

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**КОЗАЧОК ОЛЕКСАНДР ЛЕОНІДОВИЧ**

УДК 631.5/.8:633.34(477.41)

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЖИВЛЕННЯ СОЇ ЗА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ  
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО  
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.04 «Агрохімія»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН  
**Бикін Анатолій Вікторович**,  
Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
завідувач кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва імені О. І. Душечкіна

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Лопушняк Василь Іванович**,  
Львівський національний аграрний університет,  
завідувач кафедри агрохімії та ґрунтознавства

доктор сільськогосподарських наук, доцент  
**Іваніна Вадим Віталійович**,  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН,  
завідувач відділу агрохімії

Захист відбудеться «10» листопада 2017 року о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.04 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оброни, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «09» жовтня 2017 року

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Н. П. Бордюжа

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Площі під соєю в Україні та світі поступово зростають, що зумовлено фінансовою привабливістю цієї культури. Поряд із цим у останні десятиліття намітилася тенденція до здорожчання виробництва сільськогосподарської продукції та посилення антропогенного впливу на ґрунт. Аграрні підприємства почали відмовлятися від оранки і переходити до ресурсозберігаючих технологій вирощування. Однак питання мінімізації обробітку ґрунту, як однієї із складових частин ресурсозбереження, вивчено недостатньо. Особливо це стосується перехідного періоду від традиційних до вищезазначених технологій. Вітчизняний та світовий досвід мінімізації обробітку ґрунту свідчить про те, що у перші роки урожайність сільськогосподарських культур може істотно знижуватися порівняно із оранкою. Насамперед, це пов'язано зі зміною ґрунтових параметрів та поживного режиму. Мінеральні добрива нівелюють обмежуючу дію механічного обробітку ґрунту на врожай сільськогосподарських культур. Однак питання удобрення за мінімізації обробітку ґрунту вивчені не достатньо. На відміну від традиційного способу, за ресурсозберігаючих технологій, поживні елементи переважно концентруються у верхньому шарі ґрунту (0–10 см). Це опосередковано впливатиме на живлення рослин сої впродовж періоду вегетації. Тому, оптимізація ґрунтових процесів та росту і розвитку рослин за рахунок внесення добрив є актуальними питаннями і потребує додаткових досліджень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Наукові дослідження проведено відповідно до науково-дослідної роботи кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва імені О. І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України за темами «Управління родючістю ґрунтів та продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій» (номер державної реєстрації 0112U002819, 2013–2014 рр.) та «Оптимізація живлення сільськогосподарських культур за ресурсоощадних технологій вирощування» (номер державної реєстрації 0115U003835, 2015 р.).

**Мета та завдання дослідження.** Мета дослідження полягала у розробленні агрохімічно, енергетично та економічно оптимальної системи застосування добрив під сою за ресурсозберігаючих способів обробітку ґрунту.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- дослідити зміни окремих параметрів поживного режиму темно-сірого опідзоленого ґрунту (шар 0–50 см);
- визначити зміни щільності та загальної біологічної активності мікроорганізмів у темно-сірому опідзоленому ґрунті;
- дослідити динаміку змін окремих фізіолого-біохімічних процесів у рослинах сої впродовж вегетації за внесення добрив та мінімізації обробітку ґрунту;
- вивчити вплив мінеральних добрив та мінімізації обробітку ґрунту на продуктивність рослин сої сорту Мерлін та якість її зерна;

– встановити економічну та енергетичну ефективність використання добрив залежно від способів обробітку ґрунту в умовах Лівобережного Лісостепу України.

*Об'єкт дослідження* – агрохімічні процеси у темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті та фізіолого-біохімічні процеси в рослинах сої за внесення мінеральних добрив на фоні оранки, щільовання, мінімального обробітку та прямої сівби.

*Предмет дослідження* – щільність, загальна біологічна активність та динаміка вмісту макроелементів у темно-сірому опідзоленому ґрунті (шар 0–50 см), фізіолого-біохімічні та біометричні показники рослин (висота рослин, вміст макроелементів у різних вегетативних частинах рослин, наростання листового апарату, чиста продуктивність фотосинтезу, вміст хлорофілу).

**Методи досліджень:** польові, лабораторні та статистичні за загальноприйнятими в агрохімії методиками.

**Наукова новизна одержаних результатів.** В Лівобережному Лісостепу України *вперше* за мінімізації обробітку ґрунту було встановлено ефективну для росту і розвитку рослин і формування врожаю сої по фосфорно-калійному фоні дозу азотних добрив в поєднанні із позакореневим підживленням мікродобривом «РОСТОК» Бобові та проведено економічне, енергетичне та агрохімічне обґрунтування технології її вирощування.

*Удосконалено* технологічні прийоми вирощування сої шляхом оптимізації способів основного обробітку ґрунту та доз азотних добрив на фоні  $P_{60}K_{60}$  сумісно з позакореневим підживленням рослин.

*Набуло подальшого розвитку* питання, яке стосується оптимізації живлення сої за мінімізації обробітку ґрунту. Встановлено, що в зоні Лівобережного Лісостепу України обмежуючим фактором врожайності цієї культури є погіршення фізичних показників ґрунту, зокрема щільності.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в можливості оптимізації живлення сої за ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту шляхом застосування азотних добрив на фоні фосфорно-калійних. За внесення норми  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та проведення позакореневого підживлення мікродобривом «РОСТОК» Бобові було досягнуто високого рівня агрохімічної, енергетичної та економічної ефективності.

Результати досліджень впроваджено у ФГ «Апогей Агро» (с. Куткір, Буського району Львівської області) на площі 200 га, ТОВ «Хмільницьке» (м. Хмільник Вінницької області) на площі 102 га, СВГ «Ромашка» (с. Домантово Золотоніського району Черкаської області) на площі 150 га.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувач безпосередньо брав участь в опрацюванні та узагальненні джерел літератури за темою дисертаційної роботи, виконував польові, лабораторні дослідження та статистичну обробку отриманих результатів, здійснював публікацію наукових статей.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень доповідалися на засіданнях кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва імені О. І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України; Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції,

що присвячена 95-річчю створення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії Львівського національного аграрного університету і Міжнародному дню агрохіміка «Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії» (м. Львів, 2014 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми наук про життя та природо-користування» (м. Київ, 2015 р.); 69-й Всеукраїнській науковій конференції «Роль науки у формуванні фахівця АПК» (м. Київ, 2016 р.); Науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельного ресурсного потенціалу України» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародному науково-практичному семінарі «Мінеральні добрива: інновації та перспективи» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Управління живленням та стресами рослин у сучасних технологіях» (м. Київ, 2016 р.).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 10 наукових праць, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у наукових фахових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз даних, науково-методична рекомендація та 4 тези наукових доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 207 сторінок комп'ютерного тексту. Робота містить 35 таблиць і 13 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

### ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ЖИВЛЕННЯ СОЇ ЗА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

У розділі наведено аналіз вітчизняних та зарубіжних літературних джерел щодо характеру змін ґрунтових процесів та параметрів, які відбуваються внаслідок застосування безполицевих способів обробітку ґрунту порівняно із оранкою. Ці зміни безпосередньо обумовлені глибиною основного обробітку ґрунту. По-перше, за мінімізації обробітку залишається більше рослинних решток, які сприяють зниженню температури поверхні ґрунту зменшуючи випаровування вологи, по-друге, стерня і власне побічна продукція у зимовий період затримує більше снігу (Кроветто К. К., 2007; Кираев Р. С., 2009). Ресурсозберігаючі технології зменшують негативний вплив на середовище існування біоти та особливо мікроорганізмів. Це позитивно впливає на їх життєдіяльність, а відтак і на додаткове вивільнення та накопичення елементів живлення, покращення водного та поживного режиму (Назаренко І. І., 2004; Смирнов С. Г., 2014). У перші роки використання ресурсозберігаючих технологій погіршуються фізичні показники, зокрема щільність ґрунту. Однак за довготривалого впровадження мінімізації, цей показник набуває оптимальних значень. Такі умови опосередковано впливають на ріст та розвиток рослин сої (Silva V. R., 2006; Романенко А. А., 2011; Косолап М. П., 2011; Кротінов О. П., 2014, Малієнко А. М., 1998). Для зниження дії за переходу до мінімізації обробітку обмежуючих факторів на ріст та розвиток рослин сої доцільно вносити добрива. Однак конкретних рекомендацій за

нормами їх внесення за ресурсозберігаючих технологій для тих чи інших ґрунтово-кліматичних умов в Україні не існує.

Таким чином, на основі аналітичного огляду літератури та її узагальнення з'ясовано, що питання щодо оптимізації умов живлення сої за ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту потребують більш детального вивчення.

## УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наукові дослідження проведено впродовж 2013–2015 рр. у польовому довготривалому досліді кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва імені О. І. Душечкіна НУБіП України (Бориспільський район, Київська область) у короткоротаційній сівозміні з таким чергуванням культур: пшениця яра, кукурудза на зерно, соя. Площа посівної ділянки становила 100 м<sup>2</sup>, облікової – 54 м<sup>2</sup>, повторність дослідів – трикратна. Дослід закладений із сортом Мерлін (внесений до Державного реєстру сортів в 2008 р.), який відноситься до ранньостиглих з періодом вегетації 110–115 днів (оригінація «Заатбау Лінц», Австрійська Республіка).

Дослідження проводили на темно-сірому опідзоленому грубопилувато-легкосуглинковому ґрунті. Перед закладанням дослідів орний шар (0–25 см) характеризувався такими показниками: вміст гумусу – 2,14 %; рН<sub>KCl</sub> – 5,54; мінерального азоту – 12,7 мг/кг; рухомих сполук фосфору та калію – відповідно 115 і 161 мг/кг; обмінних кальцію та магнію – відповідно 7,05 і 0,85 мг/кг; рухомих сполук мангану – 4,78 мг/кг, кобальту – 0,12 мг/кг, купруму – 0,51 мг/кг, цинку – 1,94 мг/кг, бору – 0,66 мг/кг.

У контрольному варіанті вносили P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Норми азоту кратно зростали від N<sub>20</sub> до N<sub>80</sub> із кроком N<sub>20</sub> (табл. 1).

*Таблиця 1*

### Схема проведення дослідів на темно-сірому опідзоленому ґрунті, 2013–2015 рр.

Спосіб обробітку ґрунту	Варіант дослідів				
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> – контроль	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
Оранка (25–27 см) – контроль	+	+	+	+	+
Щілювання (38–40 см)	+	+	+	+	+
Мінімальний (12–14 см)	+	+	+	+	+
Пряма сівба (без обробітку)	+	+	+	+	+

У досліді використовували аміачну селітру (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, ГОСТ 2–85), амофос (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, ГОСТ 18918–85), калій хлористий (KCl, ГОСТ 4568–95) та комплексне мікродобриво «РОСТОК» Бобові (N – 80 г/л, MgO – 47 г/л, SO<sub>3</sub> – 33 г/л, Fe – 6 г/л, Mn – 8 г/л, B – 5,4 г/л, Zn – 8 г/л, Cu – 2 г/л, Mo – 0,3 г/л, ТУ У 24.1-36790154-001:2010).

Мінеральні добрива застосовували у передпосівне внесення. Підживлення комплексним мікродобривом «РОСТОК» Бобові у нормі 3 л/га проводили у фазу гілкування ранцевим оприскувачем у всіх варіантах з добривами та обробітками ґрунту з нормою робочого розчину 250 л/га залишаючи при цьому контроль без підживлення.

Традиційний спосіб обробітку ґрунту включав наступні технологічні прийоми: лушення стерні попередника (10–12 см), зяблева оранка (25–27 см), передпосівна культивуація (10–12 см). У варіанті із щільуванням проводили лушення стерні попередника (10–12 см), осіннє щільування (38–40 см) та передпосівну культивуацію (10–12 см) весною. Мінімальний обробіток ґрунту передбачав лушення стерні (10–12 см) та передпосівну культивуацію (10–12 см). На ділянках із прямою сівбою проводили лише заробляння добрив на 3–4 см.

Сівбу насіння сої I репродукції з нормою 100 кг/га здійснювали сівалкою нульового циклу SuperWalter W1700. Оброблення насіння проводили згідно відповідних рекомендацій, які передбачають нанесення препарату ХіСтік (інокулянт) нормою 0,4 кг/100 кг та Стандак Топ (протруювач) нормою 1 л/т.

Система захисту рослин сої після сівби передбачала внесення таких гербіцидів: до сходів Зенкор Ліквід у нормі 1 л/га та у фазу 5–6 листків Базагран (2,5 л/га). У період від початку цвітіння до формування бобів вносили фунгіцид Абакус із нормою 1,5 л/га.

Відбір і підготовка зразків ґрунту до аналізу здійснювали згідно ГОСТ 28168–89 та ДСТУ ISO 11464–2001, а рослин – згідно загальноприйнятих в агрохімії методик, що наведені у практикумі «Агрохімічний аналіз» та «Лабораторному практикумі з агрохімії».

Зразки рослин відбирали з кожної елементарної ділянки у такі фази росту та розвитку: сходи, гілкування, формування бобів, технічна стиглість.

У зразках ґрунту визначали: уміст гумусу – оксидиметричним методом (ДСТУ 4289:2004), уміст вологи – термогравіметричним методом (ДСТУ ISO 11465–2001); уміст нітратного азоту – потенціометричним методом (ГОСТ 26951–86); уміст амонійного азоту – фотокolorиметричним методом у модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26489–85); уміст рухомого фосфору та обмінного калію – за методом Кірсанова з наступним визначенням фосфору – фотокolorиметрично, а калію – на полуменовому фотометрі (ДСТУ 4405:2005); уміст обмінного кальцію та магнію трилонометричним методом (ГОСТ 26487–85); кислотність обмінну – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390:2007). Уміст рухомих форм мікроелементів: мангану (ДСТУ 4770.1:2007), кобальту (ДСТУ 4770.5:2007), купруму (ДСТУ 4770.6:2007), цинку (ДСТУ 4770.2:2007) визначали методом атомно-абсорбційної спектروفотометрії, бору – за методом Бергера і Труога в модифікації ЦІНАО (ГОСТ Р 50688–94).

Упродовж періоду вегетації проводили біометричні виміри: площу листової поверхні, висоту кріплення першого стручка та висоту рослин. Вираховували чисту продуктивність фотосинтезу та листовий індекс за методом А. А. Ничипоровича. Визначення вмісту сухої речовини проводили термогравіметричним методом, накопичення «сирої» маси рослин сої –

гравіметричним та вміст хлорофілу в листках – фотоколориметрично. У зразках рослин сої, що відбирались упродовж вегетації, після мокрого озолення матеріалу за методом А. Гінзбург та ін., визначався вміст елементів живлення: загального азоту – фотоколориметрично за допомогою реактиву Несслера; фосфору – фотоколориметрично за методом Деніже в модифікації А. Левицького; калію – на полуменевому фотометрі.

У польових умовах визначали загальну біологічну активність верхнього (0–30 см) шару ґрунту (аплікаційний метод визначення інтенсивності розкладання целюлози) та щільність ґрунту (за методом Качинського Н. А.).

Збір та облік урожаю з облікової ділянки проводили вручну. Для визначення структури врожаю відбирали 10 типових рослин з елементарної ділянки. У зерні вміст сухої речовини визначали термогравіметричним методом, масу 1000 зерен – за ГОСТ 10842–89, вміст «сирого» протеїну і жиру – методом інфрачервоної спектроскопії. Оцінку типовості погодних умов здійснювали за статистичними критеріями варіаційного аналізу (Логвинов К. Т.). Енергетичну ефективність застосування добрив визначали за методичними рекомендаціями Ю. О. Тараріка, а економічну – за цінами у період з 2013 до 2015 року. Математичну обробку даних проводили методом дисперсійного аналізу за Б. О. Доспеховим та з використанням комп'ютерних технологій (Microsoft Office Excel).

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

**Запаси доступної вологи за мінімізації обробітку ґрунту.** Сучасні технології, що засновані на мінімізації обробітку ґрунту, є однією з альтернатив для оптимізації водного режиму, ефективної акумуляції вологи та її продуктивного використання. Ці закономірності чітко проявляються за посушливих умов, а за зволених вони можуть послаблюватись. За ресурсозберігаючих технологій в період максимального споживання вологи її вміст у шарі 0–50 см був вищим, ніж за оранки (рис. 1).

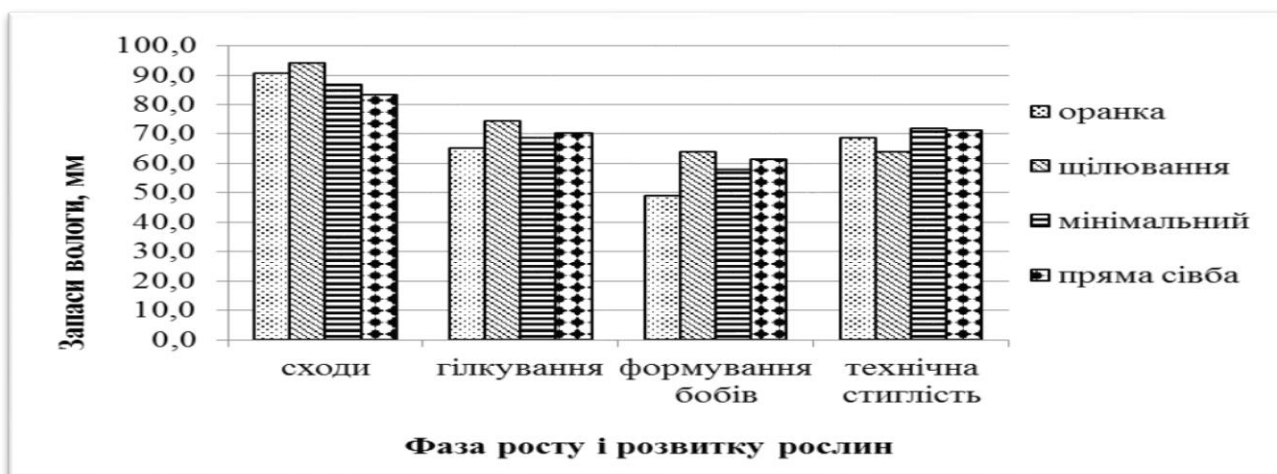


Рис. 1 Залежність запасів ґрунтової вологи (шар ґрунту 0–50 см) від фази росту та розвитку рослин та способів обробітку ґрунту, 2013–2015 рр.

Варто зазначити, що впродовж періоду проведення досліджень погодні умови (кількість опадів) різнилися за роками. За коефіцієнтами істотності встановлено типовість умов території у критичні фази росту та розвитку. В період від гілкування до формування бобів (червень – липень) типовим щодо режиму опадів був 2014 р., а 2013 р. (липень) та 2015 р. (червень) – нетипово посушливими. Встановлено таку закономірність: у вегетаційний період із невисокою кількістю опадів за мінімізації обробітку запаси вологи були вищими, ніж за оранки. Різниця між цим показником за ресурсозберігаючої та традиційної технології у липні 2013 р. досягала 14,9–16,8 мм, а у червні 2015 р. – 4,86–16,3 мм відповідно. Оскільки вищезазначений період у 2014 р. характеризувався, як типовий, суттєвих змін за вмістом вологи у ґрунті не встановлено.

**Вплив способів обробітку та добрив на вміст мінерального азоту в ґрунті.** Азот – основний елемент мінерального живлення, який максимально визначає рівень урожаю, і тому рослини використовують його у достатніх кількостях, як і інших макроелементів. Встановлено, що найменша кількість мінерального азоту була у контролі ( $P_{60}K_{60}$ ) і становила 12,3–14,0 мг/кг (табл. 2). Внесення азотних добрив на фоні фосфорно-калійних підвищувало вміст цього елемента в ґрунті. Норма  $N_{80}P_{60}K_{60}$  забезпечила найвищу його кількість. Так, залежно від способу обробітку вміст мінерального азоту на початку вегетації у шарі 0–25 см становив 28,4–31,7 мг/кг.

Кількість мінерального азоту знижувалася до фази технічної стиглості. Найбільш інтенсивним зниженням цього показника характеризував період від фази сходів до формування бобів, тобто у критичний період по відношенню до цього елемента. Вміст  $N_{\text{мін}}$  за прямої сівби та мінімального обробітку змінювався не так інтенсивно. Різниця між вмістом мінерального азоту від фази сходів до формування бобів становила 5,39–9,22 та 5,79–10,9 мг/кг.

**Вплив способів обробітку та добрив на вміст рухомого фосфору та обмінних сполук калію в ґрунті.** Встановлено, що за внесення однакової кількості фосфорних добрив вміст цього елемента у ґрунті був вищим за безполицевих обробітків порівняно з оранкою. У фазу сходів за традиційного способу у шарі 0–25 см кількість рухомого фосфору становила 135 мг/кг, що на 27,5–31,2 % менше, ніж за безполицевих обробітків. Таку різницю між рівнем цього показника можна пояснити зміною біологічної активності за рахунок заробляння поживних решток у верхній шар (0–10 см).

Встановлено, що у фазу гілкування вміст рухомого фосфору підвищувався (табл. 2). Цей показник за щільовання зростав на 45,0 мг/кг, за оранки та прямої сівби на 40 мг/кг та за мінімального обробітку на 21 мг/кг. Враховуючи той факт, що соя є культурою, яка здатна засвоювати важкодоступні сполуки фосфору з ґрунту, таке підвищення могло бути зумовлено виділенням коренями продуктів кислотного характеру та вуглекислоти. Також утворення останньої можливе за рахунок розкладання рослинних решток.

Соя для формування вегетативних і генеративних органів споживає фосфор рівномірно впродовж вегетації. Проте за період від фази гілкування до

формування бобів вона використовує найбільшу його кількість. Це пояснює зниження вмісту рухомого фосфору у фазу формування бобів. Так, за традиційного способу, залежно від удобрення, його вміст знижувався на 15–46 мг/кг, за щільовання – 12–41 мг/кг, за мінімального обробітку – 10–19 мг/кг та за прямої сівби на 16–34 мг/кг. Варто зазначити, що у ґрунті, де вносили азот по фосфорно-калійному фону, вміст фосфору істотно знижувався порівняно з контролем. Це означає, що додаткова кількість азоту оптимізувала ростові процеси як підземної, так і надземної частин рослин сої.

Таблиця 2

**Динаміка вмісту макроелементів у ґрунті (мг/кг)  
залежно від норми азотних добрив і способу обробітку (шар ґрунту 0–25 см)  
за вирощування сої сорту Мерлін, середнє за 2013–2015 рр.**

Спосіб обробітку ґрунту	Варіант досліджу	N <sub>мін</sub>				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				K <sub>2</sub> O			
		Фаза росту і розвитку рослин											
		сходи	гілкування	формування бобів	технічна стиглість	сходи	гілкування	формування бобів	технічна стиглість	сходи	гілкування	формування бобів	технічна стиглість
Оранка (контроль)	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - контроль	14,0	12,6	7,17	4,19	128	162	147	139	155	149	143	130
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,4	15,1	9,37	4,93	133	174	151	142	149	153	145	132
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	23,6	20,4	12,6	7,17	144	185	139	131	151	156	142	133
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,0	23,8	15,1	9,49	135	179	163	149	152	152	134	125
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	31,7	27,2	17,8	9,94	136	176	159	156	156	152	143	128
Щільовання	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - контроль	12,3	10,7	7,03	5,09	169	209	198	193	161	178	154	146
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,0	13,8	9,39	6,91	169	219	195	189	170	203	163	149
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	20,3	17,0	10,5	7,57	182	235	194	188	176	198	157	144
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	25,7	21,5	12,8	8,67	165	207	183	186	164	191	155	148
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	30,5	28,4	16,9	10,3	188	230	207	205	183	196	155	155
Мінімальний	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - контроль	13,2	12,4	8,20	5,42	181	190	181	175	167	179	165	141
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,6	15,6	10,8	6,44	174	204	185	178	160	175	155	143
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,1	20,1	13,1	8,12	171	192	173	165	158	170	159	142
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,0	24,3	15,5	9,22	175	190	176	169	168	169	149	143
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,4	26,0	17,5	10,5	170	201	189	185	157	176	154	137
Пряма сівба	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> - контроль	13,3	12,6	9,69	6,88	171	197	181	154	163	166	146	133
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,5	15,2	11,2	7,45	170	216	182	171	173	176	147	132
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,9	20,6	14,6	9,12	166	201	171	166	159	177	148	132
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	25,9	24,8	17,9	10,9	170	217	184	179	161	171	145	129
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,4	26,3	19,2	11,3	169	218	191	187	171	178	154	141
НІР <sub>0,05</sub> , мг/кг		1,11	0,99	0,63	0,54	13,9	16,4	13,1	13,0	15,9	16,3	13,8	13,0
Sx, %		1,84	1,65	2,07	1,91	2,90	2,88	2,72	2,80	3,35	3,31	3,18	3,32

Було встановлено те, що від фази сходів до гілкування за мінімізації обробітку ґрунту та удобрення вміст обмінного калію підвищувався. Найбільше зростання його у шарі 0–25 см було у варіанті із щілюванням. Варто зазначити, що за оранки чіткої тенденції не встановлено (табл. 2).

Для періоду від фази гілкування до технічної стиглості характерне зниження вмісту обмінного калію залежно від норм азотних добрив та способів обробітку. Найбільше його зниження було характерним для фази формування бобів. За оранки вміст калію знизився на 6,00–18,3 мг/кг, щілювання – на 24,0–41,0 мг/кг, мінімального обробітку – на 11,0–22,0 мг/кг та прямої сівби – на 20,3–28,0 мг/кг. Це пов'язано із біологічними особливостями рослин сої щодо засвоєння цього елемента у вищезазначений період.

Таким чином, за безполіцевих способів обробітку ґрунту у період максимального споживання рослини сої були забезпечені макроелементами на середньому та високому рівні.

**Вплив способів обробітку ґрунту на показники щільності.** Науковцями встановлено, що механічний обробіток інтенсивно впливає на щільність ґрунту. Результати досліджень свідчать про те, що цей показник у варіантах із безполіцевими способами був вищим порівняно із традиційним (табл. 3). Це закономірно, оскільки останній передбачає лущення стерні попередника, зяблеву оранку та передпосівний обробіток. Варто зазначити, що у варіанті із щілюванням цей показник був нижчим, ніж за мінімального обробітку та прямої сівби, що зумовлено розпушенням (38–40 см) та передпосівною культивуацією (10–12 см).

Таблиця 3

**Щільність темно-сірого опідзоленого ґрунту за мінімізації його обробітку, середнє за 2014–2015 рр.**

Спосіб обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Фаза росту та розвитку рослин		
		сходи	гілкування	технічна стиглість
Оранка (контроль)	0–10	1,12	1,21	1,22
	10–20	1,28	1,28	1,32
	20–30	1,57	1,47	1,48
	30–50	1,27	1,43	1,47
Щілювання	0–10	1,19	1,23	1,27
	10–20	1,27	1,32	1,35
	20–30	1,40	1,41	1,41
	30–50	1,30	1,38	1,38
Мінімальний	0–10	1,26	1,37	1,36
	10–20	1,30	1,41	1,44
	20–30	1,49	1,53	1,54
	30–50	1,37	1,53	1,56
Пряма сівба	0–10	1,36	1,33	1,38
	10–20	1,44	1,51	1,51
	20–30	1,43	1,47	1,52
	30–50	1,33	1,46	1,50

У фазу сходів щільність шару (0–10 см) за оранки становила  $1,12 \text{ г/см}^3$ , що на  $0,07 \text{ г/см}^3$  менше, ніж за щілювання, на  $0,14 \text{ г/см}^3$  – ніж за мінімального обробітку та на  $0,24 \text{ г/см}^3$  – ніж за прямої сівби. Така різниця між показниками у верхньому шарі ґрунту могла безпосередньо вплинути на проростання та подальший розвиток рослин сої.

Залежно від способів обробітку ґрунту найбільш переущільненим був шар 20–30 см. За оранки на початку вегетації щільність зони «плужної підшви» становила  $1,57 \text{ г/см}^3$ , що на  $0,09\text{--}0,18 \text{ г/см}^3$  більше, ніж за безполицевих обробітків. Варто зазначити, що у варіанті із щілюванням щільність ґрунту була найменшою і становила  $1,40 \text{ г/см}^3$ . Це означає, що цей прийом сприяв розущільненню вищезазначеного шару.

Поступово до фази технічної стиглості у варіантах із оранкою та щілюванням (шар 0–30 см) щільність ґрунту наближалася до рівноважної і становила  $1,34 \text{ г/см}^3$ , а за мінімального обробітку та прямої сівби відповідно –  $1,45$  та  $1,47 \text{ г/см}^3$ . Враховуючи, що оптимальна щільність для сої має знаходитись у межах  $1,10\text{--}1,40 \text{ г/см}^3$ , простежувався негативний вплив на ріст та розвиток рослин за безполицевих способів, особливо мінімального та прямої сівби.

**Вплив мінімізації обробітку ґрунту та добрив на загальну біологічну активність мікроорганізмів.** Дослідженнями встановлено, що за безполицевих способів обробітку ґрунту загальна біологічна активність мікроорганізмів була вищою порівняно із оранкою (рис. 2). Так, у контролі за традиційного способу обробітку (шар 0–30 см) активність целюлозоруйнуючих організмів за ступенем розкладу полотна досягала рівня  $36,8 \%$ , що на  $5,25 \%$  менше, ніж за щілювання, на  $4,05 \%$  – за мінімального обробітку та на  $10,6 \%$  – за прямої сівби. Така різниця між показниками зумовлена глибиною обробітку ґрунту. Варто зауважити, що найвищою активністю мікроорганізмів відзначався варіант із прямою сівбою, оскільки за цього способу не проводили основного обробітку ґрунту, а здійснювали лише заробляння добрив на глибину 3–4 см. Відтак середовище існування біоти зазнавало найменшого впливу робочих органів знарядь.

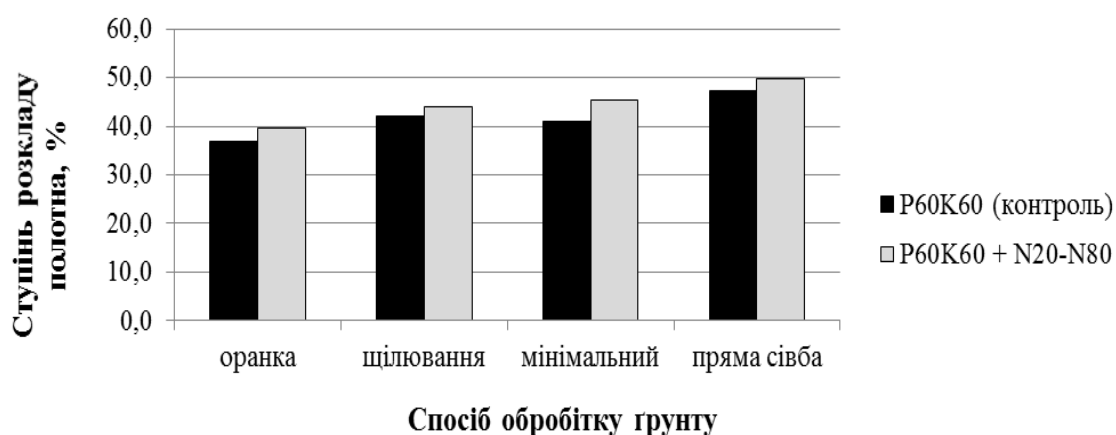


Рис. 2 Залежність ступеня розкладу лляного полотна за 1 міс. (%) від внесення азотних добрив та способу обробітку ґрунту за вирощування сої сорту Мерлін, середнє за 2014–2015 рр.

Встановлено тенденцію до підвищення ступеню розкладу лляного полотна за додаткового внесення азотних добрив на фоні фосфорно-калійних. Так, у варіантах із внесенням 20–80 кг/га азоту інтенсивність діяльності мікроорганізмів за оранки підвищилася на 2,85 %, за щільвання – 1,99 %, за мінімального обробітку – 4,39 %, за прямої сівби – 2,23 % порівняно до контролю. На нашу думку, це пов'язано із тим, що мікроорганізми для своєї життєдіяльності використовують азот із добрив для оптимізації співвідношення С : N.

### ВПЛИВ ДОБРІВ ТА СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ОСНОВНІ БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН СОЇ

Дослідженнями встановлено, що за безполицевих обробітків листковий індекс знижувався порівняно із варіантами з оранкою. Це зумовлено гальмуванням ростових процесів на початку вегетації. Оскільки за мінімізації обробітку створювалися умови, які не сприяли оптимізації розвитку кореневої системи – більш ущільнений верхній шар ґрунту.

Встановлено, що інтенсивне наростання листків відбувалося у період від 2–3 листків до цвітіння (рис. 3). Так, за оранки листковий індекс у цей період підвищувався на 85,2 %, за мінімального обробітку – на 82,8 %, за прямої сівби – на 81,9 %. Від фази цвітіння до наливу бобів цей показник підвищувався, але не так інтенсивно, як на початкових етапах вегетації. Варто зазначити, що у період від фази формування до наливу бобів за оранки та мінімального обробітку листковий індекс знижувався, а за прямої сівби – підвищувався.



Рис. 3 Залежність накопичення сухої речовини та величини листкового індексу рослин упродовж періоду вегетації від способів обробітку ґрунту за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та «РОСТОК» Бобові, середнє за 2013–2015 рр.

Незалежно від способу обробітку ґрунту внесення азоту на фоні  $P_{60}K_{60}$  створювало передумови до збільшення листкового індексу упродовж періоду вегетації. Найвищий показник листкового індексу був у варіанті з нормою  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та сумісним внесенням мікродобрива «РОСТОК» Бобові. Так, за оранки та мінімального обробітку листковий індекс у фазу формування бобів

становив 8,16 та 5,80 одиниці. За прямої сівби у фазу наливу бобів цей показник сягав 3,01 одиниці.

Зменшення листкового індексу за мінімізації обробітку ґрунту істотно впливало на накопичення сухої речовини упродовж вегетації. Така тенденція зберігалася до наливу бобів. У вищезазначену фазу за оранки цей показник становив 10,4 т/га, за мінімального обробітку – 8,99 т/га, за прямої сівби – 6,03 т/га. Внесення добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та позакореневе підживлення створювали передумови для оптимізації живлення рослин сої. Вищезазначений показник підвищувався за оранки на 32,9 %, а за безполицевих способів на 38,8–72,3 % відносно контролю.

### **ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ РОСЛИНАМИ СОЇ**

Встановлено, що винос азоту основною продукцією був більшим у варіантах, де здійснювали передпосівне удобрення та проводили позакореневе підживлення. Так, за оранки споживання цього елемента підвищувалося на 56,2 %, а за безполицевих способів – на 29,6–71,0 % відносно контролю. Додаткове внесення 20–80 кг/га азоту з добривами підвищувало вміст цього елемента у ґрунті, а відтак і створювало передумови для покращення живлення рослин сої впродовж вегетації. Варто зазначити, що винос азоту зерном сої у варіантах із підживленням збільшувався на 11,1 % за оранки та на 12,7–22,4 % за мінімізації обробітку порівняно з варіантами без підживлення.

Фосфор рівномірно засвоюється рослинами сої впродовж періоду вегетації. Максимальна його кількість у основній та побічній продукції накопичувалася у фазу технічної стиглості. Додаткове внесення азоту створювало передумови до покращеного живлення рослин фосфором. Така тенденція була характерною для всього періоду вегетації. Так, у фазу технічної стиглості за оранки різниця між показниками досягала меж 7,76–27,0, за безполицевих способів обробітку – 8,04–31,9 кг/га відносно контролю.

Подібні закономірності встановлено і для виносу калію рослинами сої. Споживання цього макроелементу основною та побічною продукцією було більш інтенсивним у варіантах, де вносили азот на фоні  $P_{60}K_{60}$ . Додаткова кількість цього елемента створювала передумови для покращеного калійного живлення. Таким чином, внесення азоту із добривами підвищувало винос калію за традиційного способу на 11,4–35,2 кг/га, за щільовання – на 8,50–40,5 кг/га, за мінімального обробітку – на 6,40–23,7, за прямої сівби – на 12,2–27,2 кг/га відносно контролю.

Встановлено, що найінтенсивніше споживання калію вегетативною масою було у фазу формування бобів, а насінням – у фазу технічної стиглості. Це означає, що відбувався процес реутилізації цього елемента з вегетативної частини рослин у генеративну.

### **ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗА ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ТА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

Дослідженнями встановлено, що продуктивність сої залежала від способів обробітку ґрунту та внесення мінеральних добрив (табл. 4).

Таблиця 4

**Вплив добрив на урожайність сої сорту Мерлін за різних норм азотних добрив та способів обробітку ґрунту,  
середнє 2013–2015 рр.**

Спосіб обробітку ґрунту	Варіант досліду	Урожайність, т/га						Середнє за варіантами без підживлення	Приріст врожаю порівняно до контролю		Середнє за варіантами із підживленням	Приріст врожаю порівняно до контролю	
		2013		2014		2015			т/га	%		т/га	%
		А	Б	А	Б	А	Б						
Оранка (контроль)	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	2,67	2,99	2,91	3,80	2,85	3,48	2,81	–	–	3,42	–	–
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,58	4,00	3,96	4,09	3,77	4,04	3,77	0,96	34,2	4,04	0,62	18,1
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	4,16	4,52	4,36	4,63	4,20	4,54	4,24	1,43	50,9	4,56	1,14	33,3
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,99	4,61	4,56	4,80	4,35	4,63	4,30	1,49	53,0	4,68	1,26	36,7
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,66	4,18	4,20	4,26	3,90	4,22	3,92	1,11	39,5	4,22	0,80	23,3
Щільовання	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	–	–	2,84	3,33	2,68	3,09	2,76	–	–	3,21	–	–
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	3,19	3,63	3,09	3,42	3,14	0,38	13,8	3,53	0,32	9,81
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	3,37	3,99	3,40	3,74	3,39	0,63	22,6	3,87	0,66	20,4
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	3,44	4,16	3,53	3,97	3,49	0,73	26,3	4,07	0,86	26,6
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	3,29	3,95	3,48	3,87	3,39	0,63	22,6	3,91	0,70	21,8
Мінімальний	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	2,62	3,24	2,86	3,40	2,73	3,27	2,74	–	–	3,30	–	–
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,03	3,54	3,25	3,84	3,12	3,78	3,13	0,40	14,5	3,72	0,42	12,6
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,56	3,77	3,93	4,23	3,77	3,85	3,75	1,02	37,1	3,95	0,65	19,6
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,69	4,11	3,96	4,59	3,91	4,33	3,85	1,12	40,8	4,34	1,04	31,5
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,75	4,40	3,83	4,24	3,76	4,32	3,78	1,04	38,1	4,32	1,02	30,8
Пряма сівба	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	2,26	2,55	2,43	3,11	2,65	2,77	2,45	–	–	2,81	–	–
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,01	3,21	3,13	3,15	3,05	3,18	3,06	0,62	25,2	3,18	0,37	13,2
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,14	3,52	3,28	3,57	3,20	3,52	3,21	0,76	31,1	3,54	0,73	25,9
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,16	3,92	3,26	3,83	3,31	3,89	3,24	0,80	32,6	3,88	1,07	38,1
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,03	3,19	3,05	3,65	3,27	3,54	3,12	0,67	27,4	3,46	0,65	23,1
НІР <sub>0,5</sub> по фактору А (обробіток)		0,16		0,18		0,08		–					
НІР <sub>0,5</sub> по фактору В (добрива)		0,28		0,28		0,12							
НІР <sub>0,5</sub> взаємодія факторів АВ		0,49		0,56		0,25							
Sx, %		4,99		5,42		2,46							

Примітки: А – без підживлення; Б – з підживленням; P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – контроль.

Найнижчу врожайність отримано у контрольному варіанті (P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>). Залежно від способів обробітку цей показник був на рівні 2,45–2,81 т/га. Додаткове внесення азотних добрив на фоні фосфорно-калійних підвищувало врожайність за оранки на 34,2–53,0 %, за щільвання – на 13,8–26,3 %, за мінімального обробітку на – 14,5–40,8 %, за прямої сівби – на 25,2–32,6 % порівняно до контролю.

Дослідження, які проводилися в умовах Лівобережного Лісостепу України, свідчать про те, що для отримання високих врожаїв за ресурсозберігаючої технології потрібно вносити помірні норми азотних добрив (40–60 кг/га) на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. За роки досліджень у варіанті з внесенням N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> показники врожайності дещо стабілізувалися або були нижчими порівняно із внесенням N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Це означає, що для отримання високого врожаю не потрібно вносити підвищених норм азоту. Така закономірність підтверджується і тим, що за внесення 80 кг/га азоту на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> виявлено певне гальмування процесів росту рослин сої. Підтвердженням цього є менші біометричні показники порівняно до варіанту із внесенням N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Це також позначалось на листковому індексі та накопиченні сухої речовини.

Таким чином, обробіток ґрунту суттєво впливав на ростові процеси рослин сої. Особливо помітною різниця була на початкових етапах вегетації. За оранки створювалися більш оптимальні умови у посівному ложі, що обумовлювали швидку появу сходів порівняно із безполицевими способами. За мінімізації обробітку ґрунту верхній кореневмісний шар значно ущільнювався, що погіршувало умови для розвитку кореневої системи. Це стало основним чинником того, що врожайність у варіантах із оранкою була на 7,70–20,1 % більшою порівняно із безполицевими способами. Варто зазначити, що азотні добрива на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, особливо у перехідний період до мінімізації обробітку ґрунту, суттєво підвищують рівень врожаю сої.

#### **ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД СОЮ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

За безполицевих способів обробітку, особливо у перші роки їх впровадження, встановлено погіршення фізичних параметрів ґрунту, зокрема його щільності. Відтак це вплинуло на рівень врожаю і його вартість. Так, у варіанті з P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> за мінімального обробітку вона була меншою на 463 грн/га, а за прямої сівби на 1851 грн./га порівняно до оранки. Додаткове внесення азоту на фосфорно-калійному фоні підвищувало вищезазначений показник. За традиційного обробітку забезпечено найвищу вартість врожаю – 21099,24–24151,69 грн./га, що на 5335,45–8387,90 грн./га більше за контроль. За мінімального обробітку ця різниця становила 2199,81–6305,68, за прямої сівби – 3177,22–4269,25 грн./га відповідно (табл. 5).

Варто зазначити, що на обробіток ґрунту та сівбу за безполицевих способів витрати пального були меншими на 22–34 л/га порівняно із оранкою. Це значно знижувало екологічне та енергетичне навантаження на ґрунт.

У варіантах, де проводили позакореневе підживлення мікродобривом на фоні мінеральних добрив, виробничі витрати підвищилися на 184 грн/га. Проте, за рахунок отримання вищої врожайності вартість основної продукції збільшувалась. Так, цей показник за оранки становив 19321,28–26075,75 грн./га, за мінімального обробітку – 18412,97–24301,31 грн./га, за прямої сівби – 15737,72–21626,45 грн./га. Таким чином рівень рентабельності у варіантах із підживленням порівняно до варіантів, де мікродобриво не вносили, за традиційного способу підвищувався на 13,2–32,3 %, а за безполицевих обробітків – на 17,8–30,5 %.

Таблиця 5

**Економічна та енергетична ефективність застосування добрив під сою за мінімізації обробітку ґрунту, середнє за 2013–2015 рр.**

Спосіб обробітку ґрунту	Варіант досліду	Вартість врожаю, грн/га		Собівартість продукції, грн/т		Рівень рентабельності, %		Кее			
								вид продукції			
								товарна		побічна	
		А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Оранка (контроль)	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	15763	19321	3258	2732	67,4	99,7	3,98	4,68	11,0	12,4
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21099	22559	2484	2369	120	131	4,17	4,35	10,6	11,6
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	23636	25439	2291	2172	139	152	3,63	3,83	9,07	10,1
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	24151	26075	2324	2187	135	150	3,00	3,21	7,76	8,68
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21945	23545	2638	2502	107	119	2,31	2,45	6,02	6,77
Щілювання	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	17732	20584	3664	3221	74,4	98,5	2,84	3,19	7,15	7,82
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	20232	22643	3291	2998	94,1	113	2,48	2,70	6,20	6,77
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21908	24813	3159	2836	102	125	2,03	2,27	5,04	5,73
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22598	26149	3178	2788	101	129	1,69	1,94	4,31	5,02
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22022	25225	3383	2992	89,0	113	1,38	1,57	3,48	3,97
Мінімальний	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	15300	18412	3229	2739	69,0	99,5	4,39	5,10	10,8	12,3
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17500	20873	2885	2475	89,3	120	3,81	4,40	9,37	10,5
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21023	22003	2490	2425	119	125	3,46	3,56	8,04	8,72
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21606	24301	2508	2273	118	140	2,86	3,16	6,93	7,58
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21069	24053	2654	2372	106	132	2,34	2,64	5,61	6,21
Пряма сівба	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> *	13912	15737	3512	3153	55,4	73,2	4,20	4,63	8,91	9,56
	N <sub>20</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17089	17718	2893	2853	89,0	92,0	3,92	3,95	7,77	8,14
	N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17900	19710	2864	2655	90,9	106	3,07	3,31	6,32	6,72
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18181	21626	2925	2506	86,9	119	2,48	2,91	5,28	6,02
	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17559	19479	3144	2884	74,1	89,0	1,98	2,17	4,06	4,46

Примітки: А – без підживлення; Б – з підживленням, P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – контроль.

Варто зазначити, що за рахунок підживлення на фоні добрив за оранки найбільший рівень рентабельності забезпечив варіант із нормою N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, а за мінімального обробітку та прямої сівби – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Виробничі витрати за технології із щілюванням були нижчими на 292,55 грн./га відносно оранки та вищими на 93,87 і 304,46 грн./га відповідно за мінімальний та пряму сівбу. Витрати пального становили 77,0 л/га, що на 17,0 л/га менше, ніж за традиційного способу та на 5,00–17,0 л/га більше, ніж за мінімізації обробітку.

Економічно ефективною нормою добрив була  $N_{40}P_{60}K_{60}$ . За її внесення рівень рентабельності становив 102 %, що на 27,4 % більше відносно контролю. Загалом цей показник за щілювання залежно від норм мінеральних добрив, був меншим за оранки на 2,82–47,2 %, за мінімального обробітку – на 3,99–29,1 % та більшим за прямої сівби – на 3,39–7,54 %.

Енергетична віддача урожаєм на одиницю витрат антропогенної енергії без врахування змін енергетичного стану ґрунту оцінюється коефіцієнтом енергетичної ефективності ( $K_{ee}$ ). За ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту витрати на формування товарної та нетоварної продукції були меншими порівняно із оранкою, проте, урожайність була суттєво нижчою. За традиційного способу  $K_{ee}$  був вищим і становив 6,02–11,0, за щілювання – 3,48–7,15, за мінімального обробітку – 5,61–10,8 та за прямої сівби – 4,06–8,91 одиниці.

У варіантах, де проводили позакореневе підживлення на фоні мінеральних добрив встановлено приріст основної та побічної продукції, а відтак і збільшення додаткових енерговитрат на її формування. Так, за оранки показник «енергія врожаю» підвищувалася на 22488–29154 МДж/га, за щілювання – на 12024–20866 МДж/га, за мінімального обробітку на 18225–24277 МДж/га та за прямої сівби – на 9244–21246 МДж/га.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне обґрунтування зміни умов живлення рослин сої на темно-сірому опідзоленому ґрунті за переходу до ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту і можливості їх оптимізації внесенням мінеральних добрив. Отримані результати дають змогу зробити такі висновки:

1. Впровадження ресурсозберігаючих обробітків сприяло накопиченню більшого вмісту вологи у ґрунті порівняно із оранкою. Так, у фазу формування бобів запаси доступної вологи у шарі ґрунту 0–50 см були вищими на 5,76 мм (9,88 %) за щілювання, на 9,00 мм (18,4 %) за мінімального обробітку та на 12,5 мм (25,5 %) за прямої сівби порівняно до контролю (оранка).

2. Внесення азоту на фоні  $P_{60}K_{60}$  оптимізувало вміст його мінеральних форм у ґрунті у критичні фази росту та розвитку рослин сої. У фазу гілкування встановлено зростання цього показника відносно контролю. Так, внесення 20–80 кг/га азоту на фосфорно-калійному фоні зумовлювало підвищення вмісту  $N_{\text{мін}}$  у шарі 0–25 см за оранки на 2,55–15,8 мг/кг, щілювання – на 2,90–16,8 мг/кг, мінімального обробітку ґрунту – на 3,60–14,2 мг/кг та прямої сівби – на 2,50–13,3 мг/кг порівняно із варіантом  $P_{60}K_{60}$  (контроль).

3. За ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту встановлено тенденцію до стабілізації фосфорно-калійного режиму ґрунту. Так, у фазу гілкування вміст обмінних сполук фосфору та калію у шарі 0–25 см за щілювання був вищим на 44,8 та 40,8 мг/кг, за мінімального обробітку – на 20,2 та 21,4 мг/кг, за прямої сівби – на 34,6 та 21,2 мг/кг порівняно із оранкою (контроль).

4. За ресурсозберігаючих обробітків щільність ґрунту у шарах 0–10 та 10–20 см порівняно з оранкою підвищувалася. Однак шар 20–30 см за останньої був більш переущільненим. Так, за традиційного способу у фазу сходів щільність зони «плужної підшви» становила  $1,55 \text{ г/см}^3$ , що на  $0,08\text{--}0,16 \text{ г/см}^3$  більше, ніж за безполицевих обробітків. Проте, від фази сходів до фази гілкування ця закономірність змінювалася. За ресурсозберігаючих технологій щільність у шарі 20–30 см підвищувалася, а за оранки – знижувалася.

5. Менш інтенсивний обробіток ґрунту за ресурсозберігаючих технологій зумовлював підвищення його мікробіологічної активності. Так, за щілювання ступінь розкладу лляного полотна становив  $42,1 \%$ , мінімальної обробітку –  $40,9 \%$ , прямої сівби –  $47,4 \%$ , що на  $4,10\text{--}10,6 \%$  вище порівняно до контролю (оранка). Варто зазначити, що внесення азоту на фоні  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  підвищувало цей показник. Так, за норми  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  активність мікроорганізмів за оранки зростала на  $4,40 \%$ , за щілювання – на  $1,10$ , за мінімальної обробітку – на  $4,70$ , за прямої сівби – на  $1,40 \%$  порівняно із  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ . Позакореневе підживлення не впливало на ступінь розкладу лляного полотна.

6. Погіршення фізичних характеристик ґрунту за ресурсозберігаючих технологій обумовлювало зменшення листового індексу, а отже, і накопичення сухої речовини. Проте, за мінімізації обробітку ґрунту у період цвітіння та наливу бобів показники чистої продуктивності фотосинтезу були вищими. Так, за щілювання ЧПФ становила  $1,76$  та  $0,78 \text{ г/м}^2$  за добу, за мінімальної обробітку  $1,09$  та  $1,12 \text{ г/м}^2$  за добу, за прямої сівби  $3,48$  та  $1,28 \text{ г/м}^2$  за добу, а за оранки  $0,73$  та  $0,62 \text{ г/м}^2$  за добу. Внесення азоту на фосфорно-калійному фоні за сумісної дії позакореневого підживлення мікродобривом «РОСТОК» Бобові суттєво підвищувало вищезазначений показник за різних способів обробітку ґрунту. Так, за ресурсозберігаючих технологій інтенсифікувалось накопичення продуктів фотосинтезу (фаза цвітіння): за щілювання ( $+0,45 - +1,22 \text{ г/м}^2$  за добу), за мінімальної обробітку ( $+0,62 - +2,13 \text{ г/м}^2$  за добу), за прямої сівби ( $+0,78 - +1,27 \text{ г/м}^2$  за добу) порівняно з контролем (оранкою).

7. За переходу до ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту рослини сої формували меншу вегетативну масу, а відтак винос макроелементів основною та побічною частинами був нижчим порівняно із оранкою. Так, у фазу технічної стиглості за традиційного способу винос азоту побічною продукцією (стебла, луски) становив  $12,4 \text{ кг/га}$ , а основною (зерном) –  $135 \text{ кг/га}$ , за щілювання –  $7,97$  та  $61,5 \text{ кг/га}$ , за мінімальної обробітку –  $10,4$  та  $63,3 \text{ кг/га}$ , за прямої сівби –  $8,58$  та  $54,9 \text{ кг/га}$ . Внесення азоту по фосфорно-калійному фоні підвищувало винос цього елемента. Так, за норми  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  та внесенням «РОСТОК» Бобові накопичення азоту в побічній продукції за оранки підвищилось на  $22,2 \text{ кг/га}$ , а в зерні – на  $74,0 \text{ кг/га}$ , за ресурсозберігаючих – на  $3,84\text{--}17,8$  та  $45,0\text{--}86,0 \text{ кг/га}$  відповідно. Додаткове внесення азоту створювало передумови до покращення живлення рослин сої фосфором та калієм.

8. За переходу до ресурсозберігаючих технологій рослини сої мали меншу висоту порівняно із оранкою. Про це свідчать високі корелятивні зв'язки ( $r^2=0,66\text{--}0,95$ ) між цим показником та елементами структури врожаю. Так, за оранки маса та кількість зерен були вищими на  $0,08\text{--}0,79 \text{ г/роsl}$ . та

2,00–5,50 шт./роsl., ніж за безполицевих обробітків. Азотні добрива на фосфорно-калійному фоні та позакореневе підживлення мікродобривом підвищувало вищезазначені показники. Найвищу масу та кількість зерен було отримано у варіанті з нормою  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + «РОСТОК» Бобові. Так, за оранки ці показники підвищилися на 2,10 г/роsl. та 6,37 шт./роsl., за щілювання – на 1,44 г/роsl. та 6,50 шт./роsl., за мінімального обробітку – на 1,89 г/роsl. та 7,30 шт./роsl., за прямої сівби – на 2,03 г/роsl. та 8,57 шт./роsl. порівняно до контролю ( $P_{60}K_{60}$ ).

9. За переходу до ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту встановлено зниження врожайності сої порівняно з оранкою. Так, за щілювання цей показник був нижчим на 0,52 т/га, за мінімального обробітку – на 0,31 т/га, за прямої сівби – на 0,80 т/га відносно традиційного обробітку. Внесення азоту на фоні  $P_{60}K_{60}$  підвищувало рівень врожаю сої за оранки на 0,62–1,26 т/га, щілювання – на 0,32–0,86 т/га, мінімального обробітку – на 0,42–1,04, за прямої сівби – на 0,37–1,07 т/га відносно контролю. Найвищу врожайність було отримано за норми  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та внесення 3 л/га «РОСТОК» Бобові. Так, за оранки вона становила 4,68 т/га, за щілювання – 4,07 т/га, за мінімального обробітку – 4,34 т/га, за прямої сівби – 3,88 т/га, що відповідно на 36,8 %; 26,8; 31,5; 38,1 % більше відносно контролю.

10. За внесення азоту та мікродобрива «РОСТОК» Бобові на фоні  $P_{60}K_{60}$  підвищувалась біологічна цінність зерна сої. Так, за оранки вміст «сирого» протеїну зростав на 0,33–2,70 %, за щілювання – на 0,09–1,59 %, за мінімального обробітку – на 0,55–1,73 %, за прямої сівби – на 0,90–4,47 % порівняно до контролю ( $P_{60}K_{60}$ ). Добрива суттєво не впливали на вміст жиру в зерні сої. Визначальним фактором впливу на цей показник були погодні умови, які склалися в період досліджень. Так, у 2013 році вміст жиру був найнижчим і становив за оранки 19,7 %, за мінімального обробітку – 17,9 %, за прямої сівби – 18,9 % та найвищим у 2014 році за традиційного – 22,7 %, за безполицевих способів – 21,9–23,9 %.

11. За переходу до ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту застосування азотних добрив на фоні  $P_{60}K_{60}$  та проведення позакореневого підживлення мікродобривом «РОСТОК» Бобові забезпечувало високу економічну та енергетичну ефективність вирощування сої. Так, за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  рівень рентабельності за щілювання становив 129 %, за мінімального обробітку – 140 %, за прямої сівби – 119 %, за оранки – 152 %. Коефіцієнт енергетичної ефективності за ресурсозберігаючих технологій досягав меж 1,94–3,16, а за оранки – 3,12.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Лівобережного Лісостепу України для мінімізації недобору врожаю, через ущільнення ґрунту за переходу від оранки до ресурсозберігаючих технологій вирощування сої, що базуються на обробітку без перевертання скиби, досягнення врожайності на рівні 3,9–4,1 т/га шляхом забезпечення стабільних умов живлення рослин і високої економічної (рівень

рентабельності – 119–140 %) та енергетичної ефективності (Кее товарної продукції – 1,94–3,16) систему удобрення цієї культури доцільно доповнити такими агрозаходами:

а) у передпосівне внесення застосовувати  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (за щільвання та мінімального обробітку ґрунту на глибину 10–12 см, за прямої сівби – 3–4 см);

б) у позакореневе підживлення вносити мікродобриво «РОСТОК» Бобові з витратою робочого розчину 250 л/га (норма витрати препарату 3 л/га) у фазу гілкування рослин.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті в наукових фахових виданнях України:

1. Бикін А. В., Козачок О. Л. Вплив добрив та позакорневих підживлень на елементи структури врожаю сої за мінімізації обробітку ґрунту. Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. 2015. № 1. С. 110–117. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

2. Бикін А. В., Козачок О. Л. Вплив удобрення на врожай та якість сої за прямої сівби (без обробітку ґрунту). Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. 2016. № 1. С. 134–140. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

3. Козачок О. Л. Вплив мінеральних добрив та способів обробітку на показники родючості ґрунту за вирощування сої. Вісник аграрної науки. 2016. № 10. С. 72–74. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

### Статті в наукових фахових виданнях України,

#### включених до міжнародних наукометричних баз даних

4. Бикін А. В., Козачок О. Л., Слюсар О. В. Вплив добрив на чисту продуктивність фотосинтезу рослин сої за переходу до прямої сівби (без обробітку ґрунту). Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія. 2015. № 1. С. 162–167. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

5. Бикін А. В., Козачок О. Л., Щербиніна Н. П. Вплив азотних добрив та позакорневих підживлень на ріст та розвиток сої за різних способів обробітку ґрунту. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. № 57. Режим доступу до статті: [http://nd.nubip.edu.ua/2015\\_8/22.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2015_8/22.pdf). *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

### Науково-методичні рекомендації

6. Бикін А. В., Балаєв А. Д., Антоненко О. Ф., Бикіна Н. М., Бордюжа Н. П., Тарасенко О. В., **Козачок О. Л.**, Тонха О. Л., Козак В. М., Борисенко Ю. А., Манішевський В. М. Управління родючістю ґрунтів та продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій: [методичні рекомендації]. К., 2014. 114 с. *(Здобувачем частково описано розділ 4 «Продуктивність сільськогосподарських культур за різних технологій їх вирощування»).*

### Тези наукових доповідей:

7. Бикін А. В., **Козачок О. Л.** Вплив різних норм азотних добрив за прямої сівби (без обробітку ґрунту) на врожай сої. Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії: Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, присвячена 95-річчю утворення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії Львівського національного аграрного університету та Міжнародному дню агрохіміка, м. Львів, 9–13 червня 2014 року: тези доповіді. Львів, 2014. С. 192–196. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

8. Бикін А. В., **Козачок О. Л.** Вплив добрив на біометричні показники рослин сої за мінімізації обробітку ґрунту. Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: III Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 28–31 жовтня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 21–22. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

9. Косяк А. В., **Козачок О. Л.**, Бикіна Н. М. Управління продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій // Роль науки у формуванні фахівця АПК: 69 Всеукраїнська наукова конференція, м. Київ, 2–3 березня 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 148–150. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

10. Бикін А. В., **Козачок О. Л.** Вплив способів обробітку на щільність складення темно-сірого опідзоленого ґрунту. Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України: науково-практична конференція молодих учених і спеціалістів, м. Київ, 1–3 листопада 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 17–19. *(Здобувачем опрацьовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, проаналізовано та узагальнено результати).*

### АНОТАЦІЯ

**Козачок О. Л. Оптимізація умов живлення сої за ресурсозберігаючої технології вирощування в Лівобережному Лісостепу України.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільсько-господарських наук зі спеціальності 06.01.04 «Агрохімія». – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2017.

Застосування ресурсозберігаючих технологій обумовлює покращення поживного режиму ґрунту. Проте, погіршення фізичних характеристик, а саме щільності, негативно позначається на умовах росту та розвитку рослин сої. На ділянках із ресурсозберігаючими технологіями через більш ущільнений верхній кореневмісний шар, рослини відставали у рості та формували меншу вегетативну масу порівняно з оранкою. Так, їх висота у фазу гілкування за оранки становила 37,4 см, що на 9,50 % більше ніж за щілювання, на 10,2 % – за мінімальний обробіток та на 25,2 % – за пряму сівбу. Менш інтенсивне формування вегетативної маси у фазу формування бобів за ресурсозберігаючих обробітків ґрунту негативно впливало на листовий індекс та накопичення сухої речовини. За вищезазначених технологій врожайність сої була нижчою порівняно із традиційним способом обробітку ґрунту. Так, за щілювання вона зменшилася на 0,58 т/га, за мінімального обробітку – на 0,36 т/га, за прямої сівби – на 0,72 т/га.

Внесення азотних добрив на фоні  $P_{60}K_{60}$  за ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту знижує негативний вплив ущільнення та сприяє оптимізації ростових процесів рослин сої. Так, у варіанті з  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (фаза формування бобів) були найвищими висота та листовий індекс рослин. Відповідно за щілювання вони були більшими на 11,8 см і 0,89 одиниці, за мінімального обробітку – 9,20 см і 1,16 одиниці, за прямої сівби – 9,50 см і 0,83 одиниці порівняно до  $P_{60}K_{60}$  (контроль). Слід зазначити позитивний вплив на показники позакореневого підживлення мікродобривом «РОСТОК» Бобові.

Азотні добрива на фоні фосфорно-калійних підвищували вміст мінерального азоту в ґрунті, а також стимулювали засвоєння фосфору та калію рослинами. Так, у період від фази гілкування до формування бобів вміст рухомого фосфору у варіантах із нормами  $N_{20}-N_{80}$  на фоні  $P_{60}K_{60}$  за оранки зменшився на 1,00–31,0 мг/кг, за щілювання – на 12,0–30,0 мг/кг, за мінімального обробітку – на 3,00–10,0 мг/кг, за прямої сівби – на 11,0–18,0 мг/кг порівняно до контролю. Вміст обмінного калію у вищезазначених варіантах за оранки зменшився на 2,00–12,0 мг/кг, за щілювання – на 12,0–17,0 мг/кг, за мінімального обробітку – на 6,00–8,00 мг/кг, за прямої сівби – на 4,00–9,00 мг/кг.

Таким чином, внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та проведення позакореневого підживлення (фаза гілкування) мікродобривом «РОСТОК» Бобові (3 л/га) обумовлювало підвищення врожаю за оранки на 1,15 т/га, за щілювання – на 0,88 т/га, за мінімального обробітку – на 1,06 т/га та за прямої сівби – на 1,12 т/га відносно контролю ( $P_{60}K_{60}$ ).

**Ключові слова:** соя, ресурсозберігаючі технології, спосіб обробітку ґрунту, оранка, щілювання, мінімальний обробіток, пряма сівба, добрива, урожайність.

## АННОТАЦИЯ

**Козачок А. Л. Оптимизация условий питания сои по ресурсосберегающей технологии выращивания в Левобережной Лесостепи Украины.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.04 «Агрохимия». – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2017.

Применение ресурсосберегающих технологий обуславливает улучшение питательного режима почвы. Однако ухудшение физических характеристик, а именно плотности, отрицательно сказывается на условиях роста и развития растений сои. На участках с ресурсосберегающими технологиям из-за более уплотненного верхнего корнеобитаемого слоя, растения отставали в росте и формировали меньшую вегетативную массу в сравнении со вспашкой. Так, их высота в фазу ветвления по вспашке составила 37,4 см, что на 9,50 % больше чем при щелевании, на 10,2 % – при минимальной обработке и на 25,2 % – при прямом севе. Менее интенсивное формирование вегетативной массы при ресурсосберегающих обработках почвы отрицательно влияло на листовой индекс ( $-2,20$ – $-5,22$ ), накопление сухого вещества ( $-1,98$ – $-4,02$  т/га). При вышеуказанных технологиях урожайность сои была ниже по сравнению с традиционным способом обработки. Так, при щелевании она уменьшилась на 0,58 т/га, при минимальной обработке – на 0,36 т/га, при прямом севе на 0,72 т/га по сравнению со вспашкой (контроль).

Внесение азотных удобрений на фоне  $P_{60}K_{60}$  при ресурсосберегающих технологиях обработки почвы снижает негативное влияние уплотнения и способствует оптимизации ростовых процессов растений сои. Так, у варианте с  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (фаза формирования бобов) высота и листовой индекс растений были наиболее высокими. Соответственно при щелевании они возрастали на 11,8 см и 0,89 единицы, при минимальной обработке на 9,20 см и 1,16 единицы, при прямом севе на 9,50 см и 0,83 единицы по сравнению с  $P_{60}K_{60}$  (контроль). Следует отметить положительное влияние на эти показатели внекорневой подкормки микроудобрением «РОСТОК» Бобовые.

Азотные удобрения на фоне фосфорно-калийных повышали содержание минерального азота в почве, а также стимулировали усвоение фосфора и калия растениями. В период от фазы ветвления до формирования бобов содержание подвижного фосфора у вариантах с нормами  $N_{20}$ – $N_{80}$  на фоне  $P_{60}K_{60}$  при вспашке уменьшилось на 1,00–31,0 мг/кг, при щелевании – на 12,0–30,0 мг/кг, при минимальной обработке – на 3,00–10,0 мг/кг, при прямом севе – на 11,0–18,0 мг/кг по сравнению с контролем. Содержание обменного калия у вышеуказанных вариантах при вспашке уменьшилось на 2,00–12,0 мг/кг, при щелевании – на 12,0–17,0 мг/кг, при минимальной обработке – на 6,00–8,00 мг/кг, при прямом севе – на 4,00–9,00 мг/кг соответственно.

На вариантах, где вносили 20–80 кг/га азота на фоне  $P_{60}K_{60}$  повышалось поглощение фосфора и калия основной продукцией растений сои (зерном). Вынос соединений фосфора при ресурсосберегающих технологиях увеличился

на 26,6–34,8 кг/га, калия – 27,6–61,7 кг/га. При внекорневой подкормке на фоне минеральных удобрений вынос азота, фосфора и калия основной и побочной продукцией был выше по сравнению с вариантами, где подкормки не проводили.

Таким образом, внесение  $N_{60}P_{60}K_{60}$  и проведение внекорневой подкормки (фаза ветвления) микроудобрением «РОСТОК» Бобовые (3 л/га) обуславливало повышение урожая при вспашке на 1,15 т/га, при щелевании – на 0,88 т/га, при минимальной обработке – на 1,06 т/га и при прямом севе – на 1,12 т/га относительно контроля ( $P_{60}K_{60}$ ).

**Ключевые слова:** соя, ресурсосберегающие технологии, способ обработки, вспашка, щелевание, минимальная обработка, прямой сев, удобрения, урожайность.

## ANNOTATION

**Kozachok O. L. Optimization of Soybeans Nutrition Conditions for Resource-Saving Growing Technology on the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.** – The Manuscript.

Thesis for the degree of a candidate of agricultural sciences in the specialty 06.01.04 Agrochemistry. – The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2017.

The use of resource-saving technologies makes it necessary to improve soil nutrient regime. However, the deterioration of physical characteristics, namely density, affects negatively on growth and development of soybean plants. In areas with an application of resource-saving technologies, through a more over-condensed top root-space, the plants lagged behind the growth and formed a smaller vegetative mass compared to soil plowing. So, plants height in the branching phase when plowing was 37.4 cm, which was for 9.50 % higher than in the case with compactor application, for 10.2 % higher than in the minimum cultivation case and for 25.2 % higher than in direct sowing case. Less intense formation of the vegetative mass in the case of resource-saving soil treatments negatively affected leaf index, accumulation of dry matter and net productivity of photosynthesis. For this technology, the soybeans yield was lower compared to the traditional way of soil cultivation. Thus, when soil was compacted, yield decreased by 0.58 t/ha, in the minimum cultivation case for 0.36 t/ha, while in direct sowing case it increased for 0.72 t/ha compared to the plowing case (control).

The introduction of Nitrogen fertilizers on the background of  $P_{60}K_{60}$  in the case of resource-saving soil cultivation technologies reduces the negative impact of compactors and facilitates optimization of soybean plant growth processes. Thus, in the variant of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (in the beans formation phase), the highest height and leaf index was registered. Accordingly, in the compactors use case it was higher for 11.8 cm and 0.89 units, in a minimum cultivation case it was higher for the level of 9.20 cm and 1.16 units, for direct sowing it was higher for 9.50 cm and 0.83 units compared to  $P_{60}K_{60}$  (control). It should be noted the positive effect on the indicators of foliar fertilization with the application of microfibrer «ROSTOK» Bobovy.

Nitrogen fertilizers on the Phosphorus-Potassium background increased the content of mineral nitrogen in the soil, and also stimulated the absorption of Phosphorus and Potassium by plants. Thus, in the period from the branching phase to the formation of beans, the content of mobile phosphorus in variants with norms  $N_{20}-N_{80}$  on the background of  $P_{60}K_{60}$  for plowing case decreased for 1.00–31.0 mg/kg, for compacting it decreased for 12.0–30.0 mg/kg, for minimum cultivation it decreased for 3.00–10.0 mg/kg, for direct sowing it decreased for 11.0–18.0 mg/kg compared to the control variant. The content of Potassium in the aforementioned variants in plowing variant decreased for 2.00–12.0 mg/kg, for compactors it decreased for 12.0–17.0 mg/kg, for the minimum cultivation case it decreased for 6.00–8.00 mg/kg, for direct sowing case it decreased for 4.00–9.00 mg/kg.

Thus, the introduction of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  and the foliar nutrition (in the branching phase) by the microfibrer «ROSTOK» Bobovy (3 litres/ha) resulted in growth of the yield in plowing case for 1.15 t/ha, in the case with compactor application it increased for 0.88 t/ha, in the minimum cultivation case it increased for 1.06 t/ha and in direct sowing case, growth was 1.12 t/ha, compared to control case ( $P_{60}K_{60}$ ).

**Key words:** soybean, resource-saving technologies, soil cultivation method, plowing, compactor, minimum tillage, direct sowing, fertilization, yield.