 20–22.
154. Юник А., Трифонов І. Удобрюємо соняшник. *Агрономія сьогодні*. 2020. <http://agro-business.com.ua/ahrami-kultury/item/17547-udobriuiemo-soniashnyk.html>.
155. Як війна змінила географію вирощування соняшнику в Україні. *AgroTimes*. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/yak-vijna-zminyla-geografiyuvyroshhuvannya-sonyashnyku-v-ukrayini/> (дата звернення: 12.06.2023).
156. Ярошко М. Кислотність ґрунтів та її вплив на живлення рослин. *Агроном*. 2013. URL: <https://www.agronom.com.ua/kyslotnist-gruntiv-ta-yiyi-vplyv-na-zhyv>.
157. Abbas M., Zahida T. M., Uddin R., Sajjid I., Akhlaq A., Moheyuddin K., Panhwar R. N. Effect of zinc and boron fertilizers application on some physicochemical attributes of five rice varieties grown in agro-ecosystem of Sindh, Pakistan. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 2013. Vol. 13, № 4. P. 433–439.
158. Agegnehu G., Nelson P. N., Bird M. I. Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments and nitrogen fertilization on Nitisols. *Soil and Tillage Research*. 2016. Vol. 160. P. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.02.003>.
159. Amato M., Ladd J. N. Application of the ninhydrin-reactive N assay for microbial biomass in acid soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 1994. Vol. 26, № 9. P. 1109–1115. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90132-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90132-5).
160. Andersen A. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop prot*. 1999. Vol. 18. P. 651–657.
161. Andrade D. S., Colozzi-Filho A., Giller K. E. The soil microbial community and soil tillage. In: El Titi A. (Ed.). *Soil Tillage in Agroecosystems*. 2003. P. 51–82.

162. Andrianasolo F., Debaeke P., Champolivier L., Maury P. Analysis and modelling of the factors controlling seed oil concentration in sunflower: a review. *Oilseeds and fats crops and lipids*. 2016. Vol. 23(2). P. 1–12. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016004>.
163. Angadi S. V., Entz M. H. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94, № 1. P. 136–145. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1360>.
164. Angus J., Kirkegaard J., Peoples M., Ryan M., Ohlander L., Hufton L. A review of break-crop benefits of brassicas. *17th Australian Research Assembly on Brassicas*. 2011. P. 15–17.
165. Astiz V., Hernandez L. F. Pollen production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) is affected by air temperature and relative humidity during early reproductive growth. *Phyton*. 2013. Vol. 82. P. 297–302.
166. Babu S., Rana D. S., Yadav G. S., Singh R., Yadav S. K. A review on recycling of sunflower residue for sustaining soil health. *International Journal of Agronomy*. 2014. 7 p. <https://doi.org/10.1155/2014/601049>.
167. Baier J., Smetankova M., Baierova V. Research on eliminating magnesium deficiency in agricultural crops. *Res. Inst. of Crop Prod. Annu. Rep.* 1993. Praha-Ruzyne, 1994. P. 39.
168. Bedoussac L., Journet E. P., Hauggaard-Nielsen H., Naudin C., Corre-Hellou G., Jensen E. S., Prieur L., Justes E. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for sustainable development*. 2015. Vol. 35. P. 911–935. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>.
169. Beg A., Pourdad S. S., Alipour S. Row and plant spacing effects on agronomic performance of sunflower in warm and semi-cold areas of Iran. *Helia*. 2007. Vol. 30, № 47. P. 99–104. <https://doi.org/10.2298/hel10747099b>.
170. Béguin P., Aubert J. P. The biological degradation of cellulose. *FEMS microbiology reviews*. 1994. Vol. 13, № 1. P. 25–58. <https://doi.org/10.1111/J.1574-6976.1994.TB00033.X>.

171. Bengough A. G., Bransby M. F., Hans J., McKenna S. J., Roberts T. J., Valentine T. A. Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. *Journal of experimental botany*. 2006. Vol. 57, № 2. P. 437–447. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj003>.

172. Bennett A. J., Bending G. D., Chandler D., Hilton S., Mills, P. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 2012. Vol. 87, №. 1. P. 52–71. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00184.x>

173. Blanco-Canqui H., Lal R. Axle-load impacts on hydraulic properties and corn yield in no-till clay and silt loam. *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100, № 6. P. 1673–1680. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0127>.

174. Boardman J., Favis-Mortlock D.T. The significance of drilling date and crop cover with reference to soil erosion by water, with implications for mitigating erosion on agricultural land in South East England. *Soil Use Manage*. 2014. Vol. 30. P. 40–47. <https://doi.org/10.1111/sum.12095>

175. Bockus W. W., Shroyer J. P. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol*. 1998. Vol. 36. P. 485–500.

176. Bonfim-Silva E. M., de Anicésio E. C. A., de Oliveira J. R., de Freitas Sousa H. H, da Silva T. J. A. Soil Water Availability on Growth and Development of Safflower Plants. *American Journal of Plant Sciences*. 2015. № 6. P. 2066–2073.

177. Brady N. C., Weil R. R. *The Nature and Property of Soils*. Prentice Hall: Upper Saddle Hall, NJ, USA, 1999.

178. Brady N. C., Weil R. R., Weil R. R. *The nature and properties of soils*. *Upper Saddle River*. 2008. Vol. 13, P. 662–710.

179. Brevik E. C., Fenton T. E., Jaynes D. B. The use of soil electrical conductivity to investigate soil homogeneity in Story County. *Soil Horizons*. 2012. Vol. 53, № 5. P. 50–54. <https://doi.org/10.2136/sh12-04-0013>.

180. Brisson N., Gate P., Gouache D., Charmet G., Oury F. X., Huard F. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field*

crops research. 2010. Vol. 119, № 1. Pp. 201–212.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.012>

181. Bruckner M. Z. Water and Soil Characterization – pH and Electrical Conductivity. URL:
https://serc.carleton.edu/microbelife/research_methods/environ_sampling/pH_EC.html.

182. Bujnovský R., Miklovič D. Efektívne využívanie živín v poľnohospodárskom podniku–nevyhnutná súčasť úspešného hospodárenia. *Agrochémia*. 2002. Vol. 6(42), № 1. P. 28–30.

183. Bushnev A. S., Demurin Y. N., Orekhov G. I. Productivity of sunflower hybrids with erectoid leaves at various plant densities. *Oilseeds and fats, crops and lipids*. 2021. Vol. 28, № 39. 12 p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021027>.

184. Cabelguenne M., Debaeke P. Experimental determination and modelling of the soil water extraction capacities of crops of maize, sunflower, soya bean, sorghum and wheat. *Plant and soil*. 1998. Vol. 202. P. 175–192.
<https://doi.org/10.1023/A:1004376728978>.

185. Cao S., Luo H., Jin S. et al. Intercropping influenced the occurrence of stripe rust and powdery mildew in wheat. *Crop Protection*. 2015. Vol. 70. P. 40–46.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.12.008>.

186. Castro C. D., Leite R. D. C. Main aspects of sunflower production in Brazil. *Oilseeds and fats crops and lipids*. 2018. Vol. 25. №. 1. 11 p.
<https://doi.org/10.1051/ocl/2017056>.

187. Castro C., Oliveira F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: Leite R.M.V.B.C., Brighenti A. M.; Castro C. (Eds.). *Girassol no Brasil*. Londrina: *Embrapa Soja*. 2005. P. 317–373.

188. Castro C., Oliveira F. A., Oliveira J., Ramos N. P. Nutrition and fertilization of sunflowers in brazilian cerrado. In: Arribas J. E. (Ed.). *Sunflowers: growth and development, environmental influences and pests/diseases*. New York (USA): Nova Science Pubs, 2014. P. 257–279.

189. Cheng Q. Perspectives in biological nitrogen fixation research. *Journal of integrative plant biology*. 2008. Vol. 50, № 7. P. 786–798. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2008.00700>.
190. Ciobanu G., Ciobanu C., Vuşcan A., Cosma C., Tirpe G. Research regarding the unbalanced nutrition appearance in long term field experiments with chemical fertilizers. *Scientific Papers Faculty of Agriculture*. 2007. Vol. 40, № 2. P. 31–36.
191. Connor D. J., Hall A. Sunflower physiology. In: Schneiter A. A. (Ed.). Sunflower technology and production. Agronomy Monograph. Madison, WI: ASA, CSSA and SSSA, 1997. P. 113–182.
192. Corwin D. L. Geospatial Measurements of Apparent Soil Electrical Conductivity for Characterizing Soil Spatial Variability / J. Alvarez-Benedi (Ed.). *Soil-Water-Solute Process Characterization. Integrated Approach*. 2005. P. 639–672.
193. Dardanelli J. L., Bachmeier O. A., Sereno R., Gil R. Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam Haplustoll. *Field Crops Research*. 1997. Vol. 54, № 1. P. 29–38. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00017-8).
194. De la Haba P., De la Mata L., Molina E., Agüera E. High temperature promotes early senescence in primary leaves of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Canadian Journal of Plant Science*. 2014. Vol. 94, № 4. P. 659–669. <https://doi.org/10.4141/cjps2013-276>.
195. De Souza Linhares A. J., Goncalves W. G., Cabral S. M., de Brito M. F., Brandstetter E. V., Silva J. F. G., da Costa Severiano E. Soil compaction affects sunflower and Paiaguas palisadegrass forage productivity in the Brazilian savanna. *Australian Journal of Crop Science*. 2020. Vol. 14. № 7. P. 1131–1139. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.07.p2305>.
196. Debaeke P., Bedoussac L., Bonnet C., Mestries E., Seassau C., Gavaland A., Justes E. Sunflower crop: environmental-friendly and agroecological. *Oilseeds and fats crops and lipids*. 2017. Vol. 23(4). 12 p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017020/>

197. Debaeke P., Cabelguenne M., Hilaire A., Raffailac D. Crop management systems for rainfed and irrigated sunflower (*Helianthus annuus*) in south-western France. *The Journal of Agricultural Science*. 1998. Vol. 131(2). P. 171–185.
198. Debaeke P., Casadebaig P., Flenet F., Langlade N. Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *Oilseeds and fats crops and lipids*. 2017. Vol. 24, № 1. 15 p. <https://dx.doi.org/10.1051/ocl/2016052>.
199. Debaeke P., Casadebaig P., Langlade N. B. New challenges for sunflower ideotyping in changing environments and more ecological cropping systems. *Oilseeds and fats, crops and lipids*. 2021. Vol. 28, № 29. 23 p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021016>.
200. Debaeke P., Estragnat A., Reau R. Influence of crop management on sunflower stem canker (*Diaporthe helianthi*). *Agronomie*. 2003. Vol. 23(7). P. 581–592.
201. Debaeke, P., Bret-Mestries, E., Aubertot, J. et al. Sunflower agronomy: 10 years of research in partnership within the «Sunflower: Technological Joint Unit (UMT) in Toulouse». *Oilseeds and fats, crops and lipids*, 2020. Vol. 27, № 14. 17 p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020006>.
202. Dehtiarova Z. Nutrient regime of the soil depending on the share of sunflower in short-rotational crop. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27. № 2. P. 87–95. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2023.87>.
203. Dehtiarova Z. O. Influence of short-term crop rotations with different proportions of sunflower on soil water regime. *Land Reclamation and Water Management*. 2023. № 1. P. 94–101. <https://doi.org/10.31073/mivg202301-349>. <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/349>.
204. Dehtiarova Z. The effect of short-term crop rotation with different proportions of sunflower on cellulolytic activity of the soil. *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73(4). <https://doi.org/10.37501/soilsa/156097>.

205. Dehtiarova Z., Kudria S., Kudria N., Khasianov D. Influence of sunflower saturation on productivity of short-term crop rotations. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXV, № 1, 2022. C. 274–282.
206. Denef K., Six J. Clay mineralogy determines the importance of biological versus abiotic processes for macroaggregate formation and stabilization. *Eur. J. Soil Sci.* 2005. Vol. 56 P. 469–479.
207. Desyatnyk L. M., Desyatnyk L. M., Lorinets F. A., Shevchenko O. M., Shvets N. V. Integration of Classical and Organic Agriculture. *Ukrainian grain growers*. 2017. № 1. C. 144–146.
208. Dhanalakshmi D., Narayana K. R. Effect of application of the sulphur (S), boron (B) and zinc (Zn) on soil fertility status and crop productivity under Bhoochetana programme in selected villages of Devaduraga taluk. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018. Vol. 7, № 1. P. 81–86.
209. Doran W. J., Gregorich G. Ed. Sustainable Agriculture: Soil Quality. Managing Soils and Terrestrial Systems. 2nd Edition. 2020. 5 pp. <https://doi.org/10.1201/9780429346255-31>.
210. Dubova L., Alsiņa I. Soil microbiological activity depending on tillage system and crop rotation. *Agronomy Research*. 2016. Vol. 14, № 4. P. 1274–1284.
211. Duru M., Therond O., Martin G., Martin-Clouaire R., Magne M. A., Justes E., Etienne-Pascal Journet, Jean-Noël Aubertot, Serge Savary, Jacques-Eric Bergez, Sarthou J. P. How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for sustainable development*. 2015. Vol. 35. P. 1259–1281. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0306-1>.
212. Duzdemir O., Kurunc A., Unlukara A. Response of pea (*Pisum sativum*) to salinity and irrigation water regime. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2009. Vol. 15, № 5. P. 400–409.
213. Etana A., Hakansson I., Zagal E., Bucas S. Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. *Soil Till. Res.* 1999. Vol. 52. P. 129–139.

214. FAO 2017. The future of food and agriculture. Trends and challenges. Rome. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 2017. P. 63.

215. Feng Z., Motta A.C., Reeves D.W., Burmester C.H., Van Santen, E., Osborne J.A. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology and Biochemistry*. 2003. Vol. 35. P. 1693–1703.

216. Fernandez M. C., Rubio G. Root morphological traits related to phosphorus-uptake efficiency of soybean, sunflower, and maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2015. Vol. 178, № 5. P. 807–815. <https://doi.org/10.1002/jpln.201500155>.

217. Fierer N., Jackson R. B. The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006. Vol. 103, № 3, P. 626–631.

218. Fileccia T., Guadagni M., Hovhera V., Bernoux M. Ukraine: Soil Fertility to Strengthen Climate Resilience. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3905e>. (Accessed on 15.07.2023).

219. Food and Agricultural Employment. URL: <https://sarep.ucdavis.edu/sustainable-ag/employment>.

220. Förstner, Land contamination by metals – global scope and magnitude of problem / H. E. Allen, C. P. Huang, G. W. Bailey and A. R. Bowers (Eds.). *Metal Speciation and Contamination of Soil*. 1995. P. 1–33, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA.

221. Francois L. E. Salinity effects on four sunflower hybrids. *Agronomy Journal*. 1996. Vol. 88, № 2. P. 215–219. <https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800020016x>.

222. French S., Levy-Booth D., Samarajeewa A., Shannon K. E., Smith J., Trevors J. T. Elevated temperatures and carbon dioxide concentrations: effects on selected microbial activities in temperate agricultural soils. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2009. Vol. 25. P. 1887–1900. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0107-2>.

223. Galantini J. A., Landriscini M. R., Iglesias J. O., Miglierina A. M., Rosell R. A. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina 2. Nutrient balance, yield and grain quality. *Soil Till. Res.* 2000. Vol. 53. P. 137–144.

224. Gan Y., Hamel C., O'Donovan J. T., Cutforth H., Zentner R. P., Campbell C. A., Poppy L. Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity. *Scientific reports.* 2015. Vol. 5(1). <https://doi.org/10.1038/srep14625>.

225. Ganeshamurthy A. N. Soil changes following long-term cultivation of pulses. *The Journal of Agricultural Science.* 2009. Vol. 147(6). P. 699–706.

226. Gaudin A. C. M., Tolhurst T. N., Ker A. P., Janovicek K., Tortora C., Martin R. C., Deen W. Increasing crop diversity mitigates weather variations and improves yield stability. *PLoS One.* 2015. Vol. 10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113261>.

227. Gonet S. S., Debska B., Dziański A., Banach-Szott M., Zaujec A., Szombathova N. Properties of organic matter in Haplic Luvisol under arable, meadow and forest management. *Polish Journal of Soil Science.* 2009. Vol. 42, № 2. P. 139–148.

228. Gonzalez-Barrios P., Castro M., Pérez O., Vilaró D., Gutiérrez L. Genotype by environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus* L.) to optimize trial network efficiency. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 2017. Vol. 15, № 4. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017154-11016>.

229. Gordienko V. P., Herkiial O. M., Opryshko V. P. *Agriculture.* 1991 28 c.

230. Govaerts B., Verhulst N., Castellanos-Navarrete A., Sayre K. D., Dixon J., Dendooven L. Conservation agriculture and soil carbon sequestration: between myth and farmer reality. *Critical Reviews in Plant Science.* 2009. Vol. 28, № 3. P. 97–122. <https://doi.org/10.1080/07352680902776358>.

231. Graham P. H. Biological dinitrogen fixation: symbiotic. *Principles and applications of soil microbiology.* 1998. Vol. 2. P. 222–241.

232. Green Deal. URL: <https://greendeal.org.ua>.

233. Green V. S., Cavigelli M. A., Dao T. H., Flanagan D. C. Soil physical properties and aggregate-associated C, N, and P distributions in organic and conventional cropping systems. *Soil Science*. Vol. 170. № 10. P. 822–831. <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000190509.18428.fe>.
234. Gregorich E. G., Lapen D. R., Ma B. L., McLaughlin N. B., Vanden Bygaart A. J. Soil and crop response to varying levels of compaction, nitrogen fertilization, and clay content. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. Vol. 75, № 4. P. 1483–1492. <https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0395>.
235. Gul R. M. S., Sajid M., Rauf S., Munir H., Shehzad M., Haider, W. Evaluation of drought-tolerant sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in autumn and spring planting under semi-arid rainfed conditions. *Oilseeds and fats, crops and lipids*. 2021. Vol. 28, № 24. 12 p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021012>.
236. Halvorson A. D., Black A. L., Krupinsky J. M., Merrill S. D., Tanaka D. L. Sunflower response to tillage and nitrogen fertilization under intensive cropping in a wheat rotation. *Agronomy Journal*. 1999. Vol. 91, № 4. P. 637–642. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.914637x>.
237. Han G., Zhou G., Xu Z., Yang Y., Liu J., Shi K. Biotic and abiotic factors controlling the spatial and temporal variation of soil respiration in an agricultural ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*. 2007. Vol. 39, № 2. P. 418–425.
238. Hanáčková E., Macák M., Candrakova E. The nutrients balance of crop rotation as an indicator of sustainable farming on arable land. *Journal of Central European Agriculture*. 2008. Vol. 9. № 3. P. 431–437.
239. Hauggaard-Nielsen H., Holdensen L., Wulfsohn D., Jensen E. S. Spatial variation of N₂-fixation in field pea (*Pisum sativum* L.) at the field scale determined by the 15 N natural abundance method. *Plant and soil*. 2010. Vol. 327, № 1. P. 167–184. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0043-9>.
240. Hebb C., Schoderbek D., Hernandez-Ramirez G., Hewins D., Carlyle C. N., Bork E. Soil physical quality varies among contrasting land uses in Northern Prairie regions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. Vol. 240. P. 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.008>

241. Heiniger R. W., McBride R. G., Clay D. E. Using soil electrical conductivity to improve nutrient management. *Agronomy Journal*. 2003. Vol. 95, № 3. P. 508–519. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.5080>.
242. Heiser C. B. The sunflower. University of Oklahoma Press, 1976. 198 p.
243. Hossam M. I. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia*. 2012. Vol. 4. P. 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.030>.
244. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity / D.L. Corwin, S.M. Lesch, P.J. Shouse, R. Soppe, J.E. Ayars. *Agronomy Journal*. 2003. Vol. 95(2). P. 352–364. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.3520>.
245. Immanuel R. R. Nutrient uptake and nutrient use efficiency of sunflower in response to Zn and B micronutrient fertilization. *Plant Arch*. 2019. Vol. 19. P. 543–547.
246. Immanuel R., Ganapathy M. Characterization of degraded lands in coastal agro ecosystem of Northern Tamil Nadu, India. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*. 2019. Vol. 6, № 2. P. 200–216.
247. Insam H. Developments in soil microbiology since the mid 1960s. *Geoderma*. 2001. Vol. 100. P. 389–402.
248. Ion V., Dicu G., Basa A. G., Dumbrava M., Temocico G., Epure L. I., State D. Sunflower yield and yield components under different sowing conditions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. Vol. 6. P. 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.036>.
249. Iqbal J., Thomasson J. A., Jenkins J. N., Owens P. R., Whisler F. D. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Science Society of America Journal*. 2005. Vol. 69, № 4. P. 1338–1350, <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0154>.
250. Ishizuka J. Trends in biological nitrogen fixation research and application. *Plant Soil*. 1992. Vol. 141. P. 197–209. <https://doi.org/10.1007/BF00011317>.

251. Jackson L. E., Bowles T. M., Hodson A. K., Lazcano C. Soil microbial-root and microbial-rhizosphere processes to increase nitrogen availability and retention in groecosystems. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2012. Vol. 4. P. 517–522.

252. Jajarmizadeh M., Harun S. B., Shahid S., Akib S., Salarpour M. Impact of direct soil moisture and revised soil moisture index methods on hydrologic predictions in an arid climate. *Advances in Meteorology*. 2014. Vol. 8. <https://doi.org/10.1155/2014/156172>.

253. Johnston A. M., Tanaka D. L., Miller P. R., Brandt S. A., Nielsen D. C., Lafond G. P., Riveland N. R. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94, № 2. P. 231–240. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.2310>.

254. Kajaničová I., Ložek O., Slamka P., Várady T. Bilancia dusíka, fosforu a draslíka v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde. *Agrochémia*. 2010. Vol. 51. № 3. P. 21–26.

255. Kalyna, V., Stankevych, S., Myronenko, L., Hrechko, A., Bogatov, O., Bragin, O., Romanov, O., Ogurtsov, Y., Semenov, E., Filenko, O. Improvement of technology of fatty acids obtaining from oil and fat production waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, № 6(116). P. 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254358>

256. Karam F., Lahoud R., Masaad R., Kabalan R., Breidi J., Chalita C., Roupheal, Y. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. *Agricultural water management*. 2007. Vol. 90, № 3. P. 213–223. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.03.009>.

257. Karlen D. L. Crop rotations for the 21st century. *Adv. Agron.* 1994. Vol. 53. P. 1–45.

258. Karpuk, S., Rozhkov A., Popov, V. Mykhailyn. Elements of plant productivity and biological yield capacity of grain sorghum hybrids depending on the inter-row width and seed sowing rate. *Scientific Horizons*. Vol. 25, № 6. P. 55–64.

259. Kelley K. W., Long Jr. J. H., Todd T. C. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crops Research*. 2003. Vol. 83(1). P. 41–50.
260. Kiani M., Hernandez-Ramirez G., Quideau S., Smith E., Janzen H., Larney F. J., Puurveen D. Quantifying sensitive soil quality indicators across contrasting long-term land management systems: Crop rotations and nutrient regimes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. Vol. 248. P. 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.018>.
261. Kirkegaard J., Christen O., Krupinsky J., Layzell D. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research*. 2008. Vol. 107, № 3. P. 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.010>.
262. Kladivko E. J. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res*. 2001. Vol. 61. P. 61–76.
263. Koutný L., Skoupil J., Veselý D. Physical characteristics affecting the infiltration of high intensity rainfall into a soil profile. *Soil and Water Research*. 2014. Vol. 9, № 3. P. 104–110. <https://doi.org/10.17221/93/2013-SWR>.
264. Krupinsky J. M., Tanaka D. L., Merrill S. D., Liebig M. A., Hanson J. D. Crop sequence effects of 10 crops in the northern Great Plains. *Agricultural Systems*. 2006). Vol. 88, № 2–3). P. 227–254.
265. Kudria S. I. Effects of hydrothermal conditions on agrophysical properties of typical chernozem and crop rotation productivity in the system of organic farming. *Land Reclamation and Water Management*. 2020. № 2. P. 70–80.
266. Kumar S., Kadono A., Lal R., Dick W. Long-term no-till impacts on organic carbon and properties of two contrasting soils and corn yields in Ohio. *Soil Science Society of America Journal*. 2012. Vol. 76, № 5. P. 1798–1809.
267. Kussul N., Deininger K., Shumilo L., Lavreniuk M., Ali D. A., Nivievskiy O. Biophysical Impact of Sunflower Crop Rotation on Agricultural Fields. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, № 7. <https://doi.org/10.3390/su14073965>.
268. Kussul N., Lavreniuk M., Shelestov A., Skakun S. Crop inventory at regional scale in Ukraine. Developing in season and end of season crop maps with

multi-temporal optical and SAR satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*. 2018. Vol. 51. P. 627–636. <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1454265>.

269. Lecomte V., Nolot J. M. J. Place du tournesol dans le système de culture. *Innovations agronomiques*. 2011. Vol. 14. P. 59–76.

270. Leguminous plants in natural environment / S. Kozłowski et al. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*. 2011. Vol. 11, № 36. P. 161–181.

271. Lentz D. L., Pohl M. E., Pope K. O., Wyatt A. R. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. *Economic Botany*. 2001. Vol. 55, № 3. Pp. 370–376. <http://www.jstor.org/stable/4256452>. (Accessed 6 Sept. 2023).

272. Lichter K., Govaerts B., Six J., Sayre K. D., Deckers J., Dendooven L. Aggregation and C and N contents of soil organic matter fractions in a permanent raised-bed planting system in the Highlands of Central Mexico. *Plant Soil*. 2008. Vol. 305. P. 237–252.

273. Lipiec J., Stepniowski W. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. *Soil and Tillage Research*. 1995. Vol. 35, № 1–2. P. 37–52. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(95\)00474-7](https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00474-7).

274. Liu C., Plaza-Bonilla D., Coulter J. A., Kutcher H. R., Beckie H. J., Wang L., Gan Y. Diversifying crop rotations enhances agroecosystem services and resilience. In: Sparks D. L. (ed.). *Advances in Agronomy*. 2022. Vol. 173. P. 299–335.

275. Liu K., Bandara M., Hamel C., Knight J. D., Gan Y. Intensifying crop rotations with pulse crops enhances system productivity and soil organic carbon in semi-arid environments. *Field Crop Res.* 2020. Vol. 248 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107657>.

276. Luce St. M., Lemke R., Gan Y., McConkey B., May W., Campbell C. Diversifying cropping systems enhances productivity, stability, and nitrogen use efficiency. *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 112. P. 1517–1536. <https://doi.org/10.1002/agj2.20162>.

277. Lynd L. R., Weimer P. J., Van Zyl W. H., Pretorius I. S. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and molecular*

biology reviews. 2002. Vol. 66, № 3. P. 506–577.
[https://doi.org/10.1128/MMBR.66.3.506–577.2002](https://doi.org/10.1128/MMBR.66.3.506-577.2002).

278. Magcale-Macandog D. B., Bragais M. A., Manlubatan M. B., Javier J. M., Rabena M. A. F., Edrial J. D., Quiñones S. G. L. Decomposition of sunflower cuttings and its impact on soil fertility of rice terraces (payoh) in banaue, ifugao, philippines. *Ecosystem and Species Habitat Modeling for Conservation and Restoration.* 2023. P. 421–435. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0131-9_23.

279. Marais A., Hardy M., Booyse M., Botha A., Effects of monoculture, crop rotation, and soil moisture content on selected soil physicochemical and microbial parameters in wheat fields. *Applied and Environmental Soil Science.* 2012. Vol. 2012, 13 p. <https://doi.org/10.1155/2012/593623>.

280. Martyniuk S. Scientific and practical aspects of legumes symbiosis with root-nodule bacteria. *Polish Journal of Agronomy.* 2012. Vol. 9. P. 17–22.

281. McDaniel M. D., Tiemann L. K., Grandy A. S. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications.* 2014. Vol. 24. P. 560–570. <https://doi.org/10.1890/13-0616.1>.

282. Melnyk A., Akuaku J., Makarchuk A. State and prospects of sunflower production in Ukraine. *Agrofor.* 2017. Vol. 2, № 3. P. 116–123 <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703116M>.

283. Mikanova O., Javurek M., Šimon T., Friedlova M., Vach M. The effect of tillage systems on some microbial characteristics. *Soil and Tillage Research.* 2009. Vol. 105. P. 72–76.

284. Minasny B., Hong S. Y., Hartemink A. E, Kim Y. H., Kang S. S. Soil pH increase under paddy in South Korea between 2000 and 2012. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2016. Vol. 221, P. 205–213.

285. Modesto P. T., Scabora M. H., Colodro G., Maltoni K. L., Cassiolato A. M. R. Alterações em algumas propriedades de um Latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* 2009. Vol. 33. P. 1489–1498. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500039>.

286. Mohsennia O., Jalilian J. Response of safflower seed quality characteristics to different soil fertility systems and irrigation disruption. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 2012. № 3(5). P. 968–976.

287. Montagu K. D., Conroy J. P., Atwell B. J. The position of localized soil compaction determines root and subsequent shoot growth responses. *Journal of Experimental Botany*. 2001). Vol. 52, № 364. P. 2127–2133. <https://doi.org/10.1093/jexbot/52.364.2127>.

288. Moriondo M., Bindi M. 2007. Impact of climate change on the phenology of typical Mediterranean crops. *Italian Journal of Agrometeorology*. 2007. Vol. 3, № 3P. 5–12.

289. MRiRW 2019. Strategy for the sustainable development of rural areas, agriculture and fisheries 2030. Annex to Resolution № 123 of the Council of Ministers of October 15, 2019. Warszawa. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi P. 3–172.

290. Natywa M., Selwet M., Maciejewski T. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na liczebność i aktywność drobnoustrojów glebowych. *Fragmenta Agronomica*. 2014. № 31. P. 56–63.

291. Needelman B. A., Wander M. M., Bollero G. A., Boast C. W., Sims G. K., Bullock D. G. Interaction of tillage and soil texture biologically active soil organic matter in Illinois. *Soil Science Society of America Journal*. 1999. Vol. 63, № 5. P. 1326–1334.

292. Neina D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*. 2019. Vol. 2019. 9 p., <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>.

293. Nielsen D. C., Aiken R. M. Wind speed above and within sunflower stalks varying in height and population. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1998. Vol. 53, № 4. P. 347–352.

294. Nielsen D. C., Anderson R. L., Bowman R. A., Aiken R. M., Vigil M. F., Benjamin J. G. Winter wheat and proso millet yield reduction due to sunflower in rotation. *Journal of production agriculture*. 1999. Vol. 12, № 2. P. 193–197. <https://doi.org/10.2134/jpa1999.0193>.

295. Nobre R. G., Gheyi H. R., Correia K. G., Soares F. A. L., Andrade L. O. Growth and flowering of sunflower under saline stress and nitrogen fertilization. *Revista Ciência Agronômica*. 2010. Vol. 41, № 3. P. 358–365.
296. Nolot J. M., Debaeke P. Principes et outils de conception, conduite et évaluation de systèmes de culture. *Cahiers Agricultures*. 2003. Vol. 12(6). P. 387–400.
297. Nyéki A., Milics G., Kovács A. J., Neményi M. Improving yield advisory models for precision agriculture with special regards to soil compaction in maize production. *Precision agriculture*. 2013. Vol. 13. P. 443–450. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-778-3_54.
298. Ondrišík P., Porhajašová J., Urmínská J., Ňaršanská M. The effect of agrotechnical interventions on seasonal changes of inorganic nitrogen content in the soil. *Journal Central European Agriculture*. 2009. Vol. 10, № 1. P. 101–108.
299. Osman M. A., Onono J. O., Olaka L. A., Elhag M. M., Abdel-Rahman E. M. Climate variability and change affect crops yield under rainfed conditions: A case study in Gedaref State, Sudan. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, № 9. P. 1680. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091680>.
300. Otgonbayar S., Nyamdorj O., Erdenetugs E. Effect of crop rotation in soil microorganisms. *Mongolian Journal of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 31, № 3. P. 132–136. <https://doi.org/10.5564/mjas.v31i3.1546>.
301. Özgöz E. Long term conventional tillage effect on spatial variability of some soil physical properties. *Journal of Sustainable Agriculture*. 2009. Vol. 33, № 2, 142–160. <https://doi.org/10.1080/10440040802395056>.
302. Peoples M. B., Craswell E. T. Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant and soil*. 1992. Vol. 141, № 1. P. 13–39. <https://doi.org/10.1007/BF00011308>.
303. Peralta A. L., Sun Y., McDaniel M. D., Lennon J. T. Crop rotation diversity increases disease suppressive capacity of soil microbiomes. *Ecosphere*. 2018. Vol. 9. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2235>.
304. Pietri J. C. A., Brookes P. C. Nitrogen mineralisation along a pH gradient of a silty loam UK soil. *Soil Biology & Biochemistry*. 2008. Vol. 40, № 3. P. 797–802.

305. Pietri J. C. A., Brookes P. C. Relationships between soil pH and microbial properties in a UK arable soil. *Soil Biology & Biochemistry*. 2008. Vol. 40, № 7. P. 1856–1861.

306. Piķula D., Rutkowska A. Effect of leguminous crop and fertilization on soil organic carbon in 30-years field experiment. *Plant Soil Environ*. 2014. Vol. 60. P. 507–511. <https://doi.org/10.17221/436/2014-PSE>.

307. Pulse-included diverse crop rotations improved the systems economic profitability: evidenced in two 4-year cycles of rotation experiments. M. Khakbazan *et al.* *Agron. Sustain. Dev.* 2022. Vol. 42 <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00831-2>.

308. Rauf S. Breeding Strategies for Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Genetic improvement. In: Advances in Plant Breeding Strategies (Eds.). *Industrial and food crops*. 2019. Vol. 6. P. 637–673. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_16.

309. Rauf S., Al-Khayri J. M., Zaharieva M., Monneveux P., Khalil F. Breeding Strategies to Enhance Drought Tolerance in Crops. In: Al-Khayri, J., Jain, S., Johnson, D. (Eds.) *Advances in Plant Breeding Strategies: Agronomic, Abiotic and Biotic Stress Traits*. 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22518-0_11.

310. Rauf S., Jamil N., Tariq S. A., Khan M., Kausar M., Kaya Y. Progress in modification of sunflower oil to expand its industrial value. *Journal of the science of food and agriculture*. 2017. Vol. 97, № 7. P. 1997–2006. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8214>.

311. Rauf S., Ortiz R., Shehzad M., Haider W., Ahmed I. The exploitation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed and other parts for human nutrition, medicine and the industry. *Helia*. 2020. Vol. 43, № 73. P. 167–184. <https://doi.org/10.1515/helia-2020-0019>.

312. Reynolds S. G. The Gravimetric method of soil moisture determination. A study of equipment, and methodological problems. *Journal of Hydrology*. 1970. № 11. P. 258–273.

313. Riedell W. E., Osborne S. L., Pikul J. L. Soil attributes, soybean mineral nutrition and yield in diverse crop rotations under no-till conditions. *Agronomy Journal*. 2013. Vol. 105. P. 1231–1236. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0037>.

314. Rodriguez-Lizana A., Carbonell R., González P. Ordóñez R. N, P and K released by the field decomposition of residues of a pea-wheat-sunflower rotation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2010. Vol. 87. P. 199–208. <https://doi.org/10.1007/s10705-009-9328-x>.
315. Rondanini D., Savin R., Hall A. J. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. *Field Crops Research*. 2003. Vol. 83, № 1. P. 79–90.
316. Rozhkov A.O., Karpuk L.M., Mikheeva O.O., Ogurtsov E.M., Romanov O.V., Mamatov M.V., Derevianko I.O. Yield of soybean varieties depending on the combination of different sowing methods and seeding rates in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *EurAsian Journal of BioSciences, Eurasia J Biosci*. Vol. 14. P. 2049–2060.
317. Sadras V. O., Connor D. J. Physiological basis of the response of harvest index to the fraction of water transpired after anthesis: a simple model to estimate harvest index for determinate species. *Field Crops Research*. 1991. Vol. 26, № 3–4. P. 227–239. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(91\)90001-C](https://doi.org/10.1016/0378-4290(91)90001-C).
318. Saldaña A., Stein A., Zinck J. A. Spatial variability of soil properties at different scales within three terraces of the Henares River (Spain). *Catena*. 1998. Vol. 33, № 3–4. P. 139–153, [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00090-3](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00090-3).
319. Salvi F., Pouzet A. Étude sur les causes possibles du ralentissement du progrès agronomique en colza d'hiver et en tournesol. *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*. 2010. Vol. 96, № 3. Pp. 24–32.
320. Scapinelli A., Deina F. R., Valadão Junior D. D., Valadão F. C. A., Pereira L. B. Root system and productive components of the sunflower in a compacted soil. *Bragantia*. 2016. Vol. 75. P. 474–486.
321. Schimel J. P., Schaeffer S. M. Microbial control over carbon cycling in soil. *Frontiers in microbiology*. 2012. Vol. 3. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00348>.
322. Schöning J., Wachter P., Trautz D. Crop rotation and management tools for every farmer? The current status on crop rotation and management tools for

enabling sustainable agriculture worldwide. *Smart Agricultural Technology*. 2023. Vol. 3. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100086>.

323. Sharma S. K., Ramesh A., Sharma P., Joshi O., Govaerts B., Steenwerth K. L., Karlen D. L. Microbial community structure and diversity as indicator for evaluating soil quality. In: E. Lichtfouse (Ed.). *Biodiversity. Biofuels, Agroforestry and Conservation Agriculture. Sustainable Agriculture Reviews*. 2010. Vol. 5. P. 317–347.

324. Shukla A., Panchal H., Mishra M., Patel P. R., Srivastava H. S., Patel P., Shukla A. K. Soil moisture estimation using gravimetric technique and FDR probe technique: a comparative analysis. *American International Journal of Research in Formal. Applied & Natural Sciences*. 2014. Vol. 8. P. 89–92.

325. Singh J. S., Pandey V. C., Singh D. P. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture. Ecosystems and Environment*. 2011. Vol. 140. P. 339–353.

326. Six J., Bossuyt H., Degryze S. Denef K. A history of research on the link between(micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.* 2004. Vol. 79. P. 7–31.

327. Skopp J., Jawson M. D., Doran J. W. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 54, № 6. P. 1619–1625. <https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400060018x>.

328. Soane B. D., Ball B. C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Reaserch*. 2012. Vol. 118. P. 66–87.

329. Sobolev D. Oilseeds and Products Annual. USDA FAS: Kyiv, Ukraine. URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Oilseeds%20and%20Products%20Annual_Kyiv_Ukraine_04-15-2020.

330. Stadler A., Rudolph S., Kupisch M., Langensiepen M., van der Kruk J., Ewert F. Quantifying the effects of soil variability on crop growth using apparent soil electrical conductivity measurements. *European journal of agronomy*. 2015. Vol. 64. P. 8–20. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.004>.

331. Stockdale C. R.; Cohen D. C., Doyle P. T. Nutritive characteristics of irrigated perennial pastures in northern Victoria and the selection of nutrients by grazing dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2001. Vol. 41, № 5. P. 601–609. <https://doi.org/10.1071/EA00161>.

332. Sutradhar A., Lollato R. P., Butchee K., Arnall D. B. Determining Critical Soil pH for Sunflower Production. *International Journal of Agronomy*. 2014. Vol. 2014. 13 p. <https://doi.org/10.1155/2014/894196>.

333. Tiemann L. K., Grandy A. S., Atkinson E. E., Marin-Spiotta E., McDaniel M. D. Crop rotational diversity enhances belowground communities and functions in an agroecosystem. *Ecology Letters*. 2015. <https://doi.org/10.1111/ele.12453>.

334. Tolck J. A., Howell T. A. Sunflower water productivity in four Great Plains soils. *Field Crops Research*. 2012. Vol. 127. P. 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.11.012>.

335. Ukraine Common Country Analysis. URL: <https://ukraine.un.org/en/126017-ukraine-common-country-analysis>.

336. United States Department of Agriculture. Production, supply, and distribution reports – Oilseeds. 2023. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/>.

337. Venter Z. S., Jacobs K., Hawkins H.-J. The impact of crop rotation on soil microbial diversity: A meta-analysis. *Pedobiologia*. 2016. Vol. 59. P. 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2016.04.001>.

338. Venterink H. O., Davidsson T. E., Kiehl K., Leonardson L. Impact of drying and re-wetting on N, P and K dynamics in a wetland soil. *Plant and soil*. 2002. Vol. 243. P. 119–130. <https://doi.org/10.1023/A:1019993510737>.

339. Veum K. S., Goyne K. W., Kremer R. J., Miles R. J., Sudduth K. A. Biological indicators of soil quality and soil organic matter characteristics in an agricultural management continuum. *Biogeochemistry*. 2014. Vol. 117. P. 81–99. <https://doi.org/10.1007/s10533-013-9868-7>.
340. Villalobos F. J., Ritchie J. T. The effect of temperature on leaf emergence rates of sunflower genotypes. *Field Crops Research*. 1992. Vol. 29, № 1. P. 37–46.
341. Vojtěch Tláškal et al. Bacterial succession on decomposing leaf litter exhibits a specific occurrence pattern of cellulolytic taxa and potential decomposers of fungal mycelia. *FEMS Microbiology Ecology*. Vol. 92, № 11. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw177>.
342. Wang Z. M., Song K. S., Zhang B., Liu D. W., Li X. Y., Ren C. Y., Zhang S. M., Luo L., Zhang C. H. Spatial variability and affecting factors of soil nutrients in croplands of Northeast China: a case study in Dehui County. *Plant Soil Environ*. 2009. Vol. 55, № 3. P. 110–120.
343. Webster R., Oliver M. A. *Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1990.
344. Wen-Zhi Z. E. N. G., Chi X. U., Jing-Wei W. U., Huang J. S., Qiang Z. H. A. O., Mou-Song W. U. Impacts of salinity and nitrogen on the photosynthetic rate and growth of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Pedosphere*. 2014. Vol. 24, № 5. P. 635–644.
345. Wepruk E., Diochon A. L., Eerd Van L., Gregorich E., Deen B., Hooker D. Identifying rotation and tillage practices that maintain or enhance soil carbon and its relation to soil health. *Canadian Journal of Soil Science*. 2022. Vol. 103, № 1. P. 191–199. <https://doi.org/10.1139/cjss-2021-0161>.
346. White R. E. *Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource*, Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2006.
347. Woźniak A., Soroka M. Effect of crop rotation and tillage system on weed infestation and yield of spring wheat and on soil properties. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2018. Vol. 16. P. 3087–3096. https://doi.org/10.15666/aecer/1603_30873096.

348. Xu C., Xu X., Liu M., Yang J., Zhang Y., Li Z. Developing pedotransfer functions to estimate the S-index for indicating soil quality. *Ecological indicators*. 2017. Vol. 83. P. 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.011>.
349. Yan N., Marschner P., Cao W., Zuo C., Qin W. Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International soil and water conservation Research*. 2015. Vol. 3, № 4. P. 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>.
350. Yao H., Bowman D., Shi W. Seasonal variations of microbial biomass and activity in warm- and cool-season turfgrass systems. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. Vol. 43. P. 1536–1543.
351. Zegar J. Contemporary agricultural challenges. Paradigms – globalization – politics. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. 2012. P. 384.
352. Zobiole L. H. S., Castro C. D., Oliveira F. A. D., Oliveira Júnior A. D., Moreira A. Sunflower micronutrient uptake curves. *Ciência e Agrotecnologia*. 2011. Vol. 35. P. 346–353.
353. Zuber S. M., Behnke G. D., Nafziger E. D., Villamil M. B. Carbon and nitrogen content of soil organic matter and microbial biomass under long-term crop rotation and tillage in Illinois, USA. *Agriculture*. 2018. Vol. 8, № 3. P. 37. <https://doi.org/10.3390/agriculture8030037>.
354. Zuber S. M., Behnke G. D., Nafziger E. D., Villamil M. B. Crop rotation and tillage effects on soil physical and chemical properties in Illinois. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107, № 3. P. 971–978.
355. Zuber S. M., Behnke G. D., Nafziger E. D., Villamil M. B. Carbon and nitrogen content of soil organic matter and microbial biomass under long-term crop rotation and tillage in Illinois. *Agriculture*. 2018. Vol. 8, № 3. 12 p. <https://doi.org/10.3390/agriculture8030037>.
356. Zymarioieva A., Zhukov O., Fedoniuk T., Pinkina T., Vlasiuk V. Edaphoclimatic factors determining sunflower yields spatiotemporal dynamics in northern Ukraine. *Oilseeds and fats, crops and lipids*. 2021. Vol. 28, № 26. 13 p. <https://doi.org/10.1051/ocl/2021013>.

ДОДАТКИ

Додаток А
Погодні умови під час вегетації соняшнику

Таблиця А.1

Погодні умови під час вегетації соняшнику, 2019 р.

Декада	Температура повітря, °С	Сума опадів, мм
Травень		
1	9,8	30,6
2	9,8	3,8
3	14,9	9,0
За місяць	11,5	43,4
Червень		
1	23,9	12,7
2	26,1	0,0
3	24,3	2,5
За місяць	24,8	15,2
Липень		
1	21,5	25,9
2	20,2	0,0
3	29,5	12,9
За місяць	23,7	38,8
Серпень		
1	19,0	13,6
2	24,0	0,0
3	23,4	0,0
За місяць	22,1	13,6
Вересень		
1	23,0	0,0
2	16,9	2,0
3	12,1	11,0
За місяць	17,3	13

Таблиця А.2

Погодні умови під час вегетації соняшнику, 2020 р.

Декада	Температура повітря, °С	Сума опадів, мм
Травень		
1	7,9	0,4
2	7,5	5,3
3	11,0	8,0
За місяць	8,8	13,7
Червень		
1	18,5	33,0
2	24,4	19,8
3	22,9	1,4
За місяць	21,9	54,2
Липень		
1	23,9	0,0
2	23,8	0,0
3	23,8	13,0
За місяць	23,8	13,0
Серпень		
1	22,0	0,0
2	20,8	0,0
3	21,3	5,8
За місяць	21,4	5,8
Вересень		
1	22,3	0,0
2	16,7	0,0
3	17,3	1,3
За місяць	18,8	1,3

Таблиця А.3

Погодні умови під час вегетації соняшнику, 2021 р.

Декада	Температура повітря, °С	Сума опадів, мм
Травень		
1	13,4	14,0
2	16,5	28,7
3	18,5	8,8
За місяць	16,1	51,5
Червень		
1	15,4	50,8
2	21,4	23,4
3	25,6	7,7
За місяць	20,8	81,9
Липень		
1	24,8	11,2
2	25,4	3,2
3	26,2	5,1
За місяць	25,5	19,5
Серпень		
1	26,2	2,2
2	25	5,9
3	23	3,7
За місяць	24,7	11,8
Вересень		
1	15,1	2,3
2	17,4	18,3
3	9,8	11,4
За місяць	14,1	32,0

Таблиця А.4

Погодні умови під час вегетації соняшнику, 2022 р.

Декада	Температура повітря, °С	Сума опадів, мм
Травень		
1		
2		
3	15,6	13,0
За місяць		
Червень		
1	21,2	14,0
2	22	20,0
3	21,7	24,0
За місяць	21,6	58,0
Липень		
1	24	3,0
2	19,9	62,0
3	21,7	9,0
За місяць	21,9	74,0
Серпень		
1	22	22,0
2	23,9	9,0
3	23,8	10,0
За місяць	23,2	41,0
Вересень		
1	12,2	8,0
2	13,1	42,0
3	11,5	29,0
За місяць	12,3	79,0

Додаток Б

Водно-фізичні показники ґрунту

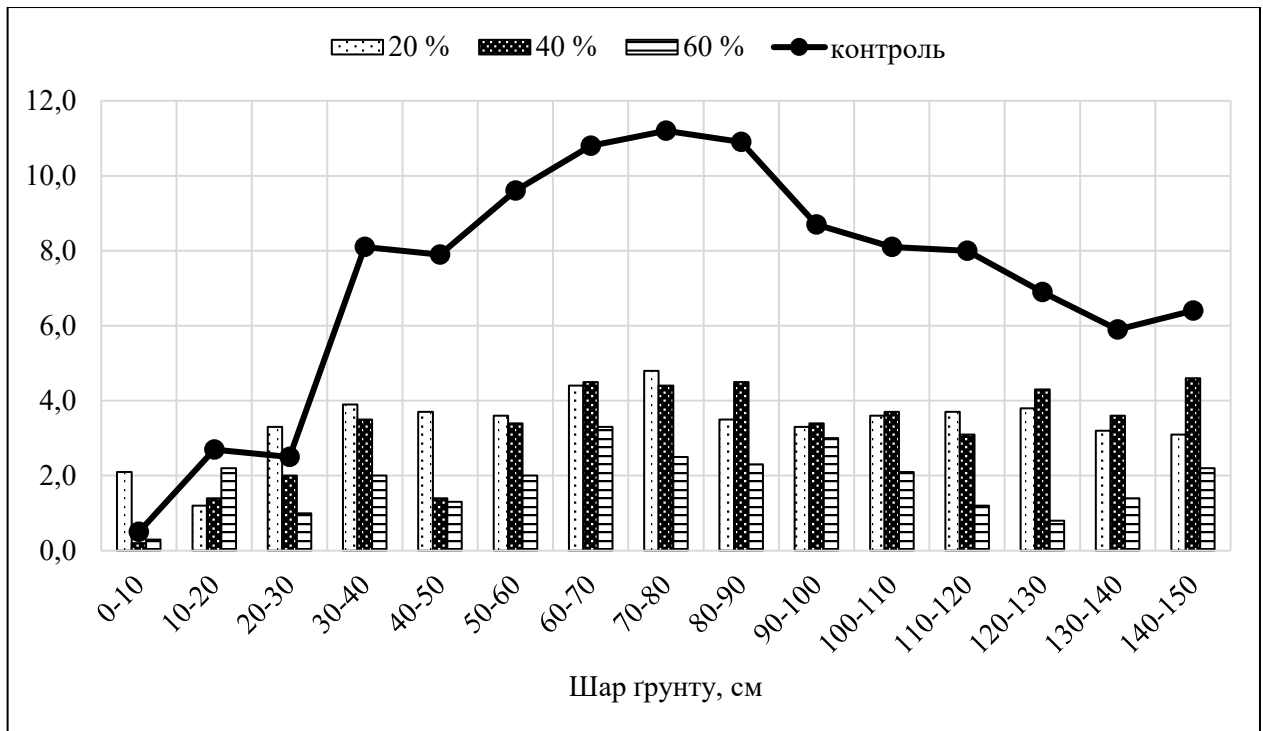


Рис. Б. 1. Запаси доступної вологи по шарах ґрунту залежно від насичення сівозмін соняшником, мм (2020 р.)

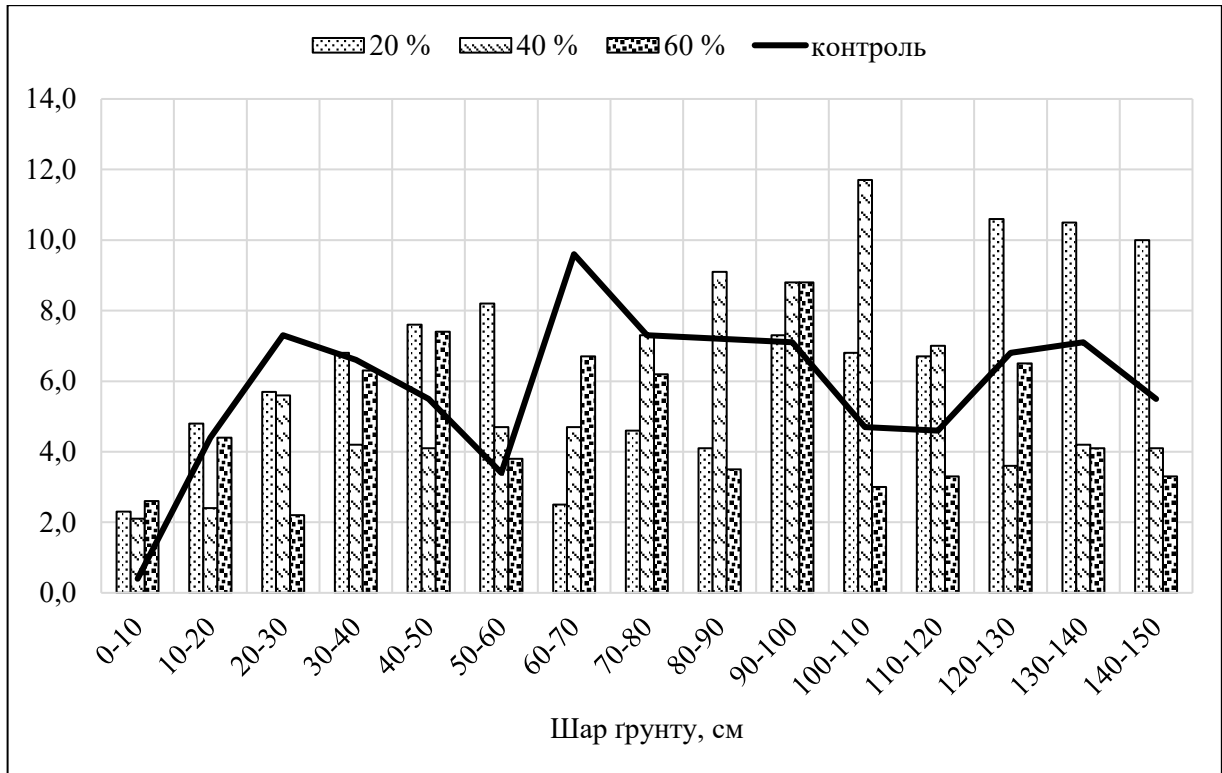


Рис. Б. 2. Запаси доступної вологи по шарах ґрунту залежно від насичення сівозмін соняшником, мм (2021 р.)

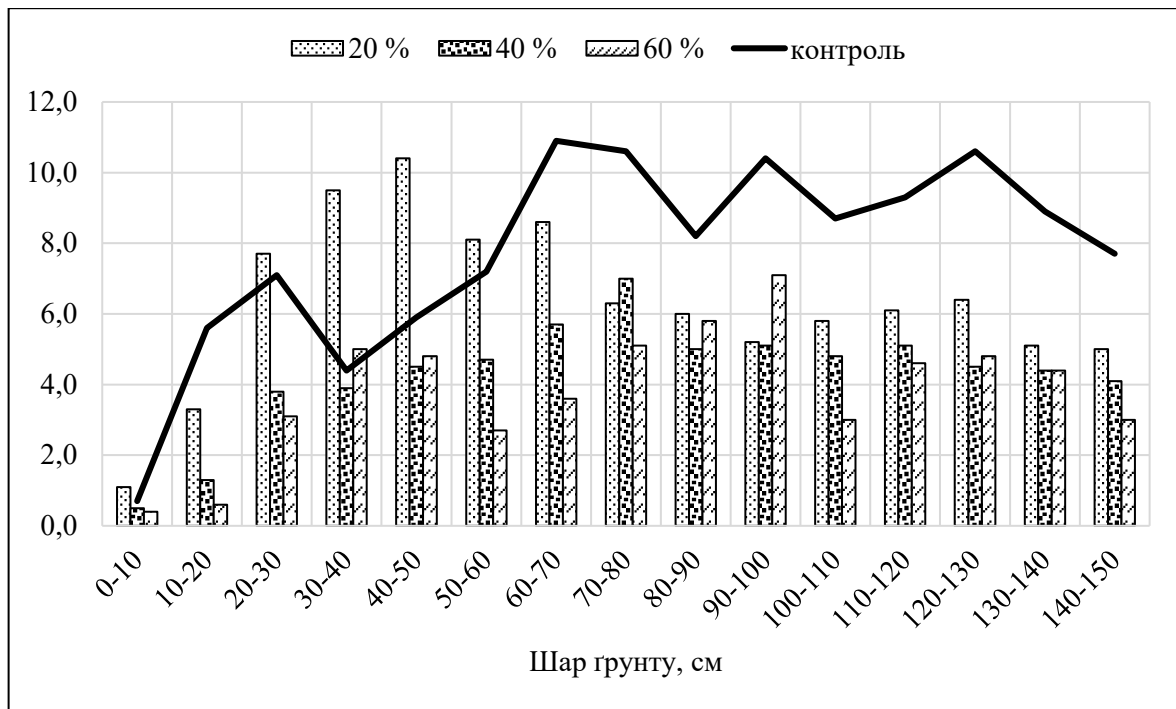


Рисунок Б. 3. Запаси доступної вологи по шарах ґрунту залежно від насичення сівозмін соняшником, мм (2022 р.)

Додаток В

Агрофізичні показники ґрунту

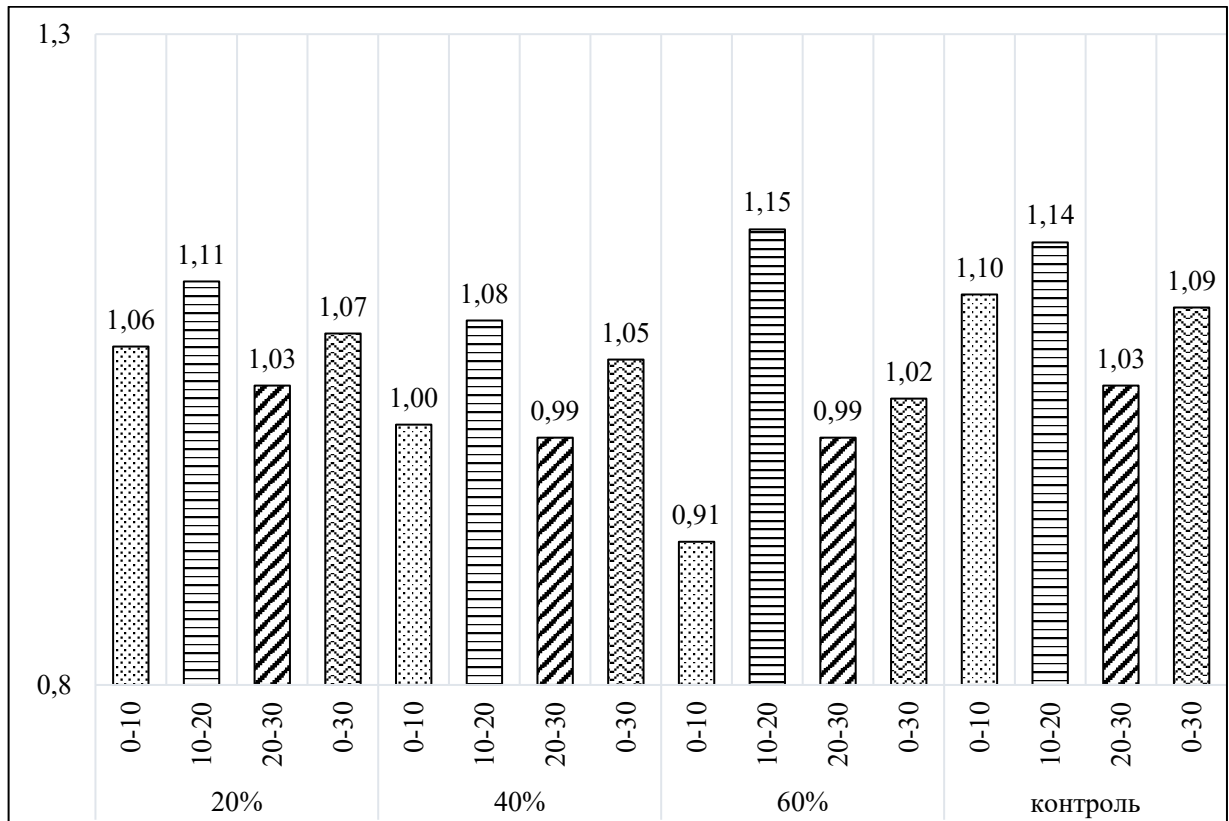


Рисунок В.1. Щільність складення ґрунту залежно від насичення сівозмін соняшником, г/см³ (2020 р.)

Додаток В. 2

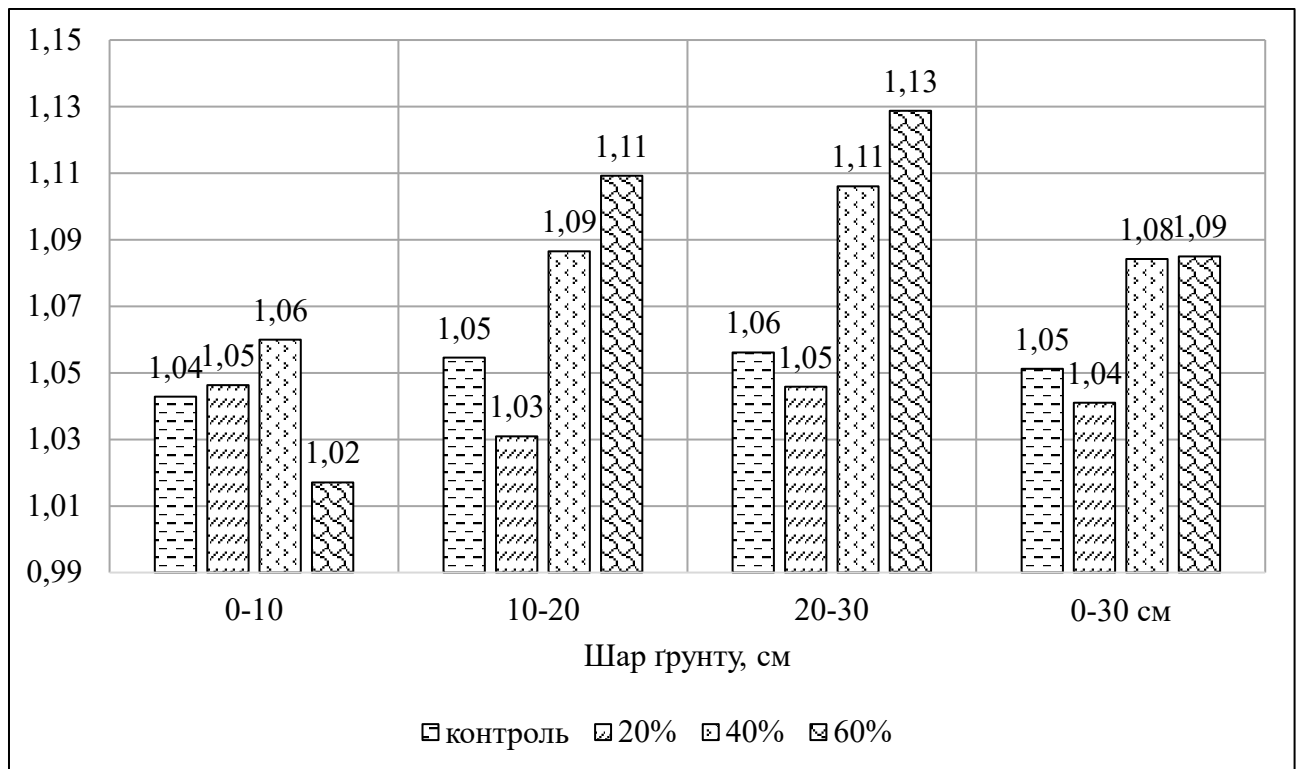


Рисунок В.2. Щільність складення ґрунту залежно від насичення сівозмін соняшником, г/см³ (2021 р.)

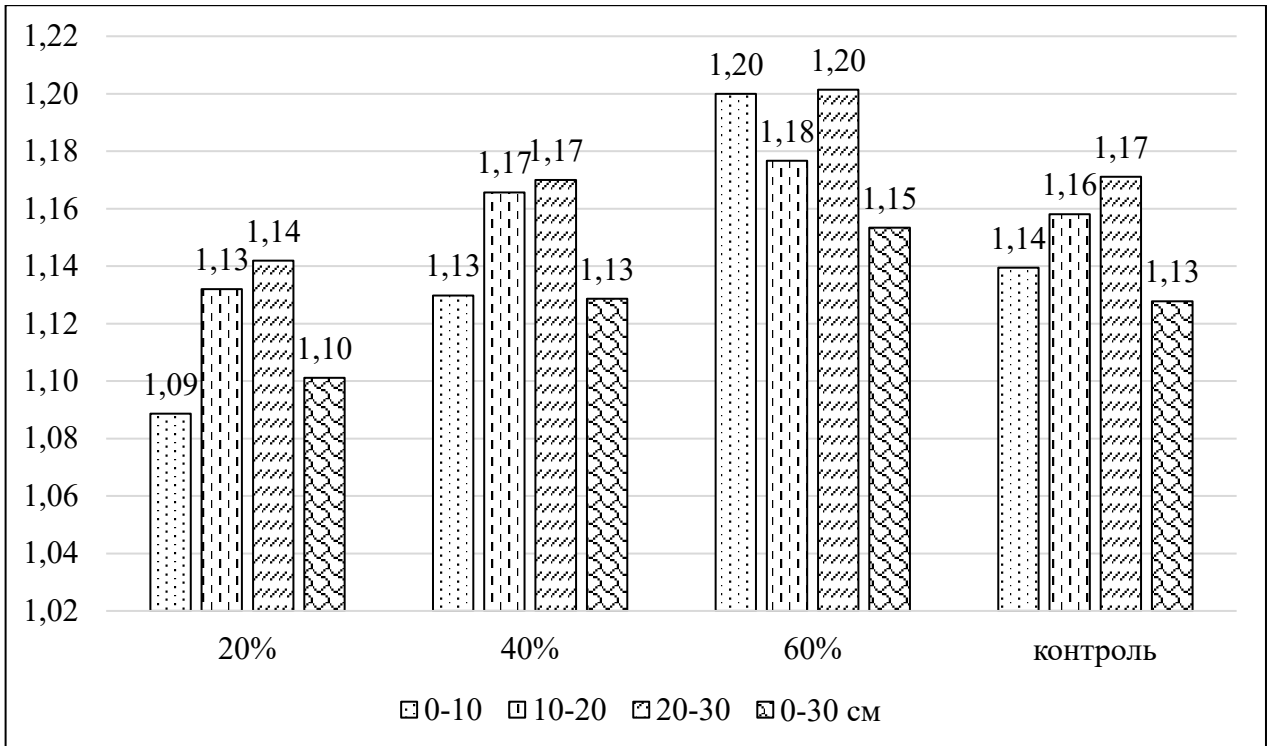


Рисунок В.3. Щільність складення ґрунту залежно від насичення сівозмін соняшником, г/см³ (2022 р.)

Таблиця В.4.

Уміст водотривких агрегатів залежно від насичення сівозмін соняшником
(середнє за 2020–2022 рр.)

Шар грунт, см	Уміст фракцій водостійких макроагрегатів, %, за діаметром, мм						Σ < 0,25 мм
	>5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	
Частка соняшнику 20 %							
0–10	0,39	1,27	1,93	10,33	13,64	34,97	62,53
10–20	0,47	1,74	3,75	26,46	17,27	24,68	74,37
20–30	0,19	1,31	5,31	29,25	17,26	25,10	78,42
0–30	0,35	1,44	3,66	22,01	16,06	28,25	71,43
Частка соняшнику 40 %							
0–10	0,47	0,96	2,14	9,82	17,08	32,42	62,91
10–20	0,36	1,29	3,70	22,26	16,73	26,37	70,71
20–30	0,25	1,07	3,59	21,72	18,76	22,58	67,97
0–30	0,36	1,11	3,14	17,94	17,52	27,13	66,84
Частка соняшнику 60 %							
0–10	1,16	1,44	2,76	12,77	13,64	26,02	57,78
10–20	0,22	1,74	4,23	19,07	16,62	24,78	66,68
20–30	0,11	0,78	3,06	13,95	20,59	27,57	66,05
0–30	0,50	1,32	3,35	15,27	16,95	26,12	63,01
Контроль							
0–10	0,2	0,85	2,83	6,60	16,19	24,16	50,78
10–20	0,3	0,85	3,04	16,56	18,71	24,14	63,55
20–30	0,01	0,84	2,20	16,68	21,17	23,13	64,02
0–30	0,1	0,8	2,7	13,3	18,7	23,8	59,3

Додаток Г
Агрохімічні показники ґрунту

Таблиця Г.1

Уміст легкогідролізного азоту у ґрунті залежно від насичення сівозмін
соняшником, мг/кг ґрунту

Частка соняшнику у сівозміні	Шар ґрунту, см	Роки досліджень		
		2020	2021	2022
20 %	0–10	146	147	143
40 %		152	151	152
60 %		149	143	145
Контроль		149	142	146
20 %	10–20	132	142	140
40 %		125	134	130
60 %		138	124	126
Контроль		128	137	129
20 %	20–30	122	143	133
40 %		122	132	128
60 %		121	126	124
Контроль		122	140	138
20 %	0–30	133	144	139
40 %		133	139	137
60 %		136	131	132
Контроль		133	140	138

Таблиця Г.2

Уміст рухомого фосфору у ґрунті залежно від насичення сівозмін соняшником,
мг/кг ґрунту

Частка соняшнику у сівозміні	Шар ґрунту, см	Роки досліджень		
		2020	2021	2022
20 %	0–10	82	118	98
40 %		84	171	122
60 %		71	98	89
Контроль		109	85	97
20 %	10–20	71	66	70
40 %		59	65	69
60 %		65	61	63
Контроль		73	73	75
20 %	20–30	66	65	65
40 %		67	61	63
60 %		48	60	54
Контроль		80	68	74
20 %	0–30	73	83	78
40 %		70	99	85
60 %		62	73	68
Контроль		87	75	82

Таблиця Г.3

Уміст обмінного калію у ґрунті залежно від насичення сівозмін соняшником,
мг/кг ґрунту

Частка соняшнику у сівозміні	Шар ґрунту, см	Роки досліджень		
		2020	2021	2022
20 %	0–10	119	94	107
40 %		117	109	114
60 %		122	84	111
Контроль		157	151	155
20 %	10–20	100	70	81
40 %		97	76	92
60 %		114	62	85
Контроль		109	78	98
20 %	20–30	86	73	80
40 %		92	70	78
60 %		100	52	81
Контроль		100	60	84
20 %	0–30	102	79	89
40 %		102	85	95
60 %		112	66	92
Контроль		122	96	112

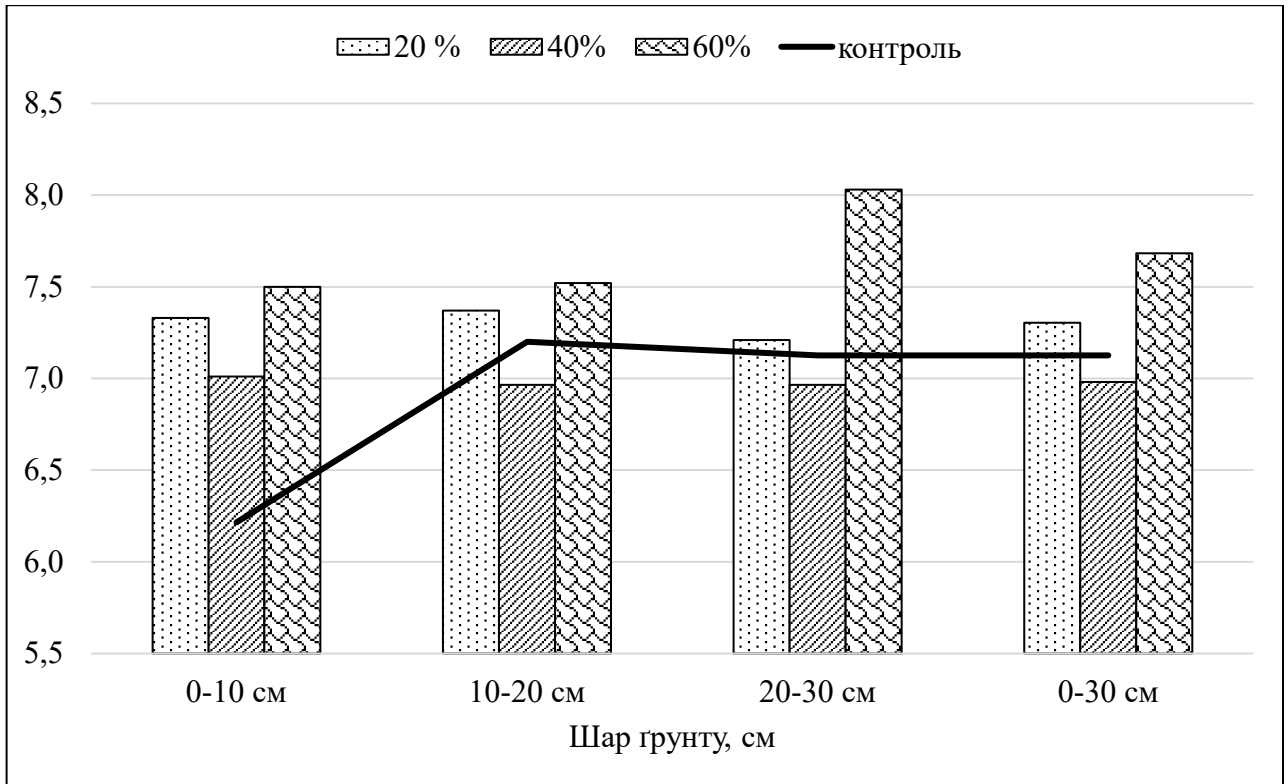


Рисунок Г.4. рН ґрунту залежно від насичення сівозміни соняшником, 2020 р.

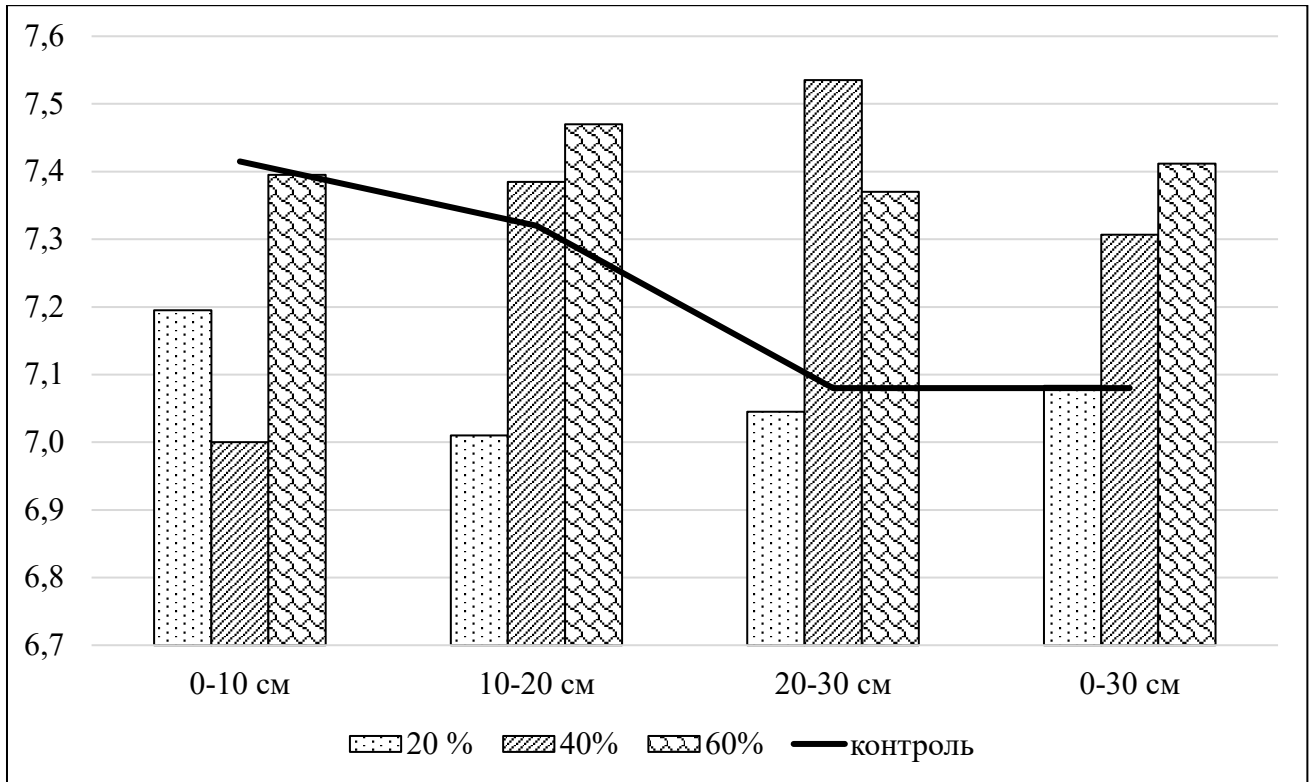


Рисунок Г.5. рН ґрунту залежно від насичення сівозміни соняшником, 2021 р.

Додаток Д

Мікробіологічна активність ґрунту

Таблиця Д.1

Целюлозолітична активність ґрунту залежно від насичення сівозмін
соняшником, % від початкової маси

Частка соняшнику у сівозміні, %	Шар ґрунту, см	Роки досліджень		
		2020	2021	2022
20	0–10	2,0	8,2	17,29
	10–20	2,9	30,2	33,02
	20–30	3,0	33,4	43,87
	0–30	2,6	23,9	31,39
40	0–10	2,2	41,1	22,74
	10–20	2,9	44,4	40,09
	20–30	4,1	46,9	46,94
	0–30	3,1	44,1	36,59
60	0–10	3,8	43,3	41,05
	10–20	5,6	46,5	54,96
	20–30	5,8	66,4	65,17
	0–30	5,1	52,1	53,73
Контроль	0–10	1,7	4,8	5,21
	10–20	2,1	11,3	13,72
	20–30	2,5	14,6	15,42
	0–30	2,1	10,2	11,45

Додаток Ж



УЗГОДЖЕНО
Проректор з наукової роботи
Державного біотехнологічного університету

Валерій МИХАЙЛОВ
М. П. «__» _____ 2023 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських
і технологічних робіт в освітній процес закладів вищої освіти

Замовник Державний біотехнологічний університет

В. о. ректора ДБТУ к. т. н. Кудряшов А. І.

Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи:
«Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах
Лівобережного Лісостепу України»

виконаної на кафедрі: землеробства та гербології ім. О. М. Можейка, здобувачем освітньо-
наукового ступеня «доктор філософії» Дегтярьовою Зінаїдою Олексіївною

впроваджено в освітній процес кафедри: землеробства та гербології ім. О. М. Можейка

1. Вид впроваджених результатів: методологічний (оптимізація та вдосконалення
вирощування соняшнику у сівозмінах короткої ротації).

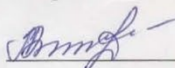
2. Форма впровадження: застосування результатів досліджень в освітньому процесі.

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: модифікації (у результаті досліджень
обґрунтовано можливість збільшення частки соняшнику в короткоротаційних сівозмінах до
40 %).

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких впроваджено результати НДР: – по кафедрі
землеробства та гербології ім. О. М. Можейка, за дисциплінами «Землеробство» та «Системи
землеробства» (спеціальність – 201 Агрономія).

5. Соціальний і науково-економічний ефект: отримані результати мають вагоме значення для
сталості сільського господарства, у свою чергу, це вплине на розвиток, ефективність,
стабільний виробничий процес і прибутковість аграрного бізнесу, а також забезпечить
достатню кількість продовольства та розвиток локальних спільнот.

Виконавець:
аспірант

 Зінаїда Дегтярьова

«__» _____ 2023 р.

Завідувач кафедри землеробства та
гербології ім. О. М. Можейка, професор

 Микола ШЕВЧЕНКО

«__» _____ 2023 р.

Додаток К

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи ДБТУ

Валерій МИХАЙЛОВ

М. П.

«__» _____ 20__ р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ»

Сергій ДОЛЯ

М. П.

«__» _____ 20__ р.

А К Т
ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО

Замовник ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ»

Доля Сергій Миколайович

Цим актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи, яку виконано на тему «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України» на кафедрі землеробства та гербології ім. О. М. Можейка, яка виконувалась у 2021 р., впроваджені у рамках договору № 03/21/Д від 16.03.2021 р. з ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ» вартістю 51000 грн (п'ятдесят одна тисяча грн) 00 коп.

1. Вид впроваджених результатів насичення сівозмін соняшником.
2. Характеристика масштабу впровадження універсальне.
3. Форма впровадження: передача результатів досліджень підприємству для застосування у виробничих умовах.
4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно-нові.
5. Дослідно-промислова перевірка ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ», 2021 р.
6. Впроваджені:
 - у промислове виробництво ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ».
 - у проектні роботи _____
7. Річний економічний ефект: у результаті впровадження наукової розробки на площі 21 га встановлено, що при насиченні сівозмін соняшником було отримано умовно чистого прибутку більше на 4347 грн/га, а рівень рентабельності збільшився на 42,5 %.
8. Соціальний і науково-технічний ефект полягає в удосконаленні елементів систем землеробства, що призвело до отримання високого рівня доходу підприємства, покращення умов праці, збільшення робочих місць. Підвищення врожайності соняшнику дозволяє краще забезпечити продуктами харчування населення України та світу. Окремі елементи дослідження свідчать про те, що вирощування соняшнику не призводить до зниження родючості ґрунту.

ВІД ВИКОНАВЦІВ

Зінаїда ДЕГТЯРЬОВА

ВІД ПІДПРИЄМСТВА



ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ»

Сергій ДОЛЯ

Додаток Л

ДОВІДКА

**щодо соціального ефекту від впровадження результатів
наукової роботи «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику
у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України»**

Соціальний ефект від виконання госпдоговірної теми «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України» полягає в удосконаленні систем землеробства, що призвело до отримання високого рівня доходу підприємства, покращення умов праці, збільшення робочих місць. Підвищення врожайності соняшнику дозволяє краще забезпечити продуктами харчування населення України та світу.

ТОВ «АГРОЕКСПЕРТ» _____ Сергій ДОЛЯ



Додаток М

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи ДБТУ

Валерій МИХАЙЛОВ

«__» _____ 20__ р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»»

Ігор БОРЗЕНКОВ

М. П. «АГРОЗООВЕТ»

«__» _____ 20__ р.

А К Т

ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО

ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»»

Борзенков Ігор Михайлович

Цим актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи, яку виконано на тему «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України» на кафедрі землеробства та гербології ім. О. М. Можейка вартістю 51000 грн (п'ятдесят одна тисяча грн) 00 коп., яка виконувалася з 2021 р. по 2022 р. впроваджені у рамках договору № 05/21/Д від 29.03.2021 р. з ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»».

1. Вид впроваджених результатів насичення сівозмін соняшником.
2. Характеристика масштабу впровадження універсальне.
3. Форма впровадження: передача результатів досліджень підприємству для застосування у виробничих умовах.
4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно-нові.
5. Дослідно-промислова перевірка ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»», 2021–2022 рр.
6. Впроваджені:
 - у промислове виробництво ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»».
 - у проектні роботи _____
7. Річний економічний ефект: у результаті впровадження наукової розробки на площі 81 га встановлено, що за рахунок насичення сівозмін соняшником умовно чистий прибуток збільшився на 4776 грн/га, а рівень рентабельності на 37,9%.
8. Соціальний і науково-технічний ефект полягає в удосконаленні елементів систем землеробства, що призводить до отримання високого рівня доходу підприємства, покращення умов праці, збільшення робочих місць. Підвищення врожайності соняшнику дозволяє краще забезпечити продуктами харчування населення України та світу. Окремі елементи дослідження свідчать про те, що насичення сівозмін соняшником не призводить до зниження родючості ґрунту.

ВІД ВИКОНАВЦІВ

Зінаїда ДЕГТЯРЬОВА

ВІД ПІДПРИЄМСТВА
ТОВ «Науковий Парк «АГРОЗООВЕТ»»

Ігор БОРЗЕНКОВ



Додаток Н

ДОВІДКА

щодо соціального ефекту від впровадження результатів
наукової роботи «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику
у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України»

Соціальний ефект від виконання госпдогвірної теми «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України» полягає в удосконаленні елементів систем землеробства, що призводить до отримання високого рівня доходу підприємства, покращення умов праці, збільшення робочих місць. Підвищення врожайності соняшнику дозволяє краще забезпечити продуктами харчування населення України та світу.

ТОВ «Науковий Парк
«АГРОЗООВЕТ»»



Ігор БОРЗЕНКОВ

Додаток П

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи ДБТУ

Валерій МИХАЙЛОВ

М. П. «_____» _____ 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ДП «ДГ «Елітне» ІР НААН»

Віталій ОРЛОВ

М. П. «_____» _____ 2023 р.

А К Т

ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО

ДП «ДГ «Елітне» ІР НААН»

Орлов Віталій Володимирович

Цим актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи, яку виконано на тему «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України» на кафедрі землеробства та гербології ім. О. М. Можейка, яка виконувалася протягом 2020-2022 рр. впроваджені у ДП «ДГ «Елітне» ІР НААН».

1. Вид впроваджених результатів насичення сівозмін соняшником.
2. Характеристика масштабу впровадження універсальне.
3. Форма впровадження: передача результатів досліджень підприємству для застосування у виробничих умовах.

Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно-нові.

5. Дослідно-промислова перевірка ДП «ДГ «Елітне» ІР НААН»», 2021-2022 рр.

6. Впроваджені:

- у промислове виробництво ДП «ДГ «Елітне» ІР НААН»» у 2023 році.

- у проектні роботи _____

7. Річний економічний ефект (розрахунок додається): у результаті впровадження наукової розробки на площі 78,9 га встановлено, що за рахунок оптимізації сівозмін порівняно з традиційно прийнятими в господарстві рівень урожайності насіння соняшнику підвищився на 0,16 т/га, що дозволило отримати додатково 1046 грн/га умовно чистого прибутку та підвищити рівень рентабельності виробництва – на 25,6 %.

8. Соціальний і науково-технічний ефект полягає в удосконаленні елементів систем землеробства, що призводить до отримання високого рівня доходу підприємства, покращення умов праці, збільшення робочих місць. Підвищення врожайності соняшнику дозволяє краще забезпечити продуктами харчування населення України та світу. Окремі елементи дослідження свідчать про те, що вирощування соняшнику не призводить до зниження родючості ґрунту.

ВІД ВИКОНАВЦІВ

Зінаїда ДЕГТЯРЬОВА

ВІД ПІДПРИЄМСТВА

Керівник господарства

Віталій ОРЛОВ


Додаток Р

ДОВІДКА

щодо соціального ефекту від впровадження результатів
наукової роботи «Агроекологічна оцінка вирощування соняшнику
у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного Лісостепу України»

Соціальний ефект від впровадження розробки «Агроекологічна оцінка
вирощування соняшнику у короткоротаційних сівозмінах Лівобережного
Лісостепу України» полягає в удосконаленні систем землеробства, що
призводить до отримання високого рівня доходу підприємства, покращення
умов праці, збільшення робочих місць. Підвищення врожайності соняшнику
дозволяє краще забезпечити продуктами харчування населення України та
світу.

Керівник господарства



Віталій ОРЛОВ

Додаток С

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у журналах, що індексуються у наукометричних базах Scopus та Web of Science

1. Kudria N., Kudria S., **Dehtiarova Z.** Influence of precursors on biometric indicators and yield of winter wheat in different agrobiocenoses. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. Vol. LXIV, No. 1, 2021. pp. 430–437. **Web of Science** (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

2. **Dehtiarova Z.**, Kudria S., Kudria N., Khasianov D. Influence of sunflower saturation on productivity of short-term crop rotations. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXV, № 1, 2022. С. 274–282. **Web of Science** (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

3. **Dehtiarova Z.** The effect of short-term crop rotation with different proportions of sunflower on cellulolytic activity of the soil. *Soil Science Annual*, Vol. 73(4), 2022 <https://doi.org/10.37501/soilsa/156097>. **Scopus** (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

Статті у фахових виданнях України

4. **Dehtiarova Z.** Nutrient regime of the soil depending on the share of sunflower in short-rotational crop. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27. № 2. Pp. 87–95. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2023.87> (особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

5. **Dehtiarova Z. O.** Influence of short-term crop rotations with different proportions of sunflower on soil water regime. *Land Reclamation and Water Management*. 2023. № 1. Pp. 94–101. <https://doi.org/10.31073/mivg202301-349>. <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/349> (особистий внесок –

співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні статті, участь у формулюванні висновків, підготовка статті).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Дегтярьова З. О. Вплив насичення сівозмін соняшником на окремі агрофізичні показники родючості ґрунту: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та спеціалістів «Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання». ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». 27 травня 2020 р. Харків. 2020. С. 25.

7. Кудря С. І., Дегтярьова З. О., Кудря Н. А. Запаси доступної вологи в чорноземі типовому за різного насичення короткоротаційних сівозмін соняшником: матеріали XXI Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» присвяченої 90-річчю Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка та 120-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка, м. Харків, 17–18 жовтня 2020 р. С. 132–133 *(особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування).*

8. Кудря С. І., Дегтярьова З. О., Кудря Н. А. Продуктивність сівозмін короткої ротації з різним бобовим компонентом у системі органічного землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції факультету захисту рослин ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, присвяченої 130-річчю з дня народження академіка ВАСГНІЛ, члена-кореспондента НАНУ, доктора біологічних наук, професора, фундатора та першого декана факультету Т. Д. Страхова, м. Харків, 29–30 жовтня 2020 р. Харків: Планета-прінт. С. 69–72 *(особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування).*

9. Кудря С. І., Дегтярьова З. О., Кудря Н. А. Целюлозолітична активність ґрунту за різного насичення короткоротаційної сівозміни соняшником. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика*: матеріали II Міжнародної наукової інтернет-конференції (м.

Тернопіль, 20 лист. 2020 р.) Тернопіль. 2020. С. 94–96 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

10. Кудря Н. А., **Дегтярьова З. О.**, Кудря С. І. Структурно-агрегатний стан ґрунту залежно від насиченості короткоротаційної сівозміни соняшником: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», м. Харків, 26–27 листопада 2020 р. Харків: ХНАУ, 2020. С. 13–18 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

11. **Дегтярьова З. О.** Агрофізичні показники родючості ґрунту залежно від насичення короткоротаційних сівозмін соняшником. Матеріали Підсумкової наукової конференції професорсько-викладацького складу і здобувачів наукових ступенів: у 2-х ч. (м. Харків, 18–19 травня 2021 р.) Харків: ХНАУ, 2021. Ч. I. С. 96–98.

12. Kudria N., Kudria S., **Dehtiarova Z.** Influence of precursors on biometric indicators and yield of winter wheat in different agrobiocenoses. Agriculture for Life, Life for Agriculture: The International Conference (June 3–5, 2021, Bucharest) (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

13. **Дегтярьова З. О.** Запаси доступної вологи у ґрунту перед сівбою соняшника. Теоретичні та практичні аспекти сучасних систем землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 150-річчю заснування кафедри землеробства ім. О. М. Можейка (м. Харків, 25 червня 2021 р.). Харків: Друкарня Мадрид, 2021. С. 43–45.

14. **Дегтярьова З. О.** Щільність складення ґрунту залежно від насичення короткоротаційних сівозмін соняшником. Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: матеріали III Міжнар. наук. інтернет-конф. (20–22 жовт. 2021 р.). Київ, 2021. С. 86–88.

15. **Дегтярєва З. О.** Целюлозолітична активність чорнозему типового за різного насичення короткоротаційних сівозмін соняшником. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукр. наук.-практич. онлайн конф., присвяч. 60-річчю ІСМАВ НААН (26–27 жовт. 2021 р., м. Чернігів). Чернігів, 2021. С. 62–64.

16. **Дегтярєва З. О.** Вміст водорозчинних солей у чорноземі типовому під час вирощування соняшнику: матеріали Підсумкової наукової конференції професорсько-викладацького складу і здобувачів вищої освіти. (м. Харків, 18–19 січня 2022 р.). Харків: ДБТУ, 2022. С. 55–58.

17. **Дегтярєва З. О.** Вплив соняшнику на вміст NPK у ґрунті. Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 100-річчю від дня заснування агрономічного факультету (2–3 червня 2022 р.). Житомир: Поліський нац. університет. 2022. С. 321–323.

18. **Dehtiarova Z., Kudria S., Kudria N., Khasianov D.** Influence of sunflower saturation on productivity of short-term crop rotations. Agriculture for Life, Life for Agriculture: Book of Abstracts, International Conference, Section 1: Agronomy. Bucharest, Romania, 2022. Pp. 85 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

19. **Дегтярєва З. О.** Вплив насичення короткоротаційних сівозмін соняшником на целюлозолітичну активність ґрунту. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва [Електронний ресурс]: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., присв. ювілейним річницям проф. О. М. Можейка, В. В. Милого, Ю. В. Будьонного, І. І. Назаренка, 29–30 листопада 2022 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. Електрон. дані. Харків, 2022. С. 107–110.

20. **Дегтярєва З. О.** Вплив насичення короткоротаційних сівозмін соняшником на водний режим ґрунту. Всеукраїнська науково-практична

конференція здобувачів, молодих учених та спеціалістів присвяченої Всесвітньому Дню Ґрунту. 2022, № 2. С. 21–23.

21. **Дегтярьова З. О.** Вплив частки соняшнику на целюлозолітичну активність чорнозему типового. Ґрунти, сталий розвиток та українське ґрунтознавство: матеріали Міжнар. наук. конф., присвяч. 120-річчю від Дня Народження Григорія Андрущенка (24-26 квітня 2023). Львів-Дубляни: ЛНУП. С. 104–107.

22. **Dehtiarova Z.,** Kudria S., Dehtiarov Yu., Kudria N. Influence of saturation of short-term crop rotations with sunflower on some agrophysical parameters of typical chernozem. *Agriculture for Life, Life for Agriculture: Book of Abstracts. International Conference, Section 1: Agronomy.* Bucharest, Romania, 2023. Pp. 81 (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).

23. Дегтярьов Ю. В., **Дегтярьова З. О.** Накопичення вологи в чорноземі типовому за умови ґрунтозахисної системи землеробства. *Ґрунтово-агрохімічні дослідження як імператив для розвитку аграрного виробництва та розбудови України: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених* (24 травня 2023 р.). Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», 2023. С. 39–42. Режим доступу: <http://www.issar.com.ua/uk/vydannya> (*особистий внесок – співавтор ідеї, літературний аналіз, участь у написанні тез, участь у формулюванні висновків, підготовка матеріалів до опублікування*).