УДК 631.416./582+633.854.78

**Поживний режим ґрунту залежно від частки соняшнику у короткоротаційних сівозмінах**

**Анотація.** Для росту і розвитку соняшнику необхідна достатня кількість поживних речовин. Тому встановлення впливу вирощування соняшнику на поживний режим ґрунту, з урахуванням частоти його повернення на попереднє місце є актуальним. Метою роботи було визначити вплив частки соняшнику у короткоротаційних сівозмінах на поживний режим ґрунту. Дослідження проводилися на дослідному полі Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, яке розташоване в Лівобережному Лісостепу України. Дослідження та обліки були проведені на чорноземі типову важкосуглинковому згідно загальноприйнятих методик. Схема досліду передбачала п’ятипільні сівозміни із насиченням соняшнику 0, 20, 40 і 60 %. Результати досліджень свідчать, що збільшення частки соняшнику в короткоротаційних сівозмінах не призводить до погіршення поживного режиму орного шару ґрунту. Не виявлено суттєвої різниця між варіантами у вмісті елементів живлення. Найбільш забезпеченим поживними елементами був орний шар ґрунту у контрольному варіанті (сівозміна без соняшнику). З підвищенням частки соняшнику у сівозмінах, кількість елементів живлення в орному шарі ґрунту дещо знижувалася. Незалежно від досліджуваних варіантів сівозмін, забезпеченість легкогідролізним азотом була низькою, рухомим фосфором – середньою, обмінним калієм – підвищеною. Збільшення частки соняшнику в короткоротаційних сівозмінах призвело до зниження врожайності самої культури. Урожайність насіння соняшнику знаходилася на одному рівні у варіантах із частками 20 % та 40 %. Відмічено тісний зв’язок між урожайністю соняшнику та його насиченням, що значно залежить від поживного режиму ґрунту. Найбільше на рівень врожаю впливає вміст в орному шарі ґрунту фосфору та калію. При цьому кореляційний зв’язок становить 0,91 та 0,98 відповідно. Практична цінність цього дослідження обумовлена можливістю використовувати отримані результати під час обґрунтування доцільності збільшення частки соняшнику у структурі сівозмін

**Ключові слова**: насиченість; структура сівозміни; родючість; кореляційна залежність; поживні елементи; чорнозем типовий

**Вступ**

Відомо, що для рослин у першу чергу необхідна достатня кількість елементів живлення. При оптимізації забезпеченості елементами живлення впродовж вегетації сільськогосподарських культур відбувається ефективніше використання вологи незалежно від умов, що склалися в роки вирощування (Pinkovsky *et al*., 2019). Це визначено під час проведення досліджень з різними сільськогосподарськими культурами, зокрема і при вирощуванні соняшнику (Domaratskiy *et al*., 2019; Gamayunova *et al*., 2019). Дані, отримані науковими установами свідчать, що в структурі сівозміни соняшник повинен займати не більше 20 % (Tkalich *et al*., 2018). За сучасних умов ведення господарств збільшення частки соняшнику в сівозмінах короткої ротації практикується доволі часто. Збільшення прибутку від вирощування соняшнику спонукає більшість господарств відмовлятися від науково-обґрунтованих технологій, що проявляється у високому ступені насичення сівозміни соняшником. У сучасних умовах ведення сільського господарства досить часто практикується інтенсивне насичення короткоротаційних сівозмін соняшником. Зазвичай його можуть повертати на попереднє місце вирощування через 2–3 роки (Bojko & Borodan, 2000; Shevchenko *et al*., 2001). Проте тоді врожай може знижуватися на третій рік вирощування до 0,9 т/га (Hanhur *et al*., 2015).

Окремі дослідження показують, що збільшення частки соняшнику у сівозміні вище рекомендованої, призводить до негативних наслідків для водно-фізичних властивостей ґрунту, фітосанітарного стану сільськогосподарських культур, появу інфекцій. Також, якщо не забезпечити внесення добрив у необхідній кількості спостерігається значне зниження вмісту в ґрунті поживних речовин (у тому числі азоту, фосфору та калію). У цьому разі відбувається зниження вмісту гумусу у ґрунті, що зумовлює інші деградаційні процеси (Poliakova & Topchiy, 2013; Tsyliuryk, 2018).

Поживні елементи у ґрунті мають значний вплив на ріст і розвиток соняшнику, а також на його продуктивність. Залежно від фенологічної стадії, соняшник потребує різні елементи живлення. На початку росту і розвитку соняшника, азот необхідний в першу чергу. З цього моменту він накопичується в стеблах та листях, а пізніше в кошиках. Засвоєння азоту закінчується у момент цвітіння соняшнику, після чого цей елемент транспортується по рослинам у формі амінокислот. Забезпечення рослин достатньою кількістю азоту сприяє формуванню більшої кількості квіток, повільному старінню листя після цвітіння та більшому накопиченню білкових сполук у насінні. Фосфор забезпечує енергетичну основу біохімічним процесам, які відбуваються у рослинах соняшнику. Він входить до складу нуклеїнових кислот, нуклеотидів, ферментів і продуктів фотосинтетичного та дихального циклів (Getie *et al*., 2021). Фосфор поглинається соняшником від сходів до цвітіння. Він сприяє утворенню потужної кореневої системи, закладенню репродуктивних органів з більшим числом зародкових квіток у кошику, прискорює розвиток рослин, підвищує стійкість до посухи. Незважаючи на високу потребу соняшника в калії, він середньо діє на рівень урожайності (Hospodarenko, 2018). Багато вчених вважає, що збільшення частки соняшнику в сівозміні негативно впливає на баланс поживних елементів у ґрунті.

Науково-обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур у часі та просторі забезпечують високий рівень урожайності та продуктивності сівозмін. Так, дослідники зазначають, що найвищу продуктивність мають сівозміни з насиченням 20 % пару і по 10 % соняшнику та кукурудзи на силос. При цьому із 60 % зернових культур озимі займали 40 % (пшениця та ячмінь), а горох і кукурудза – по 10 % (Sayko & Boyko, 2002; Giannoulis *et al*., 2009).

Мета роботи ‒ виявити вплив короткоротаційних сівозмін із різною часткою соняшнику на забезпеченість ґрунту поживними елементами.

**Матеріали та методи**

Польові дослідження проводили на стаціонарі кафедри землеробства ім. О.М. Можейка навчально-науково-дослідного центру «Дослідне поле Докучаєвське». 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 характеризується високим рівнем родючості. В орному шарі (0–30 см) чорнозему типового міститься гумусу (за Тюріним) – 4,9–5,1 %, легкогідролізного азоту (за Корнфілдом) – 81 мг/кг ґрунту, рухомих форм фосфору й обмінного калію (за Чириковим) – 100 і 200 мг/кг ґрунту. Вміст обмінних катіонів: кальцій – 37,8 %, магній – 6,6 %, натрій – 0,49 %, калій – 0,5 %. Реакція ґрунту – рН: водний – 7,0, сольовий – 5,2–5,6. Ґрунтові води залягають на глибині близько 18 м (Tykhonenko & Dehtiarov, 2016).

Гібрид соняшнику ‒ Cruiser LG59580. Повторність досліду ‒ триразова, розміщення варіантів ‒ послідовне. Розмір посівної ділянки 750 м2, облікової 100 м2. Дослідження, які були проведені із соняшником виконувалися відповідно до міжнародних етичних норм, зокрема The Convention on Biological Diversity (2022).

Досліджувалися варіанти короткоротаційних (5-пільних) сівозмін з різною часткою соняшнику в структурі посівних площ (Табл. 1). Контрольний варіант – п’ятипільна сівозміна без соняшнику.

**Таблиця 1.** Структура сівозмін, %

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Горох | Пшениця озима | Кукурудза | Жито озиме | Чистий пар | Соняшник |
| 20 | 20 | 20 | 20 | **–** | **20** |
| 20 | 20 | ‒ | 20 | **–** | **40** |
| ‒ | 20 | ‒ | 20 | **–** | **60** |
|  | 20 | 40 | 20 | 20 | **0** |

**Джерело:** розроблено автором

Уміст елементів живлення у ґрунті було визначено відповідно загальноприйнятих методик: уміст легкогідролізного азоту – за методом Корнфілда (DSTU 7863:2015, 2016) уміст рухомих сполук фосфору та калію ‒ модифікований метод Чирикова (DSTU 4115:2002, 2003). Статистична обробка даних проведена з використанням функції CORREL, яка входить до пакету аналізу даних у програмі MS Office Excel 2017.

Умови зволоження та температура мають особливо важливий вплив на ефективність фіксації елементів живлення у ґрунті (Liu *et al*., 2011; Rymuza *et al*., 2020). Дослідження були проведені у районі з помірно-континентальним кліматом. Він характеризується підвищеною температурою повітря та низькою кількістю атмосферних опадів відносно середньобагаторічних значень.

Дані метеостанції Харківського національного аграрного університету свідчать, що за вегетаційний період соняшника (травень‑вересень) середня багаторічна кількість опадів складала 278 мм, температура повітря +17,7 °С. Особливістю умов за 2020–2021 р. досліджень, у період визначення NPK (nitrogen, phosphorus, kalium) у ґрунті, було недостатнє зволоження. За вегетаційний період соняшника 2020 р. випало опадів на 114 мм менше норми, а середня температура повітря склала 19,8 °С, що на 2,1 °С вище кліматичної норми. Атмосферні опади вегетаційного періоду соняшнику 2021 р. мали зливовий характер у червні – 81,9 мм, що на 22,9 мм перевищували середню багаторічну норму. У липні та серпні їх було менше середньобагаторічних значень на 51,5 і 44,2 мм, відповідно. Надходження опадів 2021 р. становило 197,7 мм, що на 81,3 мм менше від багаторічної норми, а перевищення середньодобової температури повітря – 2,5 °С порівняно з багаторічною. Проаналізувавши погодні умови, можна зробити висновок, що показники тепла та вологозабезпечення значно впливали на ріст і розвиток соняшника, а в кінцевому результаті на його врожайність та якість насіння.

**Результати**

Результати досліджень дозволяють встановити рівень забезпеченості ґрунту поживними елементами за умов різного насичення короткоротаційних сівозмін соняшником.

**Азот.** У фазу повної стиглості соняшника досліджувані зразки характеризувалися низьким забезпеченням легкогідролізним азотом по всіх варіантах (Рис. 1). Залежно від частки соняшника в сівозміні цей показник змінювався в межах 151‒123 мг/кг ґрунту. Найбільший його уміст (151 мг/кг ґрунту) виявлено у поверхневому (0‒10 см) шарі ґрунту при 40 %-му насиченні сівозміни соняшником, а найнижчий (123 мг/кг ґрунту) у шарі 20‒30 см у варіанті із часткою соняшнику 60 %. Уміст азоту у ґрунті на ділянках з іншими варіантами змінювався в незначній мірі. Порівняно більший уміст даного елементу у шарі ґрунту 0‒10 см ‒ 145‒151 мг/кг ґрунту.

**Рисунок 1.** Уміст легкогідролізного азоту в ґрунті залежно від насичення сівозміни соняшником, мг/кг ґрунту

**Джерело:** розроблено автором

**Фосфор**. Процеси біологічної акумуляції фосфору у ґрунтотворній породі впливають на вміст його рухомих сполук по всьому профілю ґрунту. Так, зразки, що досліджувалися, характеризувалися середнім забезпеченням рухомими формами фосфору в усіх варіантах (Табл. 2). Вміст Р2О5 в орному шарі чорнозему типового у посівах соняшнику практично був рівний по варіантам досліду. Слід зазначити, що вміст даного макроелементу був значно вищий у верхньому (0‒10 см) шарі ґрунті, ніж у нижній частині (20‒30 см) орного шару. Порівняно з контролем було зафіксовано значне зниження Р2О5 у варіанті із насиченням сівозмін соняшником 60 %, у 1,4 рази.

**Таблиця 2.** Уміст рухомого фосфору в ґрунті залежно від насичення сівозміни соняшником

|  |  |
| --- | --- |
| Частка соняшнику в сівозміні | Вміст Р2О5, мг/кг по шарах ґрунту |
| 0‒10 см | 10‒20 см | 20‒30 см |
| 20 % | 100 | 66 | 65 |
| 40 % | 99 | 64 | 64 |
| 60 % | 66 | 63 | 54 |
| 0 % | 97 | 73 | 74 |

**Джерело:** розроблено автором

**Калій.** Відомо, що соняшник інтенсивно використовує калій. Зразки орного шару чорнозему типового характеризувалися підвищеною забезпеченістю рухомими сполуками калію по всіх варіантах, а їх уміст закономірно зменшувався з глибиною від 81 до 115 мг/кг ґрунту. У поверхневому шарі ґрунті на варіанті без соняшнику відмічався найвищий його вміст ‒ 115 мг/кг ґрунту (Табл. 3). У сівозміні з часткою соняшнику 40 % забезпечення вмістом сполук обмінного калію в шарі ґрунту 0‒10 см майже на рівні з контролем ‒ 113 мг/кг ґрунту. Не виявлено суттєвої різниці між вмістом К2О за іншими варіантами у цьому шарі: 107 мг/кг ґрунту (насичення 20 %) і 103 мг/кг ґрунту (насичення 60 %).

**Таблиця 3.** Уміст обмінного калію в ґрунті залежно від насичення сівозміни соняшником

|  |  |
| --- | --- |
| Частка соняшнику в сівозміні | Вміст К2О, мг/кг по шарах ґрунту |
| 0‒10 см | 10‒20 см | 20‒30 см |
| 20 % | 107 | 85 | 82 |
| 40 % | 113 | 86 | 84 |
| 60 % | 103 | 83 | 81 |
| 0 % | 115 | 94 | 90 |

**Джерело:** розроблено автором

Із поглибленням до 20 см спостерігалося зменшення вмісту обмінного калію в усіх варіантах. У шарі ґрунту 10‒20 см найвищий його вміст визначений за контрольного варіанту 94 мг/кг ґрунту. Близькі результати отримані й у інших сівозмін і знаходилися у межах 83‒86 мг/кг ґрунту. У короткоротаційних сівозмінах у шарі ґрунту 20‒30 см залежно від їх насичення соняшником спостерігалося зниження вмісту сполук обмінного калію. У ґрунті з контрольним варіантом вміст цього елементу становив 90 мг/кг ґрунту, що на 9 мг/кг ґрунту більше за варіант з насиченням соняшником 60 %. Збільшення частки соняшнику в сівозміні до 40 % збільшувало вміст обмінного калію в ґрунті, ніж сівозміна з 20 % соняшнику на 2 мг/кг ґрунту та на 3 мг/кг ґрунту за насичення 60 %.

**Урожайність соняшнику.** У ході досліджень 2020 р. встановлена залежність між рівнем урожайності соняшнику та його насиченням у сівозмінах (Табл. 4). Слід відзначити високу врожайність соняшнику при 40%-му його насиченні у сівозміні – 3,77 т/га. Насичення п’ятипільної сівозміни 60 % соняшнику знизило урожайність до 3,24 т/га.

**Таблиця 4.** Урожайність соняшнику у різних короткоротаційних сівозмінах

|  |  |
| --- | --- |
| Частка соняшнику у сівозміні, % | Урожайність, т/га |
| 2020 р. | 2021 р. |
| 20 | 3,73 | 3,13 |
| 40 | 3,77 | 3,36 |
| 60 | 3,24 | 3,17 |

**Джерело:** розроблено автором

За 2021 р. високу врожайність соняшнику (3,36 т/га) забезпечила п’ятипільні сівозміна з його часткою 40 %. При насиченні сівозміни соняшником до 20 і 60 % відбулося незначне зниження врожайності соняшнику на 0,23 і 0,19 т/га. У середньому за 2020‒2021 рр. найвищу врожайність соняшнику (3,57 т/га) відмічено у п’ятипільній сівозміні, де його частка становила 40 %. При насиченні сівозміни соняшником 20 % відбулося незначне зниження його врожайності – на 0,14 т/га. Насичення сівозміни соняшником до 60 % призвело до значного зниження його врожайності на 0,36 т/га порівняно з кращим варіантом досліду (Рис. 2).

**Рисунок 2.** Урожайність соняшнику залежно від його частки у сівозміні, т/га (середнє за 2020–2021 рр.)

**Джерело:** розроблено автором

**Залежність урожайності соняшника від вмісту NPK.** Статистичний аналіз показав тісну кореляційну залежність між урожайністю соняшника та вмістом поживних макроелементів у ґрунті на ділянках сівозмін з різним його насиченням. Рівняння для коефіцієнта кореляції між урожайністю соняшника та вмістом поживних елементів у ґрунті має такий вигляд:

$$\begin{array}{c}Correl \left(X,Y\right)=\frac{∑\left(x-\overbar{x}\right)\left(y-\overbar{y}\right)}{\sqrt{∑\left(x-\overbar{x}\right)^{2}∑\left(y-\overbar{y}\right)^{2}}}, \#\left(1\right)\end{array}$$

де, *х* ‒ урожайність, т/га; *у* ‒ вміст поживних елементів у ґрунті, мг/кг ґрунту.

Отримані дані свідчать, що найбільш тісна залежність урожайності соняшника із умістом у ґрунті К2O. Коефіцієнт кореляції між цими показниками найвищий і становив 0,98. Не менше значення для врожайності соняшнику мав уміст рухомого фосфору в ґрунті, при цьому коефіцієнт кореляції становив 0,91. Встановлений прямий кореляційний зв’язок урожайності соняшнику з умістом у ґрунті азоту ‒ 0,66.

**Обговорення**

Відомо, що засвоєння азоту через симбіоз мікроорганізмів із рослинами забезпечує ґрунту щорічно 90–170 млн. мг азоту (Ishizuka, 1992; Kozłowski *et al*., 2011; Tsyliuryk, 2018). Це становить 70–80 % від загальної кількості азоту, що накопичується в ґрунті у процесі фіксації азоту всіма мікроорганізмами (симбіотичними та вільноживучими) (Peoples & Craswell, 1992; Cheng, 2008; Martyniuk, 2012). Ефективність відновлення атмосферного азоту в симбіотичних системах зазвичай сягає до 200 кг Н-га-1 (але іноді навіть 500 кг Н-га-1) на рік (Duzdemir *et al*., 2009; Hauggaard-Nielsen *et al*., 2010).

Раніше проведеними дослідженнями встановлено значне зниження вмісту азоту за беззмінного вирощування соняшника в шарах ґрунту 0‒20 і 20‒40 см: 8,9 і 6,6 мг/100 г ґрунту відповідно. Зональна сівозміна забезпечила високий уміст фосфору у ґрунті: 10,4 мг/100 г у шарі 0‑20 см та 7,7 мг/100 г у шарі 20‑40 см, а найнижчий вміст – у цілинному ґрунті (5,8 мг/100 г у шарі 0‑20 см і 4,8 мг/100 г у шарі 20‑40 см). Досліджувані варіанти сівозмін не мали значного впливу на уміст обмінного калію у ґрунті, а його кількість була досить високою в усіх зразках ґрунту (8,0 мг/100 г до 13,3 мг на 100 г ґрунту). Слід відзначити, що беззмінне вирощування соняшнику забезпечило верхній шар ґрунту підвищеним умістом калію (Poliakova & Topchiy, 2013).

Поживний режим ґрунту у значній мірі залежить від насичення сівозмін соняшником. Дослідники стверджують, що збільшення частки цієї культури у сівозміні спричиняє підвищений рівень виносу елементів живлення з ґрунту. Це може негативно вплинути на ріст та розвиток наступних культур. За результатами досліджень A. Kokhan *et al*. (2018) встановлено, що сівозміна із 14 % соняшнику забезпечила високий уміст елементів живлення у шарі ґрунту 0‑10 см, ніж сівозміна із 50 % цієї культури. Загальний винос NPK соняшником склав 75,3 кг/га. Встановлено, що для росту і розвитку впродовж вегетації соняшник найбільше потребує обмінного калію (178,8 кг/га). При цьому з урожаєм виноситься лише 20 %, а решта калію з нетоварною продукцією залишається у ґрунті. Тому, щоб компенсувати винесені соняшником з ґрунту макроелементи, необхідно залишати на полі його пожнивні рештки. Це допоможе запобігти деградаційним процесам та сприятиме збереженню родючості ґрунту.

Деякі дослідники вказують на те, що значна частина загального вмісту поживних речовин, які поглинаються та накопичуються рослинами соняшнику, залишається в полі після збирання врожаю у вигляді пожнивних залишків. Після мінералізації рослинних решток ці поживні речовини легко доступні наступній культурі, що дуже важливо в системі сівозміни (Castro *et al*., 2014). Залежно від обсягів виносу елементів живлення з урожаєм, культури, що входили до складу сівозмін, які вивчалися розподіляються в такому порядку: за виносом 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; за виносом 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; за виносом калію – буряки цукрові – 187, сумішка вики з вівсом – 115,3, соняшник – 72,1–103,2, кукурудза на зерно – 65,8–103,0 кг/га

Yu.I. Tkalich (2017) підкреслює, що 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).

У дослідах S. Kudria (2020), чіткої залежності вмісту поживних елементів від чергування культур у сівозмінах не виявлено. За даними O. Tsyliuryk (2018), для формування 2,0–2,5 т/га врожаю, соняшник виносить з ґрунту 120–140 кг/га азоту, 50–65 кг/га фосфору та понад 300 кг/га калію. Окремі автори зазнають, що насичення сівозмін соняшником понад 50 % негативно позначається на рівень 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 % (Bilenko & Baranenko, 2018).

Подібні результати отриманні на полях Інституту сільського господарства Степу Національної академії аграрних наук України (Pohribnyi & Mashchenko, 2021). Установлено, що зернопаропросапні сівозміни з насиченням соняшника 20 % та використанням органо-мінеральної системи удобрення забезпечуються високу стресостійкість рослин до абіотичних чинників. Це у свою чергу, забезпечує високий рівень урожайності на рівні 2,63 т/га.

На думку V. Hanhur (2016), висока культура землеробства, дотримання науково-обґрунтованих сівозмін, використання високопродуктивних гібридів дозволяють насичувати польові сівозміни соняшником на рівні 14–15 % до загальної посівної площі. За таких умов не відбувається значного зниженням продуктивності як самого соняшника, так і сівозміни в цілому. При цьому, він допускає можливість одноразового збільшення частки соняшнику в структурі посівних площ сівозмін до 20 %.

Окремі вчені констатують зниження врожайності насіння соняшнику (2,19 т/га) у разі збільшення частки його вирощування у сівозміні до 50 %. Сівозміни із насиченням 33,3 і 25 % забезпечили урожайність соняшнику на рівні 2,49–2,61 т/га. Якщо наситити сівозміни соняшником лише на 20 і 14,3 % можна отримати досить високу врожайність: 2,70 та 2,75 т/га. Це на 0,26–0,56 т/га вище, ніж за насичення сівозміни соняшником на 50,0 і 33,3 %. Ці дані підтверджуються паралельними дослідження щодо вирощування соняшнику в сівозмінах. Kokhan *et al*. (2015) відмічають поступове зниження врожайності при насиченні сівозміни соняшником до 20; 25; 33,3; 50 %. Особливо у двопільній та трипільній сівозмінах: на 0,55 і 0,27 т/га. За багаторічними даними Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції, за повернення соняшнику на попереднє місце в сівозміні через 10, 6 і 4 років його врожайність складала відповідно 2,01; 1,33 і 1,11 т/га (Popova *et al*., 2004).

Проведені дослідження протягом 2020‒2021 рр. показують доцільність вивчення питання щодо частки соняшнику у сівозмінах короткої ротації. Проведенні аналізи щодо вмісту NPK в орному шарі ґрунту показують, що в цілому збільшення насичення сівозмін соняшником до 60 % не знижує забезпеченість поживними елементами ґрунту. У свою чергу, дані урожайності підвереджують результати інших авторів, щодо недоцільності збільшення його частки у сівозміні. Адже, урожайність дещо знизилася на варіанті з 60 %-м насиченням сівозміни соняшником до 3,21 т/га порівняно з 20 %-м насиченням, де урожайність складає 3,43 т/га, а за 40 %-ого насичення ‒ 3,57 т/га.

**Висновки**

Збільшення частки соняшнику в короткоротаційних сівозмінах не призвело до погіршення поживного режиму орного шару ґрунту. Суттєвого варіювання вмісту елементів живлення між варіантами не відзначалося. Найбільш забезпеченим поживними елементами орний шар ґрунту був у контрольному варіанті (сівозміна без соняшника). Зі збільшенням насиченості сівозмін соняшником кількість доступних форм елементів живлення в орному шарі ґрунту дещо знижувалася, але в межах забезпеченості знаходилися на одному рівні відповідно варіантів досліду: легкогідролізний азот – низька; рухомий фосфор – середня; обмінний калій – підвищена.

Доведено, що збільшення частки соняшнику в короткоротаційних сівозмінах призводить до зниження врожайності самої культури на 0,22‒0,36 т/га. Урожайність насіння соняшнику була на одному рівні за насичення ним 20 % та 40 % (3,43 і 3,57 т/га). Зв’язок між урожайністю соняшника та його насиченням у сівозміні помітний, але вона значно залежить від поживного режиму ґрунту. Найбільше на рівень врожаю впливає вміст в орному шарі ґрунту фосфору та калію, кореляційний зв’язок при цьому становить 0,91 та 0,98 відповідно. Подальші наукові дослідження будуть спрямовані на визначення вмісту NPK у рослинних рештках соняшнику для розрахунку балансу цих елементів у ґрунті з урахуванням частоти повернення соняшнику на попереднє місце.

**Подяки**

Немає.

**Конфлікт інтересів**

Немає.

**References**

1. Bilenko, O.P., & Baranenko, S. (2018). Permissible threshold of saturation of field crop rotations with sunflower. In *Scientific bases of modern agrotechnologies* (pp. 7-8). Poltava.
2. Bojko, P., & Borodan, V. (2000). Growing sunflowers in crop rotations. *Offer,* 4, 36-38.
3. Castro, C., Oliveira, F.A., Oliveira, J., & Ramos, N.P. (2014). Nutrition and fertilization of sunflowers in Brazilian cerrado. In J.E. Arribas (Ed.) *Sunflowers: Growth and development, environmental influences and pests/diseases* (pp. 257-279). New York: Nova Science Pubs.
4. Cheng, Q. (2008). Perspectives in biological nitrogen fixation research. *Journal of Integrative Plant Biology,* 50(7), 786-798. [doi: 10.1111/j.1744-7909.2008.00700.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2008.00700.x).
5. Domaratskiy, Ye., Berdnikova, O., Bazaliy, V., Shcherbakov, V., Gamayunova, V., Larchenko, O., Domaratskiy, A., & Boychuk, I. (2019). Dependence of winter wheat yielding capacity on mineral nutrition in irrigation conditions of Southern Steppe of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*, 46(3), 594-598. Retrieved from <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ije1&volume=46&issue=3&article=026>.
6. DSTU 4115:2002. (2003). *Soil quality. Determination of the movement of compounds of compounds and potassium by the modified Chirikov method*.Retrieved from <http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58863>.
7. DSTU 7863:2015. (2016). *Soil quality. Determination of light hydrolysis nitrogen by the Cornfield method*. Retrieved from <http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62745>.
8. Duzdemir, O., Kurunc, A., & Unlukara, A. (2009). Response of pea (Pisum sativum) to salinity and irrigation water regime. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15(5), 400-409. Retrieved from <https://www.agrojournal.org/15/05-04-09.pdf>.
9. Gamayunova, V., Khonenkо, L., Moskva, I., Kudrina, V., & Glushko, T. (2019). The influence of nutrition optimization on the productivity of spring oil crops on the southern chernozem in the zone of Ukrainian Steppe under the influence of biopreparations. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy,* 23, 112-118. [doi: 10.31734/agronomy2019.01.112](https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.112).
10. Getie, A., Kiflu, A., & Meteke, G. (2021). Phosphorus sorption characteristics of luvisols and nitisols in north Ethiopian soils. *Applied and Environmental Soil Science*, 2021, 8823852. [doi: 10.1155/2021/8823852](https://doi.org/10.1155/2021/8823852).
11. Giannoulis, K., Archontoulis, S., Bastiaans, L., Struik, P., & Danalatos, N. (2009). Performance of cropping systems including sunflower as mono-crop and in intensive rotation with winter wheat in central greek plains. In *17th European Biomass Conference.* Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/272943018>.
12. Hanhur, V. (2016). Sunflower yield in rotational crop rotations under conditions of unstable moisture of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. In *Modernization of the national system of state development management: Challenges and prospects* (pp. 19-21).Ternopil.
13. Hanhur, V.V., Kokhan, A.V., Len, O.I., & Semyashkina, A.O. (2015). Growing corn for grain in constant sowing and crop rotation. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine*, 8, 138-140. Retrieved from [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=bisg_2015_8_26).
14. Hauggaard-Nielsen, H., Holdensen, L., Wulfsohn, D., & Jensen, E.S. (2010). Spatial variation of N 2-fixation in field pea (Pisum sativum L.) at the field scale determined by the 15 N natural abundance method. *Plant and Soil*, 327(1), 167-184. [doi: 10.1007/s11104-009-0043-9](https://doi.org/10.1007/s11104-009-0043-9).
15. Hospodarenko, H.M. (2018). *Fertilizer application system*. Kyiv: LLC “SIK GROUP Ukraine”.
16. Ishizuka, J. (1992). Trends in biological nitrogen fixation research and application. *Plant Soil,* 141, 197-209. [doi: 10.1007/BF00011317](https://doi.org/10.1007/BF00011317).
17. Kokhan, A.V., Hanhur, V.V., Koretskyi, O.Ye., Len, O.I., & Manko, L.A. (2015). Sunflower in crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of the Center for Scientific Support of the Kharkiv Region,* 18, 62-66. Retrieved from [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\_nbuv/](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Vcnzapv_2015_18_10).
18. Kokhan, A.V., Hlushchenko, L.D., Hanhur, V.V., Olepir, R.V., Len, O.I., & Totskyi, V.M. (2018). *Saturation of crop rotations with sunflower*. Poltava: PP Astraia.
19. Kozłowski, S., Swędrzyński, A., & Zielewicz, W.(2011). Leguminous plants in natural environment. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie,* 11(36), 161-181. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123090249>.
20. Kudria, S. (2020). Influence of grain-beet crop rotations with different leguminous predecessors of winter wheat on the nutrient regime of typical chernozem. *Bulletin of Agricultural Science*, 98(4), 15-21. [doi: 10.31073/agrovisnyk202004-02](https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-02).
21. Liu, Y., Wu, L., Baddeley, J.A., & Watson, C.A. (2011). Models of biological nitrogen fixation of legumes. In E. Lichtfouse, M. Hamelin, M. Navarrete, & P. Debaeke (Eds.) *Sustainable Agriculture* (Vol. 2; pp. 438-452). [doi: 10.1007/978-94-007-0394-0\_39](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_39).
22. Martyniuk, S. (2012). Scientific and practical aspects of legumes symbiosis with root-nodule bacteria. *Polish Journal of Agronomy*, 9, 17-22. Retrieved from <https://iung.pl/PJA/wydane/9/PJA9_3.pdf>.
23. Peoples, M.B., & Craswell, E.T. (1992). Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil*, 141(1), 13-39. [doi: 10.1007/BF00011308](https://doi.org/10.1007/BF00011308).
24. Pinkovsky, G.V., Maschenko, Yu.V., & Tanchyk, S.P. (2019). Influence of elements of nutritios on the fertility of soil and productivity of sunflower in the Right-Bank Steppe of Ukraine. *Tavrian Scientific Bulletin. Agriculture, Crop Production, Vegetable and Melon Growing,* 107, 145‑150. [doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.19](https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19).
25. Pohribnyi, D., & Mashchenko, Yu. (2021). Sunflower yield depending on crop rotation saturation in the Steppe of Ukraine. In *Problems of design, production and operation of agricultural machinery* (pp. 226-228).Kropyvnytskyi.
26. Poliakova, I.O., & Topchiy, M.A. (2013). Impact of permanent sunflower cultivation on soil fertility indicators. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseeds NAAS*, 19, 96-101. Retrieved from <http://www.imk.zp.ua/bulletin/pdf/2013/19/Poliakova_19.pdf>.
27. Popova, M.M., Bolduyev, V.I., & Borysyuk, O.D. (2004). Productivity of sunflower depending on the term of its return to the previous place. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 8(1), 132-134. Retrieved from <https://bsagriculture.com.ua/en/journals/tom-8-1-2004>.
28. Rymuza, K., Radzka, E., & Wysokiński, A. (2020). Nitrogen uptake from different sources by non-GMO soybean varieties. *Agronomy,* 10(9), 1219. [doi: 10.3390/agronomy10091219](https://doi.org/10.3390/agronomy10091219).
29. Sayko, V.F., & Boyko, P.I. (2002). *Crop rotation in agriculture of Ukraine*. Kyiv: Agrarian Science.
30. Shevchenko, M.S., Rybka, V.S., & Zhariy, V.O. (2001). Agroeconomic efficiency of herbicide application in sunflower cultivation in the Steppe of Ukraine. *Grain Storage and Processing,* 7, 23-26. Retrieved from <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/2056>.
31. The Convention on Biological Diversity. (2022). Retrieved from <https://www.cbd.int/convention/>.
32. Tkalich, I.D., Gyrka, A.D., Bochevar, O.V., & Tkalich, Yu.I. (2018). Agrotechnical measures to increase the yield of sunflower seeds in the Steppe of Ukraine. *Cereals*, 2(1), 44-52. [doi: 10.31867/2523-4544/0006](https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/1655/1/5bcd8b153bd1d.pdf).
33. Tkalich, Yu.I. (2017). It is not sunflowers that kill, but mismanagement. *Grain*. Retrieved from <https://www.zerno-ua.com/journals/2017/mart-2017-god/vbivaie-ne-sonyashnik-a-bezgospodarnist/>.
34. Tsyliuryk, O. (2018). Fertilizers for sunflower. *Agribusiness Today*. Retrieved from <http://agro-business.com.ua/ahrarni-kultury/item/12074-dobryva-dlia-soniashnyku.html>.
35. Tykhonenko, D.H., & Dehtiarov, Yu.V. (2016). Soil cover of the research field “Rogansky in-patient facility” of Kharkiv NAU named after V.V. Dokuchaev. *Bulletin of Kharkiv V.V. Dokuchaev National Agrarian University. Soil Science, Agrochemistry, Farming, Forestry*, 2, 5-15. Retrieved from [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\_nbuv/](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Vkhnau_grunt_2016_2_3.pdf).