

КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ТАРАСЕНКО ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.5:633.15:631.8(477.5)

**ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ ЖИВЛЕННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО
ЗА ПЕРЕХОДУ ДО НУЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
В ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.04 – агрохімія

Автореферат на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Кабінету Міністрів 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 ім. О. І. Душечкіна

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН **Польовий Володимир Мефодійович**, Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, директор

доктор сільськогосподарських наук, професор **Господаренко Григорій Миколайович**, Уманський національний університет садівництва, професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства

Захист відбудеться «___» _____ 2015 р. о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.04 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Генерала Родімцева, 19, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ–41, вул. Героїв Оборони, 13, кімната 41а

Автореферат розісланий «___» _____ 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Н. П. Бордюжа

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У сучасному землеробстві України намітилась тенденція до мінімізації обробітку ґрунту, що пов'язано зі зростанням континентальності клімату, значним проявом деградаційних процесів і необхідністю зниження собівартості продукції. У зв'язку з цим однією з найефективніших технологій є система нульового обробітку. В Україні площа ріллі, на якій застосовують цей спосіб, зросла з 1 % у 2009 р. до 7 % – у 2012 р. Проте наукові дослідження значно відстають від досвіду світових лідерів у питаннях охорони ґрунтів та оптимізації живлення рослин.

Вчені дійшли висновку, що у перші роки застосування нульовий обробіток негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Це зумовлено зростанням щільності ґрунту, повільнішим прогріванням верхнього шару, вивільненням фітотоксичних компонентів рослинних решток. За переходу до нульового обробітку зазнають суттєвих змін умови живлення культур. Як наслідок, урожайність за нульового обробітку також може знижуватися. Тому відкритим залишається питання можливості оптимізації ґрунтових процесів і підвищення продуктивності сільськогосподарських культур за рахунок внесення мінеральних добрив.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження проводились протягом 2011–2013 рр. відповідно до наукової теми кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України «Управління родючістю ґрунтів та продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій» (номер державної реєстрації 0112 U 002819).

Мета і задачі дослідження. Мета досліджень полягала у встановленні агрохімічно, економічно та енергетично ефективної системи застосування добрив під кукурудзу на зерно за переходу до нульового обробітку.

Для реалізації поставленої мети передбачалось вирішити такі задачі:

- дослідити динаміку зміни окремих параметрів поживного режиму в метровому шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту залежно від норми мінеральних добрив і способу обробітку;
- визначити зміни фізичних показників і загальної біологічної активності мікроорганізмів верхнього шару ґрунту за переходу до нульового обробітку;
- з'ясувати вплив мінеральних добрив за переходу до нульового обробітку на інтенсивність проходження окремих фізіолого-біохімічних процесів у рослинах кукурудзи протягом періоду вегетації;
- вивчити вплив мінеральних добрив за прямої сівби на урожайність гібрида кукурудзи Еміліо F1 і якість зерна;
- встановити економічну і енергетичну ефективність застосування мінеральних добрив під кукурудзу на зерно за переходу до нульового обробітку в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Об'єкт дослідження: агрохімічні процеси у темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті, фізіолого-біохімічні процеси в рослинах кукурудзи за внесення різних норм добрив на фоні прямої сівби і традиційного обробітку ґрунту.

Предмет дослідження: щільність, твердість, загальна біологічна активність у верхніх шарах темно-сірого опідзоленого ґрунту і динаміка вмісту рухомих форм макроелементів – у метровому, фізіолого-біохімічні та біометричні показники рослин (висота рослин, вміст макроелементів у різні фази їх росту і розвитку, наростання асиміляційної поверхні, чиста продуктивність фотосинтезу) гібрида кукурудзи Еміліо F1.

Методи дослідження – польовий, лабораторний, статистичний. Лабораторні і польові дослідження проведено згідно із загальноприйнятими в агрохімії методиками та діючими державними стандартами України.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше встановлено зміни комплексу агрохімічних показників темно-сірого опідзоленого ґрунту за переходу від традиційного до нульового його обробітку за вирощування кукурудзи на зерно. Обґрунтовано можливість оптимізації живлення рослин за рахунок внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$.

Удосконалено положення М. І. Байдюка, С. Ю. Булигіна, М. П. Косолапа, О. П. Кротінова та ін. про погіршення фізичних показників, підвищення запасів вологи за переходу до нульового обробітку і вплив цих змін на умови живлення рослин кукурудзи.

Набуло подальшого розвитку вчення про живлення рослин за переходу до нульового обробітку в Лівобережному Лісостепу України. Встановлено, що в зоні достатнього зволоження лімітуючим фактором урожайності кукурудзи є погіршення фізичних показників, зокрема ущільнення верхнього шару темно-сірого опідзоленого ґрунту.

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає у можливості оптимізації живлення рослин кукурудзи за переходу до нульового обробітку ґрунту шляхом застосування мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ із досягненням високого рівня агрохімічної, економічної, енергетичної ефективності та високої біологічної цінності зерна.

Результати дослідження впроваджено у ТОВ «Біотех ЛТД» (Бориспільський район Київська обл.) на площі 220 га, ТОВ «Агро Інвест Україна» (м. Яготин Київської обл.) на площі 400 га, ТОВ «БАТ» (Баришівський район Київської обл.) на площі 250 га.

Особистий внесок здобувача. Здобувач безпосередньо брав участь в опрацюванні й узагальненні літературних джерел з теми дисертації, формулюванні робочої гіпотези, проведенні польових і лабораторних дослідів, статистичній обробці результатів, підготовці наукових статей, написанні й оформленні дисертаційної роботи.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень та основні положення дисертаційної роботи доповідалися на конференціях і семінарах, зокрема на Міжнародній науково-практичній конференції, що присвячена 90-

річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикули: «Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання» (Київ, 2012 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів і студентів: «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» (Київ, 2012 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, що присвячена 115-ій річниці заснування Національного університету біоресурсів та природокористування України: «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування» (Київ, 2013 р.); 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» (Львів, 2014 р.); науково-практичній конференції «Методика, механізація, автоматизація та комп'ютеризація досліджень у землеробстві, рослинництві, садівництві та овочівництві» (Київ, 2014 р.); на засіданнях кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 10 наукових праць, у тому числі 4 статті у наукових фахових виданнях України, стаття у закордонному науковому виданні; методичні рекомендації (у співавторстві); 4 тези наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, семи розділів (огляду літератури й експериментальної частини), висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел (211 найменувань, 110 з яких латиницею) і додатків. Основний текст дисертації викладено на 122 сторінках комп'ютерного тексту, включаючи 32 таблиці, 12 рисунків і додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗА НУЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

В огляді літературних джерел подано аналіз результатів досліджень вітчизняних і зарубіжних учених щодо вирішення проблеми оптимізації мінерального живлення кукурудзи на зерно за переходу до нульового обробітку ґрунту. Проведено аналіз зміни ґрунтових умов росту і розвитку рослин за цієї технології порівняно із традиційною (Гассен Д., 2004; Сайко В. Ф., 2007; Медведев В. В., 2009; Косолап М. П., 2011; Кротинов А., 2012; Riedell W. E., 2005; Sandeep K., 2012). За переходу до нульового обробітку зазнають суттєвих змін і умови живлення рослин. У першу чергу, підвищується іммобілізація азоту у зв'язку з покращенням умов для мікробіологічної діяльності (Aulakh M. S., 1984; McKenney D. J., 1993; Ball V. C., 1999). Як наслідок, встановлено зменшення біометричних, фізіологічних показників росту і розвитку рослин, їхньої продуктивності (Байдюк М. І., 2004; Вударт Г. Й., 2006;

Roth G. W., 1996; Oropku G., 1997). Одним із шляхів оптимізації живлення кукурудзи на зерно за переходу до нульового обробітку є внесення мінеральних добрив, проте не існує чітких рекомендацій їх застосування для ґрунтово-кліматичних умов України.

На основі аналізу й узагальнення наукової літератури з'ясовано, що проблема оптимізації живлення кукурудзи на зерно за переходу до нульового обробітку ґрунту потребує ретельного вивчення.

ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження щодо оптимізації умов живлення кукурудзи на зерно за переходу до нульового обробітку здійснювали протягом 2011–2013 рр. у досліді кафедри агрохімії та якості рослинництва ім. О. І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України в господарстві ТОВ «Біотех ЛТД» (с. Городище Бориспільського району Київської області) у короткоротаційній сівозміні з таким чергуванням культур: пшениця яра – кукурудза – соя. Площа елементарної ділянки становила 140 м², облікової – 100 м². Повторність дослідів була трикратною, а розміщення варіантів – систематичним. Для проведення досліджень обрано гібрид кукурудзи Еміліо F1 (оригінація – KWS), що включений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2007 р. Польовий дослід проведено за загальноприйнятими методиками і стандартами (ДСТУ 7080:2009).

Дослідження проводили на темно-сірому опідзоленому грубопилувато-легкосуглинковому ґрунті, що сформувався на лесі. Шар ґрунту 0–30 см дослідної ділянки характеризувався середнім вмістом гумусу, обмінних кальцію і магнію, низьким ступенем забезпеченості мінеральним азотом і підвищеним – рухомими сполуками фосфору і калію. Реакція ґрунтового середовища була слабкокислою.

Дослід – двофакторний із дослідженням норм мінеральних добрив на фоні різних способів обробітку. У польовому досліді використали такі варіанти удобрення: 1. Без добрив (контроль); 2. N₃₀P₂₅K₂₅Mg₁₅; 3. N₆₀P₅₀K₅₀Mg₃₀; 4. N₉₀P₇₅K₇₅Mg₄₅; 5. N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀Mg₆₀.

Варіанти дослідів дублювалися на фоні двох способів обробітку:

1. Прямі сівби (без обробітку ґрунту);
2. Традиційний (оранка).

На ділянках під прямою сівбою проводили заборку мінеральних добрив дискатором Vaderstad Carrier 400 на глибину 3–4 см. Сівбу насіння кукурудзи здійснювали спеціальною сівалкою нульового циклу SuperWalter W1770. Система традиційного обробітку ґрунту складалася із таких прийомів: дискування ґрунту після збору врожаю попередника (10–12 см), зяблева оранка (25–27 см), передпосівна культивация (10–12 см).

У дослідженні використовували стандартні добрива: аміачну селітру (ГОСТ 2–85), амофос (ГОСТ 18918–85), калій хлористий (ГОСТ 4568–95), сульфат магнію (ГОСТ 4523–77). У контрольному варіанті добрив не вносили.

Відбір зразків ґрунту і рослин та їх підготовку до лабораторних аналізів проводили згідно із ГОСТ 28168–89, ДСТУ ISO 11464–2001 і загальноприйнятих у агрохімії методик у характерні для кукурудзи фази росту і розвитку: сходи, 9–10 листків, цвітіння, повна стиглість. Зразки ґрунту відбирали до глибини 20 см з інтервалом 5 см, до 100 см – через кожні 10 см.

Аналітичну частину роботи проведено у випробувальній лабораторії «Оцінки якості земель, добрив та продукції рослинництва» кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України (атестат акредитації № UA 6.001.Н.326).

У зразках ґрунту вміст вологи визначали термогравіметричним методом (ДСТУ ISO 11465–2001), нітратного азоту – потенціометричним (ГОСТ 26951–86), амонійного азоту – фотоколориметричним у модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26489–85), обмінного кальцію і магнію – трилонометричним (ГОСТ 26487–85), гумусу – оксидиметричним (ДСТУ 4289:2004), рН сольове – потенціометричним (ДСТУ ISO 10390:2007), рухомого фосфору та обмінного калію – за методом Кірсанова з подальшим визначенням фосфору фотоколориметрично, а калію – на полуменевому фотометрі (ДСТУ 4405:2005).

Під час вегетації рослин кукурудзи проводили визначення вмісту сухої речовини термогравіметричним методом, а хлорофілу в листках – фотоколориметрично. У зразках рослин, що відібрані протягом вегетації, після мокрого озолення матеріалу за методом К. Гінзбург та ін. визначали вміст елементів живлення: загального азоту – фотоколориметрично за допомогою реактива Несслера; фосфору – фотоколориметрично за методом Деніже в модифікації А. Левицького; калію – на полуменевому фотометрі.

У польових умовах визначали загальну біологічну активність верхнього шару ґрунту (аплікаційний метод визначення інтенсивності розкладання целюлози), його фізичних показників, зокрема щільності (за методом Н. А. Качинського) та твердості (за допомогою пенетрометра).

Під час вегетації кукурудзи проводили біометричні виміри висоти рослин, площі листової поверхні і розраховували чисту продуктивність фотосинтезу. Темпи накопичення «сирої» маси надземної частини кукурудзи вимірювали гравіметричним методом, а сухої речовини – термогравіметричним.

Збір та облік врожаю проводили вручну. Для визначення структури врожаю відбирали по 10 типових рослин з елементарної ділянки. У зерні вміст сухої речовини визначали термогравіметричним методом, масу 1000 зерен – за ГОСТ 10842–89, вміст крохмалю, білка і жиру – методом інфрачервоної спектроскопії. Баланс азоту, фосфору і калію у ґрунті розраховували за методикою, що розроблена кафедрою агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О. І. Душечкіна. Енергетичну ефективність застосування мінеральних добрив визначали за методичними рекомендаціями Ю. О. Тараріки, а економічну – за цінами 2011–2013 рр. Оцінку типовості погодних умов здійснювали за статистичними критеріями варіаційного аналізу

(К. Т. Логвинов, 1976). Статистичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу за методикою Б. О. Доспехова і в табличному редакторі Microsoft Excel.

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ПРЯМОЇ СІВБИ

Запаси доступної вологи за внесення мінеральних добрив і прямої сівби. Зменшення випаровування, зростання інфільтраційної здатності та можливість «підземного зрошення» за прямої сівби сприяє кращому вологозабезпеченню культури, що підтвердили результати досліджень. За переходу до нульового обробітку запаси вологи у шарі ґрунту 0–15 см були істотно вищими протягом вегетації кукурудзи порівняно з цими показниками за традиційного обробітку (рис. 1). Наприклад, у фазу сходів різниця становила 0,8–3,1 мм на користь прямої сівби залежно від варіанта досліді.

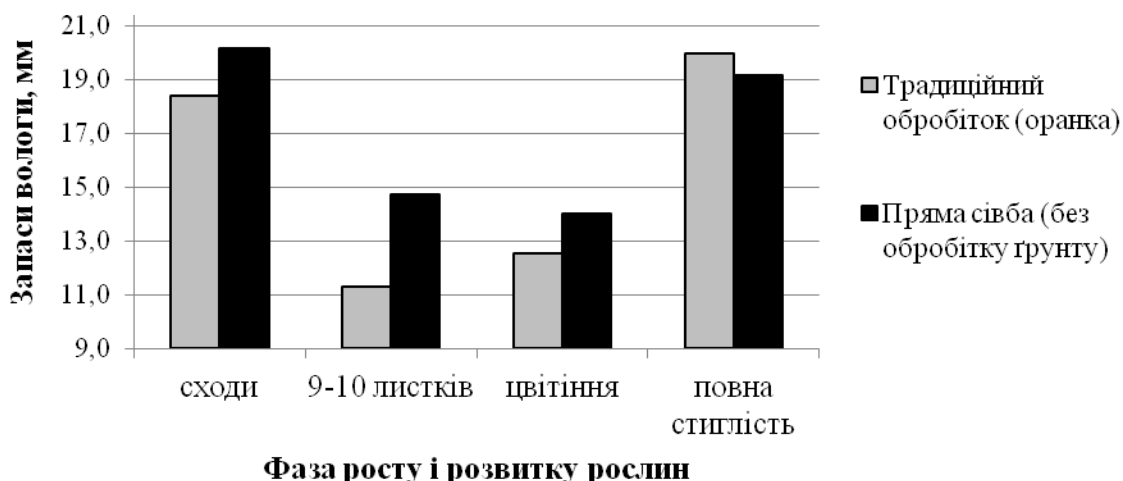


Рис.1 Залежність запасів ґрунтової вологи (мм) у шарі ґрунту 0–15 см від фази росту і розвитку рослин за внесення $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ і різних способів обробітку, середнє за 2011–2013 рр.

Встановлено, що за прямої сівби запаси вологи у метровому шарі були на 10,4–24,7 % вищими порівняно із аналогічними за традиційного обробітку. Ця тенденція сприяла оптимізації вологозабезпечення рослин кукурудзи у критичний період стосовно вологи – між фазами викидання волоті та цвітіння.

За прямої сівби запаси вологи в метровому шарі у варіантах із внесенням мінеральних добрив були вищими на 1,5–3,5 мм порівняно з аналогічним показником у контролі. Причиною цього було те, що збільшення кількості доступних елементів живлення опосередковано впливало на формування більшого листового індексу кукурудзи, що змінювало мікроклімат поля.

Вміст мінерального азоту за внесення мінеральних добрив і прямої сівби. У перші роки застосування пряма сівба негативно впливала на вміст

мінеральних сполук азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті на початку вегетації. Так, у фазу сходів рослин цей показник у шарі 0–15 см був на 10–24 % нижчим порівняно з аналогічним за традиційного обробітку (табл. 1).

За прямої сівби встановлено тенденцію до стабілізації або незначного зростання вмісту мінеральних форм азоту у верхньому шарі ґрунті у фазу 9–10 листків. Від фази 9–10 листків до цвітіння, тобто в критичний період відносно азоту, вміст мінеральних форм цього елемента був на 7,45–37,1 % вищим, ніж за традиційного обробітку. Слід зазначити, що вищі значення були у варіантах із застосуванням мінеральних добрив. Зокрема, внесення максимальної норми сприяло підвищенню вмісту мінеральних сполук азоту до 44,7 мг/кг.

Пряма сівба сприяла оптимізації живлення рослин нітратною формою азоту, яка є більш доступною для кукурудзи. За переходу до нульового обробітку співвідношення вмісту нітратів і обмінного амонію у шарі ґрунту 0–15 см коливалося у незначних межах протягом вегетації кукурудзи, а за оранки – істотно змінювалось. Це зумовлено нестабільністю запасів вологи у верхньому шарі за традиційного обробітку, що призводило до гальмування мікробіологічних ґрунтових процесів і знижувало доступність азоту для рослин.

Вміст рухомих сполук фосфору і калію за внесення мінеральних добрив і прямої сівби. Нульовий обробіток позитивно впливав у перші роки його застосування на вміст рухомих сполук фосфору у верхньому шарі ґрунту. Цей показник був вищим під час вегетації кукурудзи порівняно з аналогічним за традиційного обробітку. Так, у фазу сходів вміст рухомих сполук фосфору в шарі 0–15 см змінювався в межах від 144 до 179 мг/кг, що на 11,1–25,1 мг/кг більше, ніж у варіантах із оранкою (табл. 1). За прямої сівби створювалися сприятливі умови живлення для рослин кукурудзи через те, що коренева система в цей період розвинена слабко і не може поглинати поживні речовини з важкодоступних сполук.

За прямої сівби вміст рухомих сполук фосфору в шарі ґрунту 0–15 см у фазу 9–10 листків зростав на 13,7–19,7 мг/кг порівняно з аналогічним показником у фазу сходів. Подібна тенденція характерна для традиційного обробітку, проте зростання сягало більших значень (27,0–35,0 мг/кг). Причиною цього були вища температура поверхні ґрунту й активніший розвиток кореневої системи порівняно з прямою сівбою.

Найнижчий вміст рухомих сполук фосфору в усі фази росту і розвитку рослин кукурудзи був у контролі. За прямої сівби цей показник у шарі ґрунту 0–15 см упродовж вегетації мав високий кореляційний зв'язок із нормою внесення фосфорних добрив ($r^2 = 0,75–0,97$) і знаходився в оптимальних межах для рослин кукурудзи (150–160 мг/кг). Вміст рухомих сполук фосфору в шарі 15–30 см був нижчим на 4,46–27,7 %, ніж за оранки.

У 2011–2013 рр. за прямої сівби встановлено тенденцію до зростання вмісту рухомих сполук калію від фази сходів до 9–10 листків (табл. 1). Це зумовлено поступовим розкладом рослинних решток на поверхні ґрунту з вивільненням калію і утворенням вугільної кислоти, яка сприяла процесам хімічного вивітрювання калієвмісних мінералів.

Таблиця 1

Динаміка вмісту мінерального азоту, рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті (мг/кг) залежно від норми мінеральних добрив і способу обробітку за вирощування кукурудзи на зерно, середнє за 2011–2013 рр.

Спосіб обробітку ґрунту	Варіант дослідження	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку рослин											
			Сходи			9-10 листків			цвітіння			повна стиглість		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пряма сівба (без обробітку ґрунту)	Без добрив (контроль)	0-15	14,4	144	160	19,5	162	173	17,1	165	168	6,01	145	138
		15-30	12,6	106	115	13,0	120	124	9,44	102	125	4,28	99,0	113
	N ₃₀ P ₂₅ K ₂₅ Mg ₁₅	0-15	22,0	156	174	25,5	176	185	23,8	167	188	9,71	148	149
		15-30	14,4	97,3	119	15,6	101	121	11,1	105	127	4,86	96,6	113
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ Mg ₃₀	0-15	31,4	174	183	30,6	188	200	30,2	185	200	8,03	170	167
		15-30	15,4	104	127	16,3	100	131	14,1	88,6	142	6,71	103	131
	N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅ Mg ₄₅	0-15	36,3	175	185	40,1	191	206	38,1	187	196	9,43	162	177
		15-30	13,4	96,1	118	22,9	118	135	17,6	106	136	6,89	101	118
	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ Mg ₆₀	0-15	44,3	179	193	42,4	199	214	44,7	179	206	15,2	170	179
		15-30	15,0	81,1	116	19,2	82,4	127	21,5	86	136	9,45	89,4	128
Традиційний (оранка)	Без добрив (контроль)	0-15	16,3	133	151	16,3	163	176	14,5	157	167	6,62	138	141
		15-30	15,9	111	132	13,8	104	137	8,80	109	138	5,03	104	124
	N ₃₀ P ₂₅ K ₂₅ Mg ₁₅	0-15	24,4	141	164	24,8	169	185	22,2	158	179	7,30	138	136
		15-30	16,8	107	139	17,7	129	149	12,7	112	156	4,40	116	123
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ Mg ₃₀	0-15	36,0	149	180	32,2	184	199	26,9	170	189	6,16	139	152
		15-30	19,4	110	141	17,1	116	150	15,4	111	152	3,64	110	130
	N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅ Mg ₄₅	0-15	47,7	155	195	37,0	188	211	29,5	173	201	7,38	141	149
		15-30	24,4	113	134	16,1	120	143	17,0	91,0	145	3,93	100	114
	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ Mg ₆₀	0-15	56,7	161	197	39,6	188	223	32,6	173	209	9,49	136	146
		15-30	21,9	95,4	142	15,0	103	150	15,4	94,2	140	7,12	82,2	110

Найнижчий вміст рухомих сполук калію упродовж вегетації кукурудзи був у контролі. За прямої сівби у варіантах із добривами цей показник у шарі ґрунту 0–15 см упродовж вегетації мав високий кореляційний зв'язок із нормою внесення калійних добрив ($r^2 = 0,90-0,99$). Проте за прямої сівби мінеральні добрива у нормі $N_{90}P_{75}K_{75}Mg_{45}$ і $N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$ не сприяли істотному збільшенню вмісту рухомих сполук калію в шарі 0–15 см порівняно з цим показником за внесення $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$. Подібна тенденція характерна і для традиційного обробітку.

Фізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту за прямої сівби. Обробіток ґрунту передбачає покращення, в першу чергу, його фізичних характеристик. Проте довготривале застосування прямої сівби сприятиме формуванню густої мережі капілярів, що позитивно впливатиме на фізичні характеристики ґрунту. Результати наших досліджень свідчать про те, що за прямої сівби формувалася тенденція до поступового розуцільнення верхнього шару ґрунту упродовж вегетації кукурудзи (табл. 2). Це зумовлено поступальним ростом кореневої системи і активністю біологічного різноманіття ґрунту. Для традиційного обробітку характерне поступове ущільнення розпушеної перед сівбою ґрунтової поверхні. До фази цвітіння показники між обробітками поступово вирівнювались, що вказувало на момент набуття ґрунтом рівноважної щільності.

Таблиця 2

Вплив способу обробітку на щільність ґрунту ($г/см^3$) за вирощування кукурудзи на зерно, середнє за 2011–2013 рр.

Спосіб обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	Фаза росту і розвитку рослин			
		сходи	9–10 листків	цвітіння	повна стиглість
Без обробітку (пряма сівба)	0–10	1,28	1,28	1,25	1,21
	10–20	1,30	1,28	1,27	1,23
	20–30	1,38	1,38	1,37	1,34
	30–40	1,40	1,44	1,43	1,37
Традиційний (оранка)	0–10	1,07	1,21	1,22	1,17
	10–20	1,13	1,21	1,24	1,19
	20–30	1,38	1,38	1,37	1,35
	30–40	1,41	1,43	1,40	1,38
$НІР_{05}$, $г/см^3$	0–10	0,15–0,20	0,20–0,28	0,21–0,24	0,09–0,26
	10–20	0,01–0,28	0,12–0,24	0,02–0,25	0,04–0,23
	20–30	0,04–0,29	0,08–0,29	0,09–0,32	0,09–0,30
	30–40	0,10–0,22	0,17–0,34	0,04–0,24	0,25–0,28

Подовження терміну використання прямої сівби (без обробітку ґрунту) зумовлювало поступове ущільнення верхнього шару порівняно з оранкою.

У 2011 р. у фазу сходів кукурудзи різниця між щільністю шару 0–10 см становила $0,15 \text{ г/см}^3$, у 2013 р. – зросла до $0,25 \text{ г/см}^3$. Цей показник за прямої сівби сягав $1,36 \text{ г/см}^3$ (за градацією Н. А. Качинського – «дуже ущільнена рілля»). Враховуючи, що оптимальна щільність для кукурудзи становить $1,10\text{--}1,30 \text{ г/см}^3$, простежувався негативний вплив цієї технології на ріст і розвиток рослин, що спричинило істотне зниження врожайності.

Як відомо, щільність ґрунту безпосередньо впливає на фізико-механічні властивості, зокрема на твердість. За прямої сівби цей показник у фазу сходів був нижчим в $1,5\text{--}2,0$ рази порівняно з аналогічним за традиційного обробітку. Більша твердість ґрунту створювала гірші умови для розвитку кореневої системи рослин. За прямої сівби цей показник у шарі 10–20 см перевищував 20 кг/см^2 , за якого коренева система слабо розвивається в усі напрями.

ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ НА ОСНОВНІ БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ КУКУРУДЗИ ЗА ПРЯМОЇ СІВБИ

Як відомо, біометричні показники росту і розвитку є інтегральним вираженням процесів обміну речовин у рослинах. За їх висотою можна зробити об'єктивні висновки про зміну умов мінерального живлення за внесення добрив.

Результати досліджень показали істотне зниження висоти рослин за прямої сівби порівняно з аналогічним показником за оранки (рис. 2). Це зумовлено підвищеною щільністю шару ґрунту 0–20 см за відсутності обробітку. Поступове розущільнення під впливом розвитку кореневої системи сприяло активізації росту рослин і, як наслідок, різниця між показниками за прямої сівби і оранки до кінця вегетації зменшувалась.

Внесення мінеральних добрив за прямої сівби зумовлювало прискорення росту кукурудзи. Так, у фазу 9–10 листків у варіанті з $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{100}\text{Mg}_{60}$ рослини були вищими на $0,23 \text{ м}$ порівняно з аналогічним показником у контролі. За настання повної стиглості різниця між висотою за внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{50}\text{K}_{50}\text{Mg}_{30}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{75}\text{K}_{75}\text{Mg}_{45}$ і $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{100}\text{Mg}_{60}$ була неістотною.

Встановлено істотне зниження листового індексу (ЛІ) за прямої сівби порівняно з аналогічним показником за традиційного обробітку (рис. 2). Це зумовлено гальмуванням ростових процесів на початку вегетації за рахунок погіршення фізичних характеристик ґрунту. Різниця між обробітками зростала до фази цвітіння. Поступове розущільнення під дією росту кореневої системи кукурудзи сприяло активнішому наростанню листової поверхні до молочної стиглості за прямої сівби.

Унесення мінеральних добрив за прямої сівби зумовлювало збільшення ЛІ протягом вегетації. Так, у фазу 9–10 листків за внесення $\text{N}_{120}\text{P}_{100}\text{K}_{100}\text{Mg}_{60}$ цей показник був вищим на $0,35$ одиниць порівняно з аналогічним у контролі. Проте у варіантах із $\text{N}_{60}\text{P}_{50}\text{K}_{50}\text{Mg}_{30}$ і $\text{N}_{90}\text{P}_{75}\text{K}_{75}\text{Mg}_{45}$ листові індекси істотно не відрізнялись між собою від сходів до молочної стиглості.

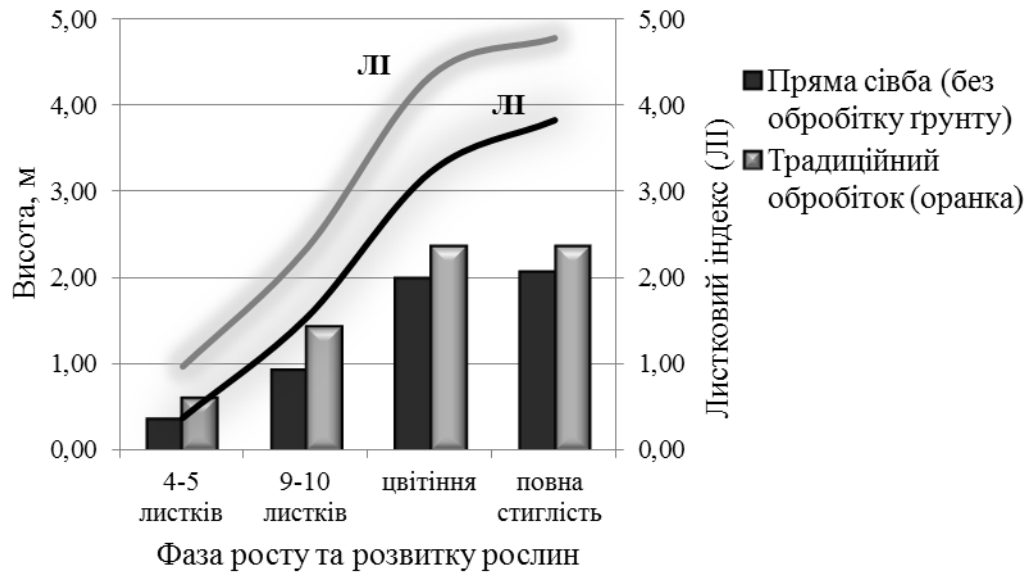


Рис. 2. Залежність висоти і листкового індексу рослин від фази росту і розвитку та способу обробки ґрунту за внесення $N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$, середнє за 2011–2013 рр.

Загальні тенденції до наростання площі листової поверхні та накопичення сухої речовини в рослинах підтверджувалися показниками чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). У 2011 і 2012 роках тенденції зміни цього показника були подібними для обох способів обробки. Так, до першої декади липня ЧПФ зростала до $8,58\text{--}16,8\text{ г/м}^2$ за добу за рахунок інтенсивного наростання вегетативних органів кукурудзи. Після цього відбувалося різке її зниження до $1,55\text{--}3,38\text{ г/м}^2$ за добу, що зумовлено інтенсивною витратою енергетичного матеріалу на ріст і розвиток рослин у міжфазний період 9–10 листків – викидання волотей. Для другої декади липня характерне істотне зростання ЧПФ, оскільки розпочиналося формування качанів. За прямої сівби цей показник був нижчим, ніж за традиційного обробки, що зумовлено незначним відставанням рослин у рості та розвитку. Проте від фази молочної стиглості ЧПФ була вищою або істотно не відрізнялась від значень за оранки.

У 2013 р. погіршення фізичних характеристик ґрунту за прямої сівби зумовило суттєве відставання рослин у рості та розвитку. Піки значень ЧПФ за різних способів обробки не збігались. Наприклад, найвищі показники за оранки були у першій декаді липня ($16,1\text{--}19,4\text{ г/м}^2$ за добу), а за прямої сівби – у другій ($16,7\text{--}20,5\text{ г/м}^2$ за добу).

ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ РОСЛИНАМИ КУКУРУДЗИ

Унесення мінеральних добрив за прямої сівби сприяло оптимізації азотного живлення кукурудзи протягом вегетації. Темпи накопичення азоту рослинами істотно не відрізнялись до фази 4–5 листків. До фази

9–10 листків відбувалась активізація ростових процесів. Як наслідок, внесення азоту в нормі від 30 до 120 кг/га д. р. істотно підвищувало вміст цього елемента у рослинах порівняно з аналогічним показником у контролі (+0,23 – +0,93 г/10 сухих рослин). Ця закономірність зберігалась до закінчення вегетації культури. Як наслідок, у фазу повної стиглості рослини на удобрених ділянках накопичували азоту на 1,70–7,70 г/10 сухих рослин більше.

Концентрація азоту в рослинах за прямої сівби була істотно вищою, ніж за традиційного обробітку. Це зумовлено формуванням меншої вегетативної маси за прямої сівби та, відповідно, проявом «ефекту розведення» за оранки. Ця закономірність зберігалася для надземних органів рослин упродовж вегетації, проте найбільшою різницею між вмістом азоту була у листках кукурудзи (+0,04 – +0,68 % до цього показника за оранки).

За прямої сівби у фазу 4–5 листків фосфору в рослинах накопичувалось істотно менше, ніж за оранки. Різниця між цими показниками за різних способів обробітку коливалася в межах від 0,27 до 0,43 г/10 сухих рослин. Низька доступність фосфору на цьому етапі росту і розвитку зумовлена ущільненням ґрунту і погіршенням його температурного режиму за прямої сівби.

Внесення мінеральних добрив за прямої сівби сприяло оптимізації фосфорного живлення кукурудзи протягом вегетації. Починаючи від фази 4–5 листків, відбувалась активізація ростових процесів. Унесення фосфорних добриву нормі від 25 до 100 кг/га д. р. підвищувало вміст P_2O_5 у рослинах на 0,12–0,51 г/10 сухих рослин порівняно з аналогічним показником у контролі. Ця закономірність зберігалась до закінчення вегетації культури. Як наслідок, у фазу повної стиглості рослини на удобрених ділянках накопичували фосфору на 0,26–2,47 г/10 сухих рослин більше.

Темпи накопичення калію рослинами за прямої сівби також знижувалися до фази цвітіння і підвищувалися до повної стиглості зерна кукурудзи. Так, за формування 4–5 листків різниця між вмістом K_2O у надземній частині за різних способів обробітку становила 1,42–1,83 г/10 сухих рослин. До фази цвітіння калій інтенсивно накопичувався в усіх органах рослини (71,6–83,7 % калію від загальної маси за вегетацію).

Унесення мінеральних добрив за прямої сівби позитивно впливало на накопичення калію рослинами. Унесення калійних добрив у нормі від 25 до 100 кг/га д. р. підвищувало вміст цього елемента в рослинах у фазу 9–10 листків на 0,09–0,70 г порівняно з цим показником у контролі. Така закономірність зберігалась до закінчення вегетації культури.

Баланс елементів живлення за вирощування кукурудзи на зерно. За прямої сівби встановлено доцільність внесення високих норм мінеральних добрив ($N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$) для досягнення позитивного балансу азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті (рис. 3).

У варіанті з $N_{90}P_{75}K_{75}Mg_{45}$ інтенсивність балансу становила 92,2 %, що на 12,2 % вище нижнього рівня допустимого значення. За внесення 60 і

30 кг/га д. р. азотних добрив втрати азоту перевищували його надходження відповідно на 41,9 і 39,7 кг/га. Варто відзначити, що за прямої сівби можливими є зміни певних констант, що використовувалися під час розрахунку балансу азоту в темно-сірому опідзоленому ґрунті за вирощування кукурудзи.

За прямої сівби із зерном кукурудзи виносився фосфор і калій, втрату яких можна компенсувати лише внесенням мінеральних добрив. Встановлено, що для дотримання позитивного балансу фосфору в ґрунті доцільним було застосування високих норм фосфорних добрив – 75 і 100 д. р. кг/га. За їхнього внесення цей показник становив відповідно +20,6 і +30,9 кг/га. Інтенсивність балансу фосфору також знаходилася в оптимальних межах для цієї ґрунтової відміни (130–150 %).

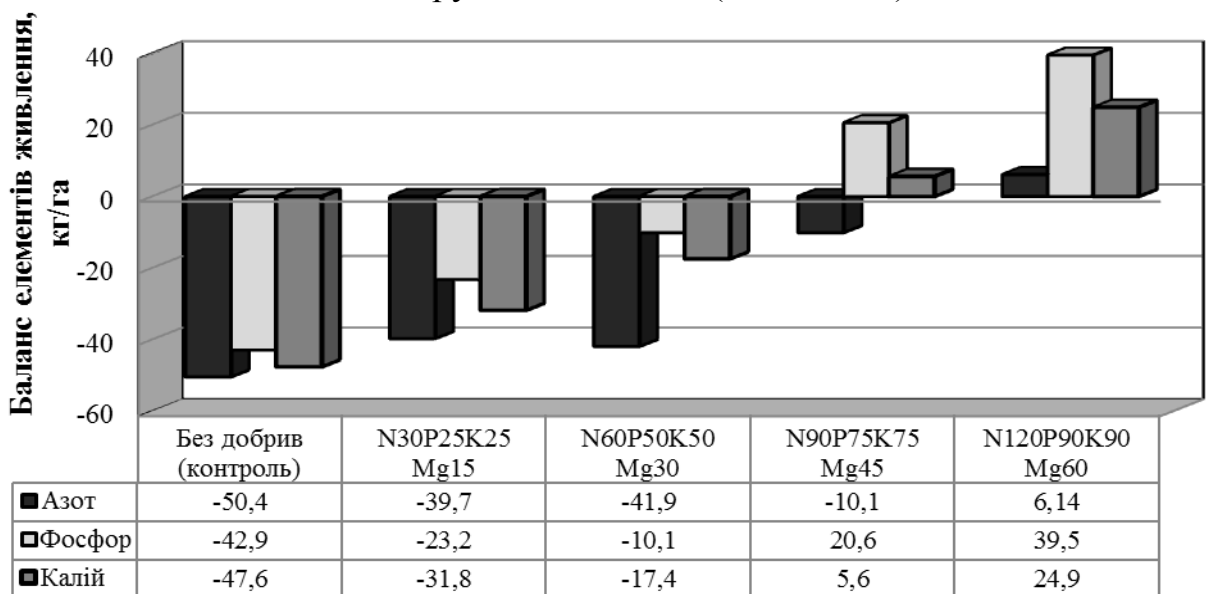


Рис 3. Залежність балансу елементів живлення від норми мінеральних добрив за переходу до нульового обробітку ґрунту, середнє за 2011–2013 рр.

Подібна закономірність характерна для калійного живлення кукурудзи. Для дотримання позитивного балансу цього елемента живлення у ґрунті доцільним було застосування калійних добрив у нормі 75 і 100 кг/га д. р. За їхнього внесення цей показник становив відповідно +5,60 і +24,9 кг/га. У варіанті з N₆₀P₅₀K₅₀Mg₃₀ значення інтенсивності балансу не перевищувало нижніх рівнів допустимих значень.

ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗА ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ І ПРЯМОЇ СІВБИ

Умови живлення кукурудзи на зерно і спосіб обробітку значною мірою визначали величину її врожаю. Як і очікувалося, в середньому за три роки досліджень найвищу врожайність було отримано за внесення оптимальної норми мінеральних добрив для зони Лісостепу (N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀Mg₆₀). За прямої сівби за рахунок додаткового внесення поживних речовин приріст цього

показника становив 44,0 % відносно контролю (табл. 3). Це зумовлено істотним підвищенням вмісту доступних форм елементів живлення у шарі ґрунту 0–15 см.

Таблиця 3

Вплив мінеральних добрив на врожайність кукурудзи на зерно за прямої сівби (без обробітку ґрунту), середнє за 2011–2013 рр.

Варіант досліджу	Урожайність, т/га				Приріст до контролю		Приріст до ТО*, т/га	Окупність 1 кг NPKMg приростом урожаю, кг	
	2011	2012	2013	середнє	т/га	%		ПС**	± до ТО***
Без добрив (контроль)	7,70	6,45	8,57	7,57	-	-	-0,95	-	-
N ₃₀ P ₂₅ K ₂₅ Mg ₁₅	9,01	8,28	9,46	8,92	1,35	17,8	-0,98	14,2	-0,21
N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ Mg ₃₀	10,9	9,15	12,2	10,7	3,13	41,3	-0,46	16,5	+2,42
N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅ Mg ₄₅	10,6	9,16	10,7	10,1	2,53	33,4	-1,76	9,56	-2,69
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ Mg ₆₀	11,8	10,1	10,7	10,9	3,33	44,0	-1,84	8,76	-2,21
<i>НІР₀₅ фактор А (добрива)</i>	<i>0,28</i>	<i>0,43</i>	<i>0,32</i>						
<i>НІР₀₅ фактор В (обробіток)</i>	<i>0,44</i>	<i>0,68</i>	<i>0,50</i>						
<i>Взаємодія АВ</i>	<i>0,62</i>	<i>0,96</i>	<i>0,71</i>						

*Різниця між урожайністю кукурудзи за прямої сівби (ПС) і традиційного обробітку (ТО) в аналогічних варіантах досліджу, т/га

** Окупність 1 кг мінеральних добрив приростом врожаю і за прямої сівби (ПС), кг/кг NPKMg

*** Різниця між окупністю 1 кг мінеральних добрив приростом врожаю за прямої сівби (ПС) і традиційного обробітку (ТО) в аналогічних варіантах досліджу, кг/кг NPKMg

За прямої сівби високі біометричні та фізіологічні показники росту і розвитку рослин отримано у варіанті з N₆₀P₅₀K₅₀Mg₃₀. Це зумовлено тим, що за переходу до нульового обробітку основним лімітуючим фактором урожайності були фізичні властивості верхнього шару ґрунту, зокрема щільність. Відповідно, окупність 1 кг мінеральних добрив приростом врожаю була найвищою у варіанті з N₆₀P₅₀K₅₀Mg₃₀. Цей показник становив 16,5 кг, що на 7,74 кг більше, ніж за внесення максимальної норми. Крім того, лише за внесення N₆₀P₅₀K₅₀Mg₃₀ окупність була вищою, ніж аналогічна за традиційного обробітку.

За показниками якості зерна кукурудзи вирізнявся варіант із оптимальною нормою добрив (N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀Mg₆₀) (табл. 4). Саме збалансоване живлення стало передумовою формування зерна із більшим вмістом жиру і білка. Крім того, для цих показників якості помічено тенденцію їх зниження до норми N₆₀P₅₀K₅₀Mg₃₀ і підвищення – до N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀Mg₆₀. Це можна пояснити тим, що невелика кількість поживних речовин добрив сприяє зростанню врожайності і підсилює «ефект розведення».

Вплив мінеральних добрив на показники якості зерна кукурудзи за прямої сівби (без обробітку ґрунту), середнє за 2011–2013 рр.

Варіант досліджу	Вміст					
	білка, %		жиру, %		крохмалю, %	
	ПС*	± до ТО**	ПС	± до ТО	ПС	± до ТО
Без добрив (контроль)	10,0	+1,33	4,87	+0,04	73,37	-1,06
N ₃₀ P ₂₅ K ₂₅ Mg ₁₅	9,70	+0,91	4,78	-0,18	73,89	+0,32
N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ Mg ₃₀	9,95	+0,61	4,72	-0,16	74,09	+0,42
N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅ Mg ₄₅	9,97	+0,94	4,82	+0,08	73,82	-0,04
N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ Mg ₆₀	10,8	+1,79	5,02	+0,35	73,53	-0,62
<i>НІР₀₅ по фактору А (обробіток)</i>	0,16–0,26		0,09–0,11		0,21–0,30	
<i>НІР₀₅ по фактору В (добрива)</i>	0,25–0,40		0,14–0,18		0,33–0,45	
<i>НІР₀₅ взаємодія факторів АВ</i>	0,35–0,57		0,17–0,24		0,46–0,66	

* Показник якості зерна кукурудзи за прямої сівби (ПС), %

** Різниця між показниками якості за прямої сівби (ПС) з аналогічними у відповідному варіанті із традиційним обробітком (ТО), %

**ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД КУКУРУДЗУ НА ЗЕРНО
ЗА ПРЯМОЇ СІВБИ**

За переходу до нульового обробітку ґрунту врожайність кукурудзи істотно знижувалася порівняно з аналогічним показником за традиційного обробітку. Як наслідок, зменшувалася вартість врожаю з 1 га. Так, за внесення N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀Mg₆₀ різниця становила 2503 грн (табл. 5).

Витрати для отримання такого прибутку за прямої сівби також були нижчими. В першу чергу, знижувався рівень витрат на обробіток ґрунту. Так, за прямої сівби проводився один технологічний прийом його підготовки до сівби (неглибоке заробляння добрив), за традиційної технології – три (оранка, дискування і культивування). Як наслідок, відсутність обробітку ґрунту зумовила зменшення витрат на паливно-мастильні матеріали.

За прямої сівби для боротьби з бур'янами до сходів рослин використовувався гербіцид суцільної дії Раундап, що призводило до збільшення витрат на догляд за рослинами на 204 грн/га порівняно з аналогічним показником за традиційного обробітку. Водночас, значно знижувалися витрати пального порівняно з аналогічним показником за оранки. За прямої сівби на всі технологічні процеси вирощування кукурудзи його витрачалося на 39,5 л/га менше, ніж за традиційного обробітку.

Економічна ефективність вирощування кукурудзи була найвищою у контрольному варіанті, що зумовлено достатньо високою врожайністю і відсутністю витрат на мінеральні добрива, на придбання і внесення яких

припадало майже 50 % загальної кількості витрачених коштів. Проте зростання умовно чистого доходу в контролі супроводжувалося погіршенням поживного режиму ґрунту, що в подальшому призведе до економічних збитків за вирощування наступних культур у сівозміні.

Таблиця 5

Економічна й енергетична ефективність застосування добрив за вирощування кукурудзи на зерно з різними способами обробітку ґрунту, середнє за 2011–2013 рр.

Спосіб обробітку ґрунту	Варіант досліджу	Вартість врожаю, грн/га	Собівартість зерна, грн/т	Рівень рентабельності, %	К _{ее}	
					на товарну продукцію	на товарну і побічну
Пряма сівба (без обробітку ґрунту)	Без добрив (контроль)	10999	615	139	16,3	32,5
	N ₃₀ P ₂₅ K ₂₅ Mg ₁₅	13095	711	107	9,38	17,8
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ Mg ₃₀	15609	771	91,0	7,42	13,9
	N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅ Mg ₄₅	14875	904	63,4	5,29	9,84
	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ Mg ₆₀	16015	977	51,6	4,51	8,62
Традиційний (оранка)	Без добрив (контроль)	12328	608	142	15,1	30,3
	N ₃₀ P ₂₅ K ₂₅ Mg ₁₅	14381	695	112	9,4	18,4
	N ₆₀ P ₅₀ K ₅₀ Mg ₃₀	16244	767	92,0	7,25	14,2
	N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅ Mg ₄₅	17249	839	75,9	5,88	11,6
	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ Mg ₆₀	18518	897	64,3	5,05	9,85

Коефіцієнт енергетичної ефективності (К_{ее}) показує віддачу врожаєм одиниці витрат антропогенної енергії. Цей показник за прямої сівби був нижчим на 0,74–2,12 одиниць порівняно з аналогічним показником за традиційного обробітку. Це зумовлено тим, що за відсутності обробітку відбувалось зниження врожаю кукурудзи і збільшення гербіцидного навантаження.

Мінеральні добрива за прямої сівби зумовлювали додаткові економічні та енергетичні витрати на вирощування врожаю кукурудзи. Так, у контрольному варіанті рівень рентабельності становив 139 %, а К_{ее} на товарну продукцію – 16,3. За внесення оптимальної норми мінеральних добрив N₁₂₀P₁₀₀K₁₀₀Mg₆₀ ці показники були нижчими відповідно на 87,4% і 11,8.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне обґрунтування зміни умов живлення рослин кукурудзи за переходу до нульового обробітку темно-сірого опідзоленого ґрунту і можливості їх оптимізації внесенням мінеральних добрив. Отримані результати дають змогу зробити такі висновки:

1. Застосування прямої сівби сприяло оптимізації вологозабезпечення, а отже, живлення рослин кукурудзи. Так, у фазу 9–10 листків запаси вологи у метровому шарі ґрунту зростали на 10,4–24,7 % порівняно із аналогічними за традиційного обробітку.

2. За переходу до нульового обробітку ґрунту створювалися передумови для оптимізації азотного живлення кукурудзи у критичний період стосовно цього елемента. Так, у фазу цвітіння вміст мінеральних форм азоту у шарі ґрунту 0–15 см зростав на 1,68–12,1 мг/кг порівняно із аналогічним показником за традиційного обробітку.

3. За переходу до нульового обробітку ґрунту формувалися передумови для оптимізації фосфорного живлення кукурудзи. Вміст рухомих сполук фосфору у шарі ґрунту 0–15 см був вищим протягом вегетації цієї культури порівняно з аналогічним показником за традиційного обробітку.

4. За прямої сівби відбувався перерозподіл поживних речовин по профілю ґрунту. Вміст макроелементів у шарі 0–15 см зростав, а у шарі 15–30 см – знижувався порівняно з аналогічним показником за оранки. Так, у верхньому шарі за внесення $N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$ було досягнуто максимальних значень вмісту мінеральних форм азоту (44,7 мг/кг у фазу цвітіння), рухомих сполук фосфору (199 мг/кг – 9–10 листків) і калію (214 мг/кг – 9–10 листків).

5. За переходу до нульового обробітку основним лімітуючим фактором росту і розвитку рослин кукурудзи є фізичні властивості верхнього шару ґрунту, зокрема щільність. За прямої сівби відбувалось ущільнення шару 0–10 см. Так, його щільність у фазу сходів становила $1,28 \text{ г/см}^3$, що на $0,21 \text{ г/см}^3$ більше, ніж за оранки. Такі зміни нівелювали покращення агрохімічних властивостей ґрунту за прямої сівби. Подовження терміну використання прямої сівби (без обробітку ґрунту) до 3-х років зумовлювало посилення цих тенденцій порівняно з оранкою. У 2011 р. у фазу сходів різниця між щільністю шару 0–10 см становила $0,15 \text{ г/см}^3$, у 2013 р. – зросла до $0,25 \text{ г/см}^3$.

6. Мінеральні добрива за прямої сівби зумовлювали інтенсивніше формування надземної вегетативної частини рослин кукурудзи, що поліпшувало передумови проходження фотосинтезу. За внесення $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ висота рослин досягала 2,08 м, листковий індекс – 3,83 та чиста продуктивність фотосинтезу – $11,2\text{--}19,8 \text{ г/м}^2$ за добу.

7. За переходу до нульового обробітку урожайність кукурудзи знижувалася на 0,46–1,84 т/га порівняно з аналогічним показником за традиційного. Проте мінеральні добрива сприяли послабленню цього процесу. Так, за внесення $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ урожайність зростала до 10,7 т/га, а різниця з аналогічним показником за оранки скорочувалася до 0,46 т/га. Застосування мінеральних добрив у нормах $N_{90}P_{75}K_{75}Mg_{45}$ і $N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$ не забезпечувало суттєвого приросту врожаю.

8. За переходу до нульового обробітку підвищувалася біологічна цінність зерна кукурудзи порівняно з оранкою. Так, вміст білка зростав на 0,61–1,79 %. За прямої сівби найкраща якість зерна забезпечувалась

внесенням $N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$: вміст білка становив 10,8 %, жиру – 5,02 %, крохмалю – 73,5 %.

9. За прямої сівби оптимальні норми мінеральних добрив ($N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$) зумовили позитивний баланс основних елементів живлення у ґрунті. Для азоту цей показник становив – +6,14 кг/га, для фосфору – +39,5 кг/га, для калію – +24,9 кг/га. Зменшення норми до $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ обумовлювало їх зниження відповідно до рівня -41,9; -10,7 і -17,4 кг/га.

10. За переходу до нульового обробітку застосування мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ забезпечувало отримання високої агрохімічної, економічної та енергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно. Так, окупність 1 кг добрив приростом врожаю становила 16,5 кг, рівень рентабельності досягав 91,0 %, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 7,42.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для послаблення в перехідний період негативного впливу максимальної мінімізації обробітку ґрунту (нульовий обробіток) на умови живлення, ріст і розвиток рослин кукурудзи, досягнення високої продуктивності, агрохімічної, економічної й енергетичної ефективності її вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому ґрунті доцільно застосовувати мінеральні добрива в нормі $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ у передпосівне внесення із неглибоким їх зароблянням (3–4 см).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях:

1. Бикін А. В. Вплив удобрення на продуктивність кукурудзи на зерно за прямої сівби / А. В. Бикін, **О. В. Тарасенко** // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 3 (45). – Режим доступу до журн.: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2014_3_11.pdf. (Здобувач опрацював літературні джерела, провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував та узагальнив результати).

2. Бикін А. В. Вологозабезпечення рослин кукурудзи за внесення мінеральних добрив і прямої сівби / А. В. Бикін, **О. В. Тарасенко** // Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2014. – Вип. 22 – С. 133–137. (Здобувач опрацював літературні джерела, провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував та узагальнив результати).

3. Бикін А. В. Фізичні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту та динаміка росту рослин кукурудзи за прямої сівби (без обробітку ґрунту) / А. В. Бикін, **О. В. Тарасенко** // Вісник Львівського національного аграрного університету. – 2014. – № 18. – С. 47–52. (Здобувач опрацював літературні

джерела, провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував та узагальнив результати).

4. **Тарасенко О. В.** Вплив добрив на фотосинтетичну продуктивність посівів кукурудзи за прямої сівби / О. В. Тарасенко // Вісник аграрної науки. – 2014. – № 7. – С. 73–76.

Статті у зарубіжних виданнях:

5. Быкин А. В. Оптимизация азотного питания кукурузы на зерно при консервативных способах обработки почвы / А. В. Быкин, Н. П. Бордюжа, **А. В. Тарасенко** // Агрехимический вестник. – 2014. – № 2. – С. 32–34. (Здобувач опрацював літературні джерела, провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував та узагальнив результати).

Рекомендації:

6. Бикін А. В. Управління родючістю ґрунтів та продуктивністю сільськогосподарських культур за ресурсозберігаючих технологій: методичні рекомендації / [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.]; за наук. ред. А. В. Бикіна. – К.: ВЦ НУБіП України, 2014. – 114 с. (Здобувачем частково написано такі розділи методичних рекомендацій: розділ 2 «Оптимізація показників родючості ґрунтів за різних технологій вирощування сільськогосподарських культур», розділ 3 «Продуктивність сільськогосподарських культур за різних технологій їх вирощування», розділ 5 «Економічна ефективність застосування добрив за різних способів обробітку ґрунту»).

Матеріали конференцій:

7. Бикін А. В. Агрохімічна оцінка використання добрив за вирощування кукурудзи на зерно за нульової технології обробітку ґрунту / А. В. Бикін, **О. В. Тарасенко** // Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства: II Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 19–20 квіт. 2012 р.: матеріали доп. – Київ, 2012. – С. 10. (Здобувач провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував та узагальнив результати).

8. Бикін А. В. Вплив мінеральних добрив на структуру врожаю та якість зерна кукурудзи за нульової технології обробітку ґрунту / А. В. Бикін, **О. В. Тарасенко** // Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання: Міжнар. наук.-практ. конф. присвячена 90-річчю кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К.Шикіули, 28–30 трав. 2012 р.: тези доп. – Київ, 2012. – С. 16–17. (Здобувач провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував та узагальнив результати).

9. Бикін А. В. Агрохімічна оцінка впливу добрив на урожайність та показники якості зерна кукурудзи / А. В. Бикін, **О. В. Тарасенко** // Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: II Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, 16–18 жовт. 2013 р.: тези доп. – Київ, 2013. –

С. 33–34. (Здобувач провів польові та лабораторні дослідження, проаналізував та узагальнив результати).

10. **Тарасенко О. В.** Вплив мінеральних добрив на показники якості зерна кукурудзи за прямої сівби / О. В. Тарасенко // Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії: Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., присвяченої 95-річчю утворення кафедри ґрунтознавства, землеробства та агрохімії Львівського національного аграрного університету та Міжнародному дню агрохіміка, 9–13 черв. 2014 р.: матеріали доп. – Львів, 2014. – С. 323–330.

АНОТАЦІЯ

Тарасенко О. В. Оптимізація умов живлення кукурудзи на зерно за переходу до нульового обробітку ґрунту в Лівобережному Лісостепу України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.04 – агрохімія. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2015.

За переходу до нульового обробітку створювалися передумови для оптимізації поживного режиму темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту. Проте лімітуючим фактором росту і розвитку рослин кукурудзи було погіршення його фізичних властивостей, зокрема щільності. Як наслідок, формувалися рослини з меншими висотою і площею листового апарату.

Внесення мінеральних добрив за прямої сівби зумовлювало зростання вмісту рухомих форм елементів живлення у шарі ґрунту 0–15 см (азоту, фосфору і калію), що спричинило збільшення їх надходження до рослин і активізацію ростових процесів. Так, за внесення $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ у фазу сходів вміст мінеральних сполук азоту становив 31,4 мг/кг, рухомих сполук фосфору – 174 мг/кг і калію – 183 мг/кг, що відповідно на 17,0; 30,0 і 23,0 менше, ніж у контролі. Як наслідок, висота рослин досягала 2,08 м, листовий індекс – 3,83, що відповідно на 0,15 і 0,61 більше, ніж у контрольному варіанті.

За переходу до нульового обробітку врожайність кукурудзи знижувалася на 0,46–1,84 т/га порівняно з аналогічним показником за оранки. Проте мінеральні добрива сприяли послабленню цього процесу. Так, за внесення $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ урожайність зростала до 10,7 т/га, а різниця з аналогічним показником за оранки скорочувалася до 0,46 т/га. Незважаючи на нижчу врожайність, за прямої сівби покращувалась якість зерна кукурудзи. Так, у варіанті із внесенням $N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$ вміст білка був вищим на 1,79 % і жиру – на 0,35 % порівняно із традиційним обробітком.

Ключові слова: кукурудза на зерно, пряма сівба (без обробітку ґрунту), нульовий обробіток, традиційний обробіток (оранка), урожайність, листовий індекс, щільність ґрунту, запаси вологи.

АННОТАЦИЯ

Тарасенко А. В. Оптимизация условий питания кукурузы на зерно при переходе к нулевой обработке почвы 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, 2015.

В первые годы применения прямого сева улучшался питательный режим темно-серой оподзоленной почвы по сравнению с традиционным возделыванием, чему способствовал существенный рост запасов влаги. Однако при переходе к нулевой обработке основным лимитирующим фактором роста и развития растений кукурузы являются физические свойства верхнего слоя почвы. При прямом севе происходило уплотнение слоя 0–10 см. Такие изменения нивелировали улучшение агрохимических свойств почвы. Анализируя влияние минеральных удобрений на ее агрохимические показатели, можно сделать вывод о том, что их внесение необходимо для повышения содержания подвижных форм макроэлементов питания.

При прямом севе растения в начале вегетации существенно отставали в росте, снижались темпы накопления сухого вещества, существенно уменьшалась площадь листовой поверхности растений по сравнению с аналогичными показателями при традиционном возделывании. Минеральные удобрения при прямом севе способствовали интенсивному формированию надземной вегетативной части растений, что улучшало предусловия прохождения фотосинтеза. При внесении $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ высота растений достигала 2,08 м, листовой индекс – 3,83, а чистая продуктивность фотосинтеза – 11,2–19,8 г/м² в сутки.

При прямом севе к началу генеративного периода развития растений кукурузы происходило интенсивное накопление сухого вещества и элементов питания. Однако темпы прохождения этих процессов значительно уступали аналогичному показателю при традиционном возделывании. Как следствие, содержание азота, фосфора и калия в растениях было существенно ниже в начале формирования генеративных органов. Однако к фазе полной спелости разница существенно уменьшалась.

При прямом севе оптимальные нормы минеральных удобрений ($N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$) обусловили положительный баланс основных элементов питания в почве. Для азота этот показатель составлял – +6,14 кг/га, для фосфора – +39,5 кг/га, для калия – +24,9 кг/га. Уменьшение нормы к $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ приводило к снижению их уровня -41,9 ; -10,7 и -17,4 кг/га соответственно.

При прямом севе урожайность кукурузы была существенно ниже по сравнению с аналогичным показателем при традиционном возделывании, что обусловлено отставанием растений в росте на начальном этапе развития. Однако минеральные удобрения способствовали ослаблению этого процесса. Оптимизация питательного режима почвы способствовала улучшению

показателей качества зерна, в частности существенному увеличению содержания белка.

При прямом севе сокращались затраты на выращивание кукурузы по сравнению с аналогичными показателями при традиционном возделывании. Однако происходило снижение прибыли и, соответственно, уровня рентабельности. При внесении минеральных удобрений в норме $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ окупаемость 1 кг д.в. удобрений составляла 16,5 кг зерна, уровень рентабельности достигал 91,0 %, а коэффициент энергетической эффективности – 7,42.

Ключевые слова: кукуруза на зерно, прямой сев (без обработки почвы), традиционная обработка (вспашка), урожайность, листовой индекс, плотность почвы, запасы влаги.

ANNOTATION

Olexiy V Tarasenko. Optimization of the nutrition conditions of corn for the transition to no-tillage in the environment of the Left-Bank of Forest-Steppe of Ukraine. – The manuscript.

The dissertation for the scientific degree of the Candidate of Agricultural Sciences in specialty 06.01.04 – agricultural chemistry. –National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2015.

The transition to no-tillage created prerequisites for optimizing nutrient regime of the dark gray podzolic soil. However, the limiting factor for plant growth and plant development of corn was the deterioration of soil physical properties and including soil density. As a result, less high plants were formed and they had less area of leaf.

Application of the mineral fertilizers for direct sowing caused increasing of the content of the mobile forms of the nutrients (nitrogen, phosphorus and potassium) in 0–15 cm soil layer. It caused increasing of the nutrients income to plant bodies and activation of the growth process into plants. Thus, in variant with application of the mineral fertilizers in rate $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ content of mineral nitrogen in the layer 0–15 cm was increased to 31.4 mg/kg, mobile phosphorus was increased to 174 mg/kg and mobile potassium was increased to 183 mg/kg. Those were less on 17.0, 30.0 and 23.0 than in controls. As a result, plant height was 2.08 m and leaf index was 3.83. Those were higher on 0.15 and 0.61 than in the control variant.

With the transition to no-tillage corn yield was decreased to 0.46–1.84 t/ha in comparative to plowing. However, the mineral fertilizers in no-tillage conditions improved productivity of this crop. Thus, for fertilizers application in rate $N_{60}P_{50}K_{50}Mg_{30}$ corn yield was increased to 10.7 t/ha and the difference with the plowing was reduced to 0.46 t/ha. But for direct sowing the quality of corn grain was increased. Thus, for mineral fertilizers application in rate $N_{120}P_{100}K_{100}Mg_{60}$ content of protein was higher on 1.79 % and fat content was higher on 0.35 % in comparative to the plowing.

Key words: corn, direct sowing (no-tillage), traditional cultivation (plowing), grain yield, leaf index, soil density, moisture reserves.