

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 631.582

[https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34\(48\)-7](https://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34(48)-7)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Шустік Л., канд. техн. наук,

e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3718-3667>

Новохацький М., канд. с.-г. наук, доц.,

e-mail: novokhatskyi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3635-1761>,

Степченко С.,

<https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

Сидоренко С.,

e-mail: silviya20@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5046-117X>

Майданович Н., канд. геогр. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-0361-8215>

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Анотація

У статті наведено результати досліджень системи смугового обробітку ґрунту і сівби культур у трипільній сівозміні «кукурудза-кукурудза-соя», сформовано принципи виконання технологічного процесу, підготовлені вихідні вимоги до параметрів смуг, якості сівби культур сівозміни (кукурудзи і сої), вдосконалено техніко-технологічні рішення сівби в смуги за значного вмісту рослинних решток і обґрунтовано техніко-економічні переваги смугового обробітку ґрунту.

Мета досліджень – обґрунтувати доцільність, удосконалити техніко-технологічні рішення і методи реалізації технології смугового обробітку ґрунту в короткоротаційній зерновій сівозміні та визначити їхню ефективність.

Методи та матеріали. Вивчення ефективності смугового обробітку ґрунту проводилося на короткоротаційній сівозміні «кукурудза-кукурудза-соя» загальною площею 21 га на науково-дослідному полігоні УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Агротехніка – загальноприйнята для зони правобережного Лісостепу, за виключенням досліджуваних факторів: А – обробіток ґрунту; В – мінеральні добрива; С – культура попередник. Закладання польових дослідів, спостереження та обліки проводилися за методиками Доспехова Б. і Єщенко В.

Для формування смуг були задіяні трактор «Беларус МТЗ 1025» та 4-рядний агрегат «СТА-4», який допускає розстановку секцій, їхнє переміщення брусом рами для нарізання смуг із міжряддям 70 см і 90 см та внесення в кожен смугу добрив. Сівба кукурудзи з міжряддям 70 см здійснювалася за слідом проходу, а сої (з міжряддям 45 см) – з боків лінії проходу глибокорозпушувача з кроком 90 см.

Результати. Короткоротаційна 3-пільна сівозміна «кукурудза-кукурудза-соя» забезпечує зростання продуктивності за вузького набору культур із широкорядним способом сівби, які поєднуються в сівозміні як позитивні попередники і відносяться до різних таксономічних груп.

Ефективність запропонованих техніко-технологічних рішень смугового обробітку ґрунту і сівби порівняно з традиційною технологією визначається зменшенням використаних ресурсів завдяки меншій кількості технологічних операцій, витрат палива і підвищенню урожайності. Показники структури біологічної урожайності кукурудзи засвідчила перевагу смугового обробітку над оранкою: урожайність зерна вища на 17-21% залежно від року.

Обґрунтовано, що конструкційні параметри агрегата для формування смуг мають забезпечити прямолінійність їхнього нарізання за достатньої робочої швидкості та збереження нерозпуше-

них смуг для переміщення (без пробуксовування) коліс тягового трактора. Сівалка повинна забезпечити якісне висівання насіння на фонах із великим вмістом рослинних решток, технологічність переобладнання на потрібну ширину міжрядь, що є підґрунтям для вдосконалення прогресивного напрямку вирощування кукурудзи та сої в короткоротаційній сівозміні.

Висновки. Обґрунтовані перспективи реалізації технології смугового обробітку ґрунту в короткоротаційній сівозміні та доцільність її впровадження в зоні Лісостепу України на прикладі кукурудзи і сої. Акцентовано увагу на джерелах ефективності та викладені основні рекомендації щодо комплексів машин для ресурсоощадних технологій вирощування зернових культур у малих і середніх фермерських господарствах.

Ключові слова: короткоротаційна сівозміна, смуговий обробіток ґрунту, техніко-технологічні рішення, сільськогосподарські машини, соя, кукурудза, продуктивність, урожайність.

Вступ. В аграрному секторі України на сучасному етапі відчутний вплив змін клімату, високої вартості ресурсів, що загалом вимагає впровадження енергоощадних техніко-технологічних рішень виробництва продукції рослинництва, які спроможні, як мінімум, стабілізувати урожайність, а як максимум — привести до збільшення врожаю зерна [Ukraine: Soil fertility..., 2014; Кліматичні ризики...2018; Moldavan et al., 2023]. Таким ефективним напрямком вирощування культур може стати синтез смугового обробітку ґрунту (Strip-till) та короткоротаційної 3-5-пільної сівозміни з насиченням зерновими та зернобобовими просапними культурами [Шустік та ін., 2015; 2017].

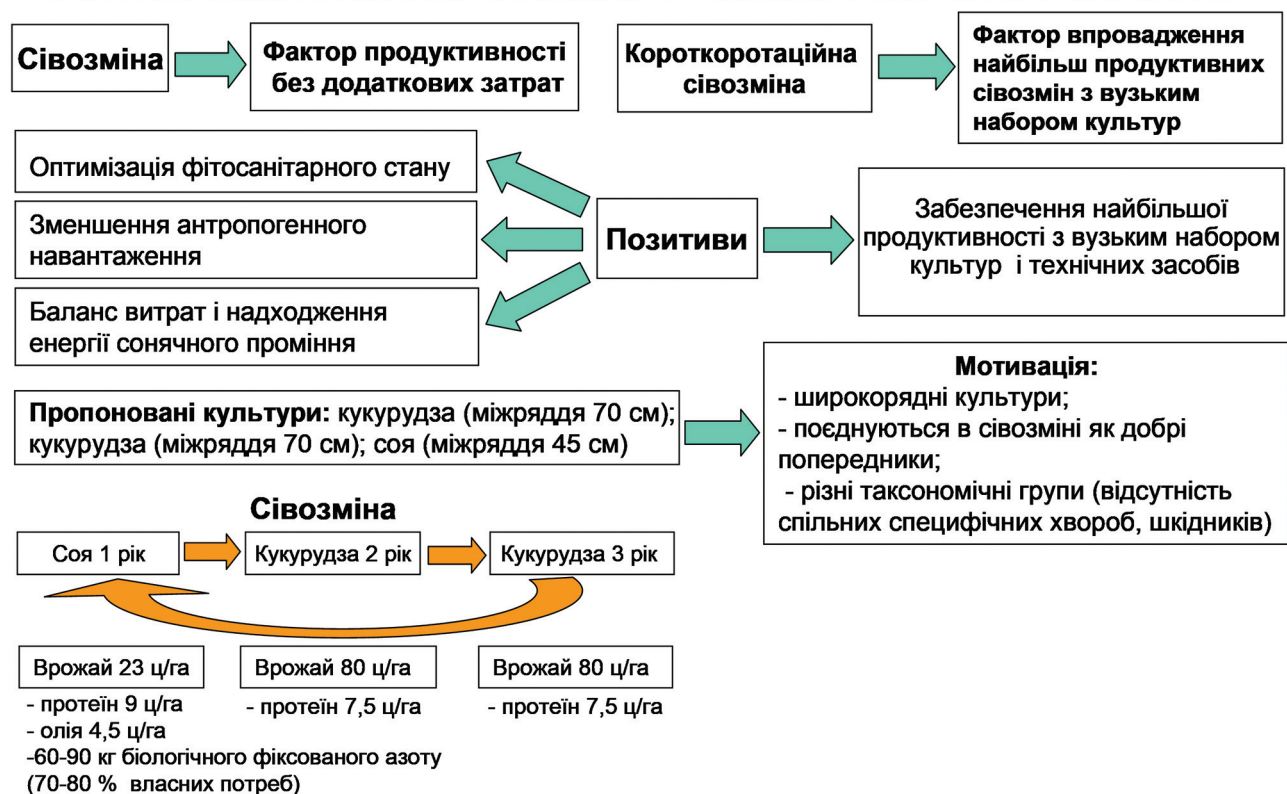
Strip-till — це спосіб проміжного обробітку ґрунту, який поєднує в собі елементи як оранки, так і технології no-till. Технологія виникла в другій половині 20-го століття [Bolton, Booster, 1981]. Strip-till як система обробітку ґрунту претендує на переваги як щодо традиційної системи обробітку ґрунту, так і щодо No-till [Fernández et al., 2015; Jaskulska et al., 2020; Potratz, et al., 2020]. Цей спосіб представляє собою обробіток смуги, в яку буде висіватися насіння культур, водночас міжряддя залишаються необробленими і вкритими післяжнивними залишками. Оброблена смуга забезпечує в зоні росту й розвитку кореневої системи рослин якісно оброблений ґрунт з різномірним і прийнятним для вегетації культур фракційним складом, з розвиненою мережею тріщин в глибинних горизонтах смуги для аерації, накопичення і збереження

вологи, з локально розташованою в раціональних горизонтах дозою мінеральних добрив [Ryżewicz, 2022].

Передбачуваний ефект від застосування Strip-till — економія палива й матеріальних ресурсів, оптимізація режиму зволоження ґрунту, захист від водної і вітрової ерозії завдяки покращенню структури ґрунту та наявності пожнивних решток у міжряддях, раціональне використання мінеральних добрив, мінімізація парку машин, підвищена стійкість культур сівозміни до змін клімату тощо [Ryżewicz, 2022].

Не менш важливим у сучасному землеробстві, враховуючи розвиток фермерства, є розробка і впровадження продуктивних короткоротаційних сівозмін із вузьким набором культур, які користуються підвищеним попитом на ринку, та оптимальною структурою їхніх посівних площ, оскільки у ринкових умовах господарювання гостро постає проблема агроєкологічного обґрунтування набору культур із урахуванням спеціалізації господарств і потреб внутрішнього і зовнішнього ринків [Петриченко та ін., 2007]. Наприклад, у США широкомасштабне виробниче використання Strip-till пов'язане з технологіями вирощування кукурудзи [Luna & Staben, 2002; Nash et al., 2013; Potratz et al., 2020]. Окрім кукурудзи, смуговий обробіток ґрунту не менш актуальний для вирощування інших просапних культур: сої, соняшнику, сорго, цукрових буряків, ріпака. Результати досліджень [Бабиш та ін., 2001; Петриченко та ін., 2007; Шустік та ін., 2019] засвідчують, що соя і кукурудза добре поєднуються в короткоротацій-

ОБҐРУНТУВАННЯ 3-ПІЛЬНОЇ СІВОЗМІНИ В ТЕХНОЛОГІЇ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ



➤ **Короткоротаційна 3-пільна сівозміна “кукурудза-кукурудза-соя” забезпечує найбільшу продуктивність з вузьким набором культур з широкорядним способом сівби, які поєднуються в сівозміні як добрі попередники і відносяться до різних таксономічних груп.**

Рисунок 1 – Обґрунтування доцільності короткоротаційної сівозміни

ній сівозміні – перша є одним із кращих попередників для другої. У кукурудзяно-соявому поясі США соя зазвичай розміщується після кукурудзи [Potratz, et al., 2020]. Кукурудза і соя практично не мають спільних хвороб і шкідників і в сівозміні відіграють роль санітарів одна для одної.

Включення сої в сівозміну дає змогу зберігати і підвищувати родючість ґрунту, одержувати високі врожаї культур, які висіваються після неї. У ланках із короткою ротацією «соя-кукурудза» досягаються хороші врожаї: 80-100 центнерів зерна кукурудзи та 25-30 центнерів сої [Петриченко та ін., 2005; Кравчук та ін., 2016]. Це найпродуктивніша ланка сівозміни у виробництві кормового зерна та білка для тварин.

Постановка завдання. Дослідження проводилися з метою обґрунтування доцільності застосування та вдосконалення техніко-технологічних рішень і методів реалізації технології смугового обробітку ґрунту в ко-

роткоротаційній зерновій сівозміні для малих і середніх господарств України.

Для реалізації поставленої мети проаналізовано стан технічного забезпечення виконання технологічних процесів смугового обробітку ґрунту; обґрунтовано перспективи реалізації технології смугового обробітку ґрунту в короткоротаційній зерновій сівозміні та доцільність її впровадження в зоні Лісостепу України на прикладі кукурудзи і сої; викладено основні рекомендації щодо комплексів машин для ресурсощадних технологій вирощування зернових культур у малих і середніх фермерських господарствах України.

Методи і матеріали. Аргументація доцільності впровадження технології смугового обробітку ґрунту в короткоротаційній трипільній сівозміні за результатами аналізу наукових досліджень і публікацій [Бабич та ін., 2001; Петриченко та ін., 2005; 2007; Шустік та ін., 2015; 2017; 2019]



Рисунок 2 – Матриця реалізації обробітку ґрунту базовими комплексами машин

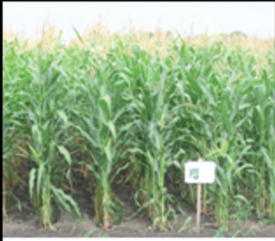
			
Кукурудза по сої	Кукурудза по сої	Кукурудза по кукурудзі	Соя по кукурудзі
Контроль $S = 0,65$ га	$S = 6,55$ га	$S = 6,55$ га	$S = 6,74$ га
Оранка, мінеральні добрива 200 кг/га	Нарізання щілин (міжряддя 70 см), мінеральні добрива 200 кг/га	Нарізання щілин (міжряддя 70 см), мінеральні добрива 200 кг/га	Нарізання щілин (міжряддя 90 см), мінеральні добрива 200 кг/га
ПОН-3	СТА-4	СТА-4	СТА-4
Пунктирна сівба з міжряддям 70 см	Пунктирна сівба з міжряддям 70 см	Пунктирна сівба з міжряддям 70 см	Пунктирна сівба з міжряддям 45 см
VEGA-8 Profi	VEGA-8 Profi	VEGA-8 Profi	VEGA-8 Profi

Рисунок 3 – Схема короткоротаційної сівозміни

представлена на рисунку 1.

Система обробітку ґрунту для культур короткоротаційної сівозміни технічно забезпечується певним комплексом машин: на основі оранки (рис. 2, а) – плуг, культиватор, сівалка для широкорядної сівби, оприскувач і комбайн; на основі смугового обробітку (рис. 2, б) – машина для формування смуг, сівалка для широкорядної сівби, оприскувач і комбайн.

В Україні цей технологічний напрямок практично не освоєний господарствами малого і середнього розміру [Шустік та ін., 2017]. Дослідження інноваційних технологій, які б забезпечили підвищення ефективності виробництва рослинницької продукції поєднанням короткоротаційних сівозмін і смугового обробітку

ґрунту з ефективним набором машин, є надзвичайно актуальним завданням сучасної аграрної науки, яке включає в себе обґрунтування та вдосконалення параметрів процесу обробітку ґрунту (нарізання смуг) і широкорядної сівби, розроблення відповідних ґрунтообробних знарядь, визначення показників ефективності тощо.

Короткоротаційна сівозміна загальною площею 21 га запроваджена для вивчення ефективності смугового обробітку ґрунту (рис. 3) на науково-дослідному полігоні УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого з урахуванням змісту, об'єму і засобів, наведених у роботах [Шустік та ін., 2015; 2017; 2019].

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого розташований у Лісостепу України – зоні, для

якої є характерним помірно-континентальний клімат із недостатнім зволоженням, стрімким наростанням температур у весняно-літній період і короткою малосніжною зимою. Середньорічна температура становить $+7^{\circ}\text{C}$, з найвищими її показниками ($+38,5^{\circ}\text{C}$) в липні-серпні і найнижчими (-34°C) — у січні-лютому. Тривалість періоду із середньодобовою температурою повітря вище 10°C становить 200-205 днів. Сума активних температур за цей період становить близько 2900°C .

Середня річна кількість опадів становить 633 мм, при цьому спостерігаються значні коливання: у дощові роки їхня кількість може сягати 700-800 мм, у посушливі — близько 300 мм. За період вегетації випадає приблизно 70% опадів. У літній період опади мають зливовий характер, що спричиняє водні ерозії ґрунтів.

Ґрунти сівозмінні — чорноземи типові малогумусні карбонатні на лесах, слабо деградовані, за механічним складом відносяться до середньосуглинкових крупнопилуватих. Ґрунти характеризуються високою природною родючістю, нейтральною реакцією ґрунтового розчину, мають відносно хороший рівень забезпеченості поживними елементами: підвищений вміст гумусу (до 4%) (за Тюриним), високий вміст рухомих форм фосфору, підвищений вміст рухомого калію (за Чириковим) і середній — азоту лужногідролізованого (за Корнфілдом); рівень насичення основами становить 90-98%. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-40 см — 52-65 мм; щільність ґрунту — 1,15-1,27 г/см³.

Товщина гумусового горизонту сягає 63 см, далі, до глибини 160 см, розміщується перехідний горизонт, із глибини 160 см і нижче — материнська порода. Глибокий гумусовий горизонт із зернисто-грудкуватою структурою зумовлює сприятливі водно-повітряні властивості ґрунтів: хорошу водопроникність, високу вологоємність і аерацію.

До короткоротаційної сівозмінні включено дві культури: кукурудзу та сою. Закладання польових дослідів, спостережен-

ня та обліки проводилися за методиками Доспехова Б. А. (1985) і Єщенка В. О. [Єщенко та ін., 2005]. Математичний аналіз експериментальних даних проводився стандартними комп'ютерними програмами Excel.

Агротехніка при проведенні польових досліджень — загальноприйнята для зони правобережного Лісостепу, за виключенням досліджуваних факторів. Сівозміна — трипільна, розмір облікових ділянок: кукурудза (по сої) — 6,55 га; кукурудза (по кукурудзі) — 6,55 га; соя (по кукурудзі) — 6,74 га.

Схема стаціонарного дослідів: фактор А — обробіток ґрунту; фактор В — мінеральні добрива; фактор С — попередник (для кукурудзи).

Показники та методи оцінювання:

- польова схожість і густина стояння рослин — кількісним методом у фазах повних сходів і повної стиглості [Єщенко та ін., 2005];

- динаміка росту й розвитку рослин; біометричні показники (вагові, розмірні, кількісні) та структура врожаю — за методикою державних сортовипробувань [Волкодав, 2001];

- вологість зерна — гравіметричним методом [ДСТУ 4138-2002];

- економічне оцінювання ефективності технології — розрахунковим і розрахунково-порівняльним методами.

У світовій практиці існують різні принципи реалізації технологічного процесу смугового обробітку ґрунту: розрізнений (рис. 2), коли машини для формування смуг і сівби використовуються окремо, та суміщений, за якого ці машини об'єднуються в агрегати або притаманні їм процеси реалізуються однією машиною. Однак в обох випадках поверхня смуг, вкрита рослинними рештками, вимагає дообладнання сівалок блоком очищення смуги зазвичай у вигляді зірчастих дисків. Тому базовими машинами комплексу техніки цієї технології є агрегати для формування смуг і просапні сівалки [Шустік та ін., 2015].

Для формування смуг використову-

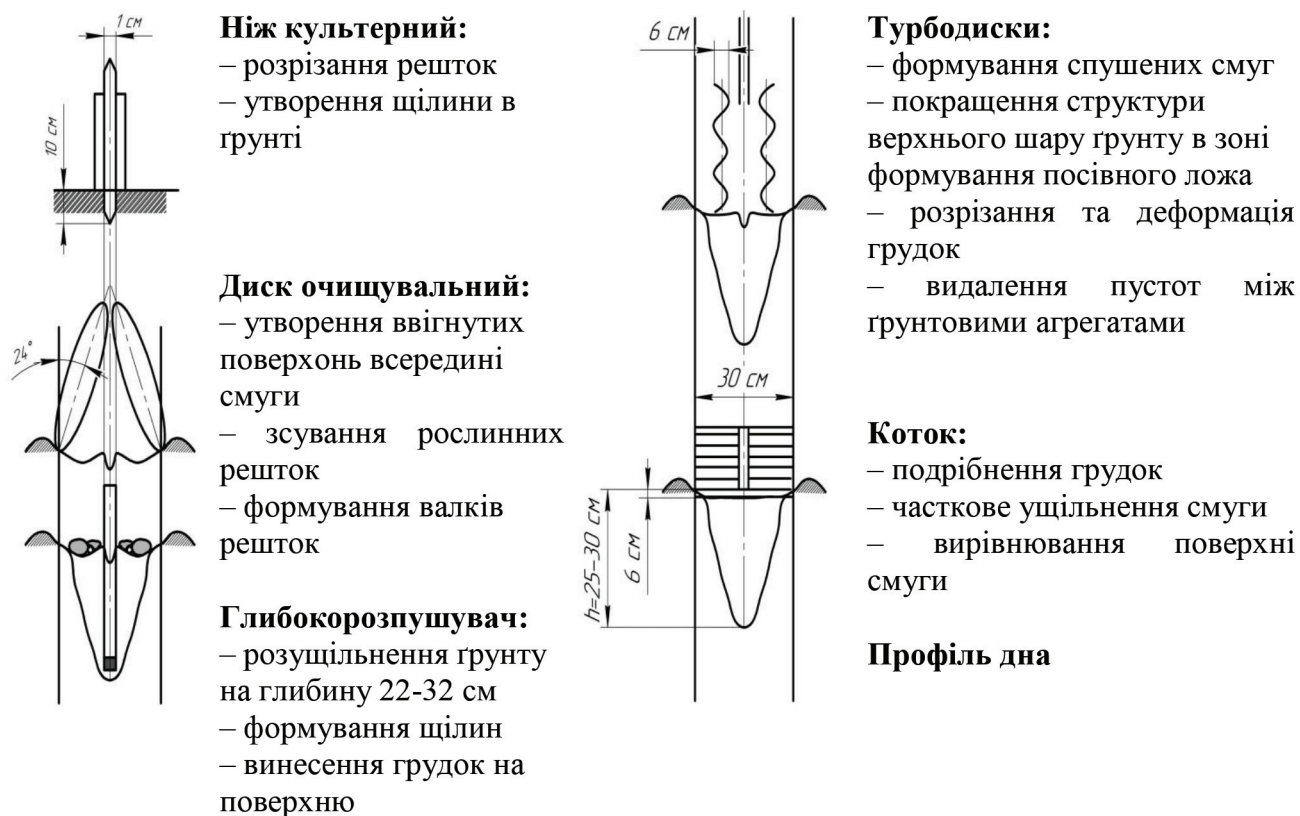


Рисунок 4 – Функціональні властивості та параметри налаштувань складових секцій агрегату смугового обробітку

вався трактор «Беларус МТЗ 1025» потужністю 100 к.с. і 4-рядний агрегат «СТА-4». Агрегат «СТА-4» допускає розстановку секцій, їхнє переміщення брусом рами для нарізання смуг із міжряддям 70 см і 90 см, внесення в кожен смугу добрив. За цих умов сівба кукурудзи з міжряддям 70 см буде здійснюватися за слідом проходу, а сої (з міжряддям 45 см) – з боків лінії проходу глибкорозпушувача з кроком 90 см. Принцип формування смуг агрегатом «СТА-4», функціональні властивості та параметри налаштувань складових секцій представлені на рисунку 4. Одночасно з формуванням смуг вносилися мінеральні добрива на глибину руху глибкорозпушувача (22-32 см).

За результатами попередніх досліджень [Шустік та ін., 2015; 2017; 2019] визначені агротехнічні вимоги до смугового обробітку ґрунту (табл. 1).

Прогресивні техніко-технологічні рішення вирощування просапних культур базувалися на принципах високоточної сівби, високої продуктивності та викори-

стання раціональних схем укладання насіння. Для їхньої реалізації в технології смугового обробітку ґрунту сформульовані агротехнічні вимоги до сівби з різним міжряддям культур сівозміни (табл. 2).

Критерієм вибору посівного агрегата визначено коефіцієнт варіації рівномірності розподілу насіння в рядку, допустиме значення якого для кукурудзи становить $\pm 30-60\%$ [Вихідні вимоги, 1995]. За результатами випробувань таким вимогам відповідає універсальна просапна сівалка «VEGA-8 Profi» [Протокол, 2015].

Показники агротехнічного оцінювання сівалки визначалися за стандартизованими методами [СОУ 74.3-37-129: 2004]. Результати агротехнічного оцінювання якості виконання технологічного процесу сівалкою «VEGA-8 Profi» наведені в таблиці 3.

Досліджено залежність якості сівби від швидкості руху агрегата: збільшення швидкості викликає збільшення коефіцієнта варіації розподілу насіння в рядку, тобто погіршує якість виконання цієї технологічної операції. За сівби сої в межах

Таблиця 1 – Агротехнічні вимоги до формування смуг для сівби кукурудзи та сої

Значення показника		Показник	Значення показника	
Обробіток ґрунту (осінь)			Сівба (весна)	
під кукурудзу	під сою		кукурудзи	сої
не менше 90		Наявність фракцій подрібнених рослинних решток до 100 мм,%	-	-
22-32		Глибина обробітку, см	6-8	4-6
25-35	28	Ширина смуги, см	25-35	28
70	90	Ширина міжрядь, см	70	45
150-300		Доза внесення добрив, кг/га	-	
10; до 32		Глибина внесення добрив, см	-	-
до 20		Рослинні рештки на поверхні обробленої смуги, г/м²	до 50	до 20
-		Кількість загорненого насіння в шар середньої глибини та двох суміжних із ним шарах,%	Не менше 80	

Таблиця 2 – Агротехнічні вимоги до технологічного процесу сівби за технологією смугового обробітку ґрунту

Показник	Значення показника
Ширина смуги в зоні роботи висівної секції, см	25
Ширина смуги для сівби, утвореної очисними зірочками, см	20
Ширина основних міжрядь, см:	
- кукурудзи	70
- сої	45
Наявність рослинних решток в смузі, г/м ²	Не більше 200
Глибина загортання насіння, см	3,0-8,0
Норма висіву, тис. шт./га:	
- кукурудзи	30-150
- сої	350-600
Рівномірність висіву, %	30-60
Кількість загорненого насіння в шар середньої глибини і в два суміжних із ним шари (± 1 см), %	Не менше 80

рекомендованих норм висіву і ширини міжрядь 45 см оптимальною є швидкість руху посівного агрегату не більше 8,2 км/год. За сівби кукурудзи його швидкість руху може бути і більшою – до 11,2 км/год.

У виборі комплексу машин для смугового обробітку ґрунту і сівби враховано ознаки їхньої технологічної сумісності (табл. 4).

Досліджений комплекс машин дає змогу:

– формувати смуги за умови забезпечення належної довжини подрібнених решток (не менше 90%), що є визначальним чин-

ником працездатності агрегата «СТА-4» і реалізації технологічної операції;

– внести розраховану дозу мінеральних добрив (50-400 кг/га у фізичній вазі) на глибину 22-32 см;

– забезпечити сівбу культур сівозміни з міжряддями 70 см та 45 см за значного вмісту рослинних решток на поверхні поля.

Результати. Виконання технологічного процесу формування смуг (глибина 25 см, ширина 25 см) з одночасним внесенням мінеральних добрив (Нітроамофоска) реалізовано агрегатом «СТА-4» на площі близько 21 га у сівозміні «кукурудза-куку-

Таблиця 3 – Агротехнічне оцінювання ефективності роботи сівалки «VEGA-8 Profi»

Показник	Значення показника за даними досліджень					
Культура, сорт (гібрид)	Соя, сорт «ПВС 008»			Кукурудза, гібрид «Пустоварівський СВ»		
Умови роботи						
Тип ґрунту і назва його за механічним складом	Чорнозем глибокий малогумусний середньосуглинковий					
Рельєф	Рівний					
Мікрорельєф	Вирівняний					
Попередник	Кукурудза			Соя		
Якість роботи						
Робоча ширина, м	3,6			2,8		
Глибина загортання насіння, см	4,8			48		
– середньоквадратичне відхилення, ± см	0,8			0,8		
– коефіцієнт варіації,%	17,0			17,0		
Кількість сошників, шт.	8			4		
Ширина міжрядь, см	45			70		
1. Норма висіву насіння, тис. шт./га	524			72		
Робоча швидкість, км/год	5,2	8,2	11,2	5,2	8,2	11,2
Нерівномірність розподілу насіння в рядку,%	37,2	43,3	47,0	31,8	36,3	36,7
2. Норма висіву насіння, тис. шт./га	665			107		
Робоча швидкість, км/год	5,2	8,2	11,2	5,2	8,2	11,2
Нерівномірність розподілу насіння в рядку,%	42,0	40,4	44,4	29,9	29,4	37,3
Кількість насіння, загорненого в шар середньої глибини і в два суміжних із ним шари,%	100			100		
Кількість незагорненого в ґрунт насіння, шт./м²	0			0		

Таблиця 4 – Ознаки технологічної сумісності агрегату формування смуг і просапної сівалки

Параметр	Значення параметра			
	Агрегат «СТА-4»		Сівалка «VEGA-8 Profi»	
	Формування смуг		Сівба	
Культура	Соя	Кукурудза	Соя	Кукурудза
Ширина міжрядь	90 см	70 см	45 см	70 см
Кількість рядків	4		8	4
Працездатність за наявності рослинних решток на поверхні смуги	-		Забезпечується наявністю розсувних променевих дисків	
Комбайнування врожаю	-		Без утруднень для звичайних адаптерів	

рудза-соя» під сівбу зазначених культур із міжряддями 70 см і 45 см відповідно.

Швидкісні й енергетичні режими роботи агрегата для формування смуг під досліджувані культури представлені в таблиці 5.

Дані таблиці 5 свідчать, що в 2018 р.

витрати палива на формування смуг були більшими на 22% порівняно з 2017 р., що є наслідком збільшення глибини ходу чизеля з 22 см до 25 см.

Окрім того, швидкість руху агрегата впливає на прямолінійність і характер

Таблиця 5 – Параметри роботи агрегата «МТЗ-1025 «+ «СТА-4»

Назва параметра	Формування смуг. Роки проведення спостережень			
	Формування смуг під сою з розстановкою секцій на 90 см		Формування смуг під кукурудзу з розстановкою секцій на 70 см	
	2017	2018	2017	2018
Глибина смуги, см	22	25	22	25
Ширина смуги, см	25		25	
Агрегатування	Трактор «МТЗ-1025»		Трактор «МТЗ-1025»	
Потужність, к.с.	100	100	100	100
Швидкість руху, км/год:				
– попередник кукурудза	4,5-7	5-6	5,5	6,5
– попередник соя	–	–	3,9	–
Витрати палива, л/га	9,3	11,4	11,5	14,0

утворення нерозпушених і розпушених смуг, поперечний профіль останніх, що значно впливає на подальшу операцію – сівбу.

Нами запропоноване технічне рішення, коли поперечний профіль стінки розпушеної смуги повторює відокремлений площиною зовнішньої поверхні колеса фрагмент твірної епюри тиску шин трактора на ґрунт [Кравчук та ін., 2015]. Таке рішення передбачає забезпечення збереження нерозпушених смуг для переміщення коліс тягового трактора та подальше зниження енергозатрат у ході утворення розпушених смуг.

Досліди, проведені за сівби з міжряддям 70 см (кукурудза) та 45 см (соя), обмежилися технологічними можливостями сівалки, оскільки вона працює з дискретними рівнями ширини міжрядь 70 см і 45 см. Світовий тренд розробки сівалок для сів-

би кукурудзи і сої засвідчує, що зміна ширини міжрядь має місце в інтервалі 35-70 см [Lambert & Lowenberg-DeBoer, 2003]. Водночас міжряддя на рівні 35 см в умовах України вимагають перевірки можливості сівби на фонах із великим вмістом решток кукурудзи.

Дослідження розвитку культур сівозміни (кукурудзи і сої) та визначення їхньої біологічної урожайності засвідчили, що продуктивність рослин в агроценозі залежить від добрив, внесених восени під час нарізання смуг (табл. 6, 7).

Аналіз показників зернової продуктивності кукурудзи дає підстави констатувати, що система смугового обробітку з унесенням добрив є більш конкурентоспроможною порівняно з традиційним обробітком (оранкою) без добрив (контроль) і з добривами.

Визначені показники структури біо-

Таблиця 6 – Вплив мінеральних добрив і способу обробітку ґрунту на зернову продуктивність кукурудзи (попередник – соя)

Варіант технології	Зернова продуктивність			
	Діаметр качана, см	Довжина качана, см	Озерненість, шт./в ряду	Маса зерна з качана, г
Оранка, без добрив (контроль)	43	18,5	34	164,47
Оранка, N32P32K32	44,7	19,0	39	172,14
Смуговий обробіток, N32P32K32	45,3	19,5	39	180,84

Таблиця 7 – Зміна елементів структури урожайності сої залежно від удобрення (попередник – кукурудза)

Показники структури біологічної врожайності	Значення показника по варіантах		
	Смуговий обробіток, без добрив (контроль)	Смуговий обробіток, N32P32K32	± до контролю, %
Висота рослин, см	72,5	81,9	+13,0
Висота прикріплення нижнього бобу, см	10,6	11,0	+3,8
Кількість бобів на стеблі, шт.	19	22	+15,8
Густота стояння, тис. шт./га	430	480	+11,6
Кількість вузлів, шт.	14	14	-
Кількість бобів на рослині, шт.	20	22	+10,0
Діаметр стебла, см	5,0	5,2	+4,0
Маса стебла, г	3,23	3,46	+7,1
Кількість насінин у бобі, шт.	1,9	2	+5,3
Кількість насінин із рослини, шт.	38	44	+15,8
Маса зерна з однієї рослини, г	6,44	7,47	+16,0
Маса 1000 насінин, г	168,76	170,0	+0,74
Вологість зерна, %	12	12	-
Біологічна урожайність зерна, ц/га	27,6	35,9	+30,1

логічної урожайності сої свідчать про те, що внесення 200 кг/га нітроамофоски (N32P32K32) позитивно впливає на густоту стояння рослин, формування бобів, озерненість і масу зерна з однієї рослини порівняно з варіантом без внесення добрив.

Значне зростання біологічної врожайності зерна сої (+30,1%), вирощеної за смугового обробітку і внесення добрив порівняно з варіантом без застосування добрив свідчить про доцільність їхнього застосування.

Оцінка впливу попередника на продуктивність кукурудзи підтвердила, що соя як попередник є важливим резервом збільшення урожайності зерна кукурудзи (табл. 8).

Показник біологічної урожайності кукурудзи, визначений розрахунковим методом, засвідчив, що на варіанті, де попередником була соя, він перевищує показники варіантів, які вирощувалися після кукурудзи: урожай кукурудзи, вирощеної після сої, є більшим на 2,3 ц/га порівняно з урожаєм, отриманим після кукурудзи. Аналогічна тенденція відмічена в показниках кінцевої густоти стояння

та маси зерна з одного качана.

Оцінювання ефективності смугового обробітку ґрунту порівняно з традиційним обробітком (оранка) проводилося за критерієм приросту урожайності зерна культур короткоротаційної сівозміни, зокрема кукурудзи (табл. 9), а також економії ресурсів (табл. 10).

Порівняння біологічної урожайності кукурудзи за варіантами дослідів свідчить про позитивний вплив досліджуваних факторів на елементи структури врожайності: біологічна урожайність зерна кукурудзи за смуговому обробітку ґрунту з внесенням добрив вища порівняно з традиційною оранкою (контроль) без добрив – на 17,1% (2018 р.) та на 7,0% (2019 р.) – з добривами. Аналогічні тенденції було відмічено і на сої.

Згідно з даними таблиці 10, менші експлуатаційні витрати (1100 грн./га), затрати праці (1 люд.-год./га) та витрати пального (17 л/га) отримані за використання технології смугового обробітку ґрунту і пунктирної сівби кукурудзи.

Отже, основні економічні переваги технології смугового обробітку в коротко-

Таблиця 8 – Зміна елементів структури біологічної врожайності кукурудзи за смугового обробітку ґрунту залежно від попередника

Показник	Спосіб обробітку ґрунту/попередник		
	Смуговий/соя, N32P32K32	Смуговий/кукурудза, N32P32K32	Різниця
Висота рослин, см	195,2	189,8	5,4
Висота прикріплення нижнього качана, см	66,3	66,0	0,3
Кількість качанів на стеблі, шт.	1,05	1,0	0,05
Густота стояння, тис. шт./га	64	62	2,0
Діаметр стебла, см	16,0	16,0	-
Маса качана, г	206,4	196,3	10,1
Діаметр качана, см	45,3	43,3	2,0
Довжина качана, см	19,5	20,2	-0,7
Кількість рядів зерен у качані, шт.	18	18	-
Кількість зерен у ряду, шт.	39	39	-
Маса зерна з качана, г	180,84	166,7	14,1
Маса 1000 насінин, г	284,66	278,00	6,66
Вологість зерна, %	24,3	17,6	6,7
Біологічна урожайність зерна стандартної вологості, ц/га	118,2	115,9	2,3

Таблиця 9 – Приріст урожайності зерна кукурудзи залежно від обробітку ґрунту

Врожайність, ц/га				Різниця (А-Б)			
Смуговий обробіток ґрунту (А)		Традиційний обробіток ґрунту (Б)		ц/га	%	ц/га	%
2018 р.	2019 р.	2018 р.	2019 р.	2018 р.		2019 р.	
116,2	118,2	99,2	110,5	17,0	17,1	7,7	7,0

Таблиця 10 – Експлуатаційно-економічні показники запровадження смугового обробітку ґрунту порівняно з існуючою технологією вирощування кукурудзи

Сумарний показник обробітку ґрунту і сівби	Одиниця вимірювання	Контроль	Нова технологія
		Кукурудза	Кукурудза
		Поверхнєве розкидання добрив («MT3-82» + «AXIS-30»); оранка («MT3-1025» + «ПОН-3»); передпосівний обробіток ґрунту («T-150K» + «АГ-6»); сівба пунктирна («MT3-1025» + «VEGA-8 Profi»)	Смуговий обробіток ґрунту з одночасним унесенням добрив (MT3-1025» + «СТА-4»)*; сівба пунктирна («MT3-1025» + «VEGA-8 Profi»)
Затрати праці	люд.-год/га	1,6	«1,0
Витрати пального	л/га	36	17
Прямі експлуатаційні витрати	грн./га	1740	1100

* За результатами випробувань дослідного зразка.

ротаційній сівозміні «кукурудза-кукурудза-соя» полягають у підвищенні урожайності культур, економії та раціональному використанні ресурсів (паливо, техніка, добрива).

Обговорення. Дослідження, проведені авторами в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, схожі з дослідженнями Al-Kaisi et al. (2016), проведеними в США, де засвідчено, що обробіток ґрунту й сівозміна — базові елементи, які впливають на врожайність та економічну віддачу. Зокрема, дослідження у семи локаціях (штат Айова з 2003 по 2013 рр.) сівозмін «кукурудза — соя» засвідчили, що смугова система обробітку ґрунту перевищила рентабельність звичайного обробітку ґрунту, а сівозмін «кукурудза-кукурудза-соя» забезпечила більший урожай сої (9%) та більшу економічну віддачу (11%), ніж сівозмін «кукурудза-соя» у п'яти локаціях [Al-Kaisi et al., 2016]. Однак стабільна економічна віддача кукурудзи та сої з часом була більше пов'язана із сівозміною «кукурудза-соя», ніж «кукурудза-кукурудза-соя» та «соя-соя», що частково підтверджується нашими результатами та вимагає додаткових досліджень.

У моделюванні вибору способу обробітку ґрунту для вирощування кукурудзи, пшениці та сої фермерами в штаті Канзас відзначається, що вибір системи обробітку ґрунту (No-till, смуговий або традиційний) повинен враховувати вплив на рентабельність, ставлення до ризику та сівозміни, які мають забезпечити тенденцію відходу від звичайного обробітку ґрунту в деяких регіонах [Canales et al., 2018].

Оцінка ефективності трьох систем обробітку ґрунту (звичайної, смугової та необробленої), досліджених у роботі Dagaruneni et al. (2019), засвідчила, що смуговий обробіток ґрунту мав кращий показник збирання та більшу ефективність використання води, ніж звичайний. Однак для підвищення ефективності використання ресурсів у виробництві кукурудзи в найзасушливіших регіонах No-till має значну перевагу перед іншими способами обробітку ґрунту. Зазначене до-

слідження підтверджує доцільність упровадження смугового обробітку ґрунту в лісостеповій зоні та перевірку у степовій зоні України.

У роботі Weyers et al. (2018), досліджено систему смугового обробітку ґрунту як практичний підхід до зменшення споживання пального, ерозії ґрунту та боротьби з бур'янами в різних сівозмінах кукурудзи, сої, пшениці та люцерни. Ці результати засвідчили, що Strip-till частково знижує продуктивність через недостатній контроль бур'янів, а також зменшення кількості поживних речовин за різного чергування культур [Weyers et al., 2018].

Техніко-технологічними дослідженнями (нарізання смуг, сівба, ефективні розриви між операціями в часі) доведено, що Strip-till використовується як альтернатива більш раннім термінам сівби за системою No-till [Adee et al., 2016].

Нашими дослідженнями щодо впливу термінів між нарізанням смуг і сівбою кукурудзи (1-73 дні) визначено, що потрібно виділити достатньо часу між цими періодами для досягнення задовільних ґрунтових умов (наприклад, вологість і щільність насінневого шару). Зазначені результати свідчать про пріоритетність розрізної схеми виконання технологічних операцій за використання смугового обробітку ґрунту (рис. 2) та підтверджують досліджені нами агротехнічні вимоги до агрегата для формування смуг (табл. 1) і до сівалки (табл. 3). Тому доцільним є впровадження ефективних конструкційних рішень машин для смугового обробітку ґрунту з утворенням розпушених смуг, які чергуються зі смугами необробленого ґрунту. Цей спосіб включає утворення поперечного профілю стінок розпушених смуг прямокутної або спіралеподібної форми [Кравчук та ін., 2015]. Останнє забезпечує підвищення стійкості смуги необробленого ґрунту і гарантує можливість переміщення по них коліс тягового трактора.

Оскільки світовий тренд універсальних машин для сівби кукурудзи та сої визначає ширину міжрядь 70-35 см, необхідно розширити технологічні можливості

сівалки з дискретними рівнями ширини міжрядь 70 см і 45 см.

Слушним напрямком удосконалення технологічності сівалки «VEGA-8 Profi» можуть бути конструкційні рішення щодо забезпечення сівби технічних культур здвоєними рядками з укладання насіння в шаховому порядку (Twin-Row, Delta-Row) для покращення умов вологозабезпечення, світлового та поживного режимів росту рослин, що може забезпечити збільшення врожайності на 5-20%. У межах пошукових досліджень запропоновано конструкційне рішення, яке вдосконалює процес укладання насіння за шаховим типом оптимізацією чинників рознесення суміжних пар секцій і віддалення сошників для виключення можливості виштовхування насіння з посівного ложа в суміжних рядках [Кравчук та ін., 2018].

Практика застосування сівалки «VEGA-8 Profi» свідчить, що трудомісткість її переобладнання з ширини міжрядь 70 см на ширину 45 см і навпаки займає орієнтовно 1,5-2 людино-днів. Для усунення цього недоліку пропонується використати в конструкції сівалки технічні рішення фірм «Gaspardo», «Kuhn», «Kinze», «John Deere», в яких час переобладнання займає не більше 3-х людино-годин.

Висновки. Короткоротаційна 3-пільна сівозмінна «кукурудза-кукурудза-соя» забезпечує зростання продуктивності з вузьким набором культур із широкорядним способом сівби, які поєднуються в сівозміні як ефективні попередники і відносяться до різних таксономічних груп. Результативність запропонованих техніко-технологічних рішень смугового обробітку ґрунту і сівби порівняно з традиційною технологією визначається зменшенням використаних ресурсів завдяки меншій кількості технологічних операцій, витраті палива і підвищенню урожайності.

Показники структури біологічної урожайності кукурудзи свідчать про значну перевагу смугового обробітку над оранкою: урожайність зерна вища на 17% (2018 р.) та 21,5% (2019 р.). Дослідженнями під-

тверджено позитивну дію мінеральних добрив на рівень урожайності сої: порівняно з варіантом без добрив отримано приріст зерна на 8,0 ц/га, або 30%.

Конструкційні параметри агрегата для формування смуг мають забезпечити прямолінійність їхнього нарізання за достатньої робочої швидкості та збереження нерозпушених смуг для переміщення (без пробуксовування) коліс тягового трактора; сівалка повинна забезпечити якісне висівання насіння на фонах зі значним вмістом рослинних решток, технологічність переобладнання на потрібну ширину міжрядь, що є підґрунтям для вдосконалення прогресивного напрямку вирощування кукурудзи та сої в короткоротаційній сівозміні.

Список літератури

Бабич, А. О., Панасюк, О. Я., Петриченко, В. Ф. (2001). Розробка короткоротаційних сівозмін та перспективи їх впровадження у приватних господарствах Лісостепу. Вісник аграрної науки. № 8. С. 12-15.

Вихідні вимоги на сільськогосподарську техніку (1995). МР 46.16.05.01-94— Збірка № 1-94 Техніка сільськогосподарська. Машина посівні. Методика визначення ефективності бурякових сівалок точного висіву з врахуванням вірогідності характеристик ґрунтового кліматичних і господарських умов.

Волкодав, В. В. (ред.) (2001). Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури). К. 69 с.

Доспехов, Б. А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. Агропромиздат. 351 с.

ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості.

Єщенко, В. О., Копитко, П. Г., Опришко, В. П., Костогриз, П. В. (2005). Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. К.: Дія. 288 с.

Кравчук, В., Шустик, Л., Погорелый,

В., Маринина, Л., Маринин, С., Новохацький, Н. (2016). Техніко-технологічне рішення для полосової обробки ґрунту. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 18. P. 20-31.

Кравчук, В. І., Погорілий, В. В., Шустік, Л. П., Маринін, С. П., Пономар, Ю. В., Новохацький, М. Л. (2015). Спосіб смугового обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур. Патент на корисну модель № 98647. Зареєстровано 12.05.2015.

Кравчук, В. І., Погорілий, В. В., Шустік, Л. П., Мариніна, Л. І., Степченко, С. В., Нілова, Н. П., Карпенко, А. А. (2018). Сівалка для сівби із синхронізацією укладання насіння за шаховим типом. Патент на корисну модель № 129263. Зареєстровано 25.10.2018.

Петриченко, В. Ф., Колісник, С. І., Панасюк, О. Я., Броннікова, Л. Ф. (2005). Наукові основи підвищення продуктивності короткоротаційних сівозмін в умовах Лісостепу України. Вінниця: Корми і кормовиробництво. Вип. 55. С. 3-9.

Петриченко, В., Колісник, С., Панасюк, О., Броннікова, Л. (2007). Агро-екологічні підходи до підвищення продуктивності короткоротаційних соєво-кукурудзяних сівозмін залежно від ступеня насичення культурами та їх системи удобрення в Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Випуск 59. С. 3-9.

Протокол державних типових випробувань № 01-16-2015. (2015). Сівалка універсальна просапна пневматична VEGA-8 Profi. Дослідницьке.

СОУ 74.3-37-129: 2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Машина посівні. Методи випробувань.

Шустік, Л., Маринін, С., Мариніна, Л. (2015). Смуговий обробіток ґрунту: вітчизняне машинобудування на старті. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. Випуск 19 (33). Дослідницьке. С. 152-158.

Шустік, Л., Громадська, В., Мариніна, Л., Негуляєва, Н., Супрун, В. (2017). Шляхи реалізації смугового обробітку в

малих і середніх господарствах. Техніка і технології АПК. № 11 (98). С. 16-21.

Шустік, Л., Нілова, Н., Степченко, С., Тихоненко, О. (2019). Ефективність застосування смугового обробітку ґрунту (STRIP-TILL) у вирощуванні кукурудзи. Техніка і технології АПК. № 1 (110). С. 25-29.

Adee, E., Hansel, F. D., Ruiz Diaz, D. A., & Janssen, K. (2016). Corn response as affected by planting distance from the center of strip-till fertilized rows. *Frontiers in plant science*, 7, 1232. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01232>

Al-Kaisi, M. M., Archontoulis, S., & Kwaw-Mensah, D. (2016). Soybean spatio-temporal yield and economic variability as affected by tillage and crop rotation. *Agronomy Journal*, 108(3), 1267-1280. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0363>

Bolton, F., Booster, D. E., (1981). Strip-till planting in dryland cereal production. *Transactions of the ASAE*, 24(1), 59-0062

Canales, E., Bergtold, J. S., & Williams, J. R. (2018). Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas. *Agricultural and resource economics review*, 47(1), 90-117. DOI: <https://doi.org/10.1017/age.2017.23>

Darapuneni, M. K., Idowu, O. J., Lauriault, L. M., Dodla, S. K., Pavuluri, K., Ale, S., ... & Angadi, S. V. (2019). Tillage and nitrogen rate effects on corn production and residual soil characteristics. *Agronomy Journal*, 111(3), 1524-1532. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.09.0582>

Fernández, F. G., Sorensen, B. A., & Villamil, M. B. (2015). A comparison of soil properties after five years of no-till and strip-till. *Agronomy Journal*, 107(4), 1339-1346.

Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., Gałęzewski, L., Breza-Boruta, B., Dębska, B., & Lemanowicz, J. (2020). Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy*, 10(10), 1596.

Lambert, D. M., & Lowenberg-DeBoer, J. (2003). Economic analysis of row spacing for corn and soybean. *Agronomy Journal*, 95(3), 564-573.

Luna, J. M., & Staben, M. L. (2002). Strip tillage for sweet corn production: yield and eco-

nomic return. *HortScience*, 37(7), 1040-1044.

Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15(13), 10517.

Nash, P. R., Nelson, K. A., & Motavalli, P. P. (2013). Corn yield response to timing of strip-tillage and nitrogen source applications. *Agronomy Journal*, 105(3), 623-630. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0338>

Potratz, D. J., Mourtzinis, S., Gaska, J., Lauer, J., Arriaga, F. J., & Conley, S. P. (2020). Strip-till, other management strategies, and their interactive effects on corn grain and soybean seed yield. *Agronomy Journal*, 112(1), 72-80.

Ryżewicz, M. (2022). Review of current knowledge on strip-till cultivation and possibilities of its popularization in Poland. *Polish Journal of Agronomy*, (49), 20-30.

Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2014. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f61ed588-e2df-4188-857c-6c7ea8153097/content>

Weyers, S. L., Archer, D. W., Forcella, F., Gesch, R., & Johnson, J. M. (2018). Strip-tillage reduces productivity in organically managed grain and forage cropping systems in the Upper Midwest, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33(4), 309-321. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742170517000084>

References

Adee, E., Hansel, F. D., Ruiz Diaz, D. A., & Janssen, K. (2016). Corn response as affected by planting distance from the center of strip-till fertilized rows. *Frontiers in plant science*, 7, 1232. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01232>

Al-Kaisi, M. M., Archontoulis, S., & Kwaw-Mensah, D. (2016). Soybean spatiotemporal yield and economic variability as affected by tillage and crop rotation. *Agronomy Journal*, 108(3), 1267-1280. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0363>

doi.org/10.2134/agronj2015.0363

Babych, A. O., Panasyuk, O. Ya., Petrychenko, B. F. (2001). Development of short-rotational crop rotations and prospects for their implementation in private farms of the Forest Steppe. *Bulletin of Agrarian Science*. No. 8. P. 12-15.

Bolton, F., Booster, D. E., (1981). Strip-till planting in dryland cereal production. *Transactions of the ASAE*, 24(1), 59-0062

Canales, E., Bergtold, J. S., & Williams, J. R. (2018). Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas. *Agricultural and resource economics review*, 47(1), 90-117. DOI: <https://doi.org/10.1017/age.2017.23>

Darapuneni, M. K., Idowu, O. J., Lauriault, L. M., Dodla, S. K., Pavuluri, K., Ale, S., ... & Angadi, S. V. (2019). Tillage and nitrogen rate effects on corn production and residual soil characteristics. *Agronomy Journal*, 111(3), 1524-1532. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.09.0582>

Dospekhov, B. A. (1985). Methodology of field experiments (with the basics of statistical processing of research results). M. Agropromizdat. 351 p.

DSTU 4138-2002 Seeds of crops. Methods of determining quality.

Fernández, F. G., Sorensen, B. A., & Villamil, M. B. (2015). A comparison of soil properties after five years of no-till and strip-till. *Agronomy Journal*, 107(4), 1339-1346.

Initial requirements for agricultural machinery (1995). MR 46.16.05.01-94— Collection No. 1-94 Agricultural machinery. Sowing machines. The method of determining the efficiency of beet planters of precision sowing, taking into account the probability of the characteristics of soil, climate and economic conditions.

Jaskulska, I., Romaneckas, K., Jaskulski, D., Gałęzewski, L., Breza-Boruta, B., Dębska, B., & Lemanowicz, J. (2020). Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy*, 10(10), 1596.

Kravchuk, V., Shustyk, L., Pogorely, V., Marynina, L., Marinyn, S., Novohatskyi, N. (2016). Technical and technological solutions for strip tillage. MOTROL. Commission of

Motorization and Energetics in Agriculture. Vol. 18. P. 20-31.

Kravchuk, V. I., Pohoriliy, V. V., Shustik, L. P., Marynin, S. P., Ponomar, Yu. V., Novokhatskyi, M. L. (2015). The method of strip cultivation of the soil when growing crops. Patent No. 98647. Registered on 05/12/2015.

Kravchuk, V. I., Pohorily, V. V., Shustik, L. P., Marynina, L. I., Stepchenko, S. V., Nilova, N. P., Karpenko, A. A. (2018). Seeder for sowing with synchronization of seed placement according to the chess type. Patent No. 129263. Registered on 10/25/2018.

Lambert, D. M., & Lowenberg-DeBoer, J. (2003). Economic analysis of row spacing for corn and soybean. *Agronomy Journal*, 95(3), 564-573.

Luna, J. M., & Staben, M. L. (2002). Strip tillage for sweet corn production: yield and economic return. *HortScience*, 37(7), 1040-1044.

Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15(13), 10517.

Nash, P. R., Nelson, K. A., & Motavalli, P. P. (2013). Corn yield response to timing of strip-tillage and nitrogen source applications. *Agronomy Journal*, 105(3), 623-630. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0338>

Petrychenko, V. F., Kolisnyk, S. I., Panasyuk, O. Ya., Bronnikova, L. F. (2005). Scientific bases of increasing the productivity of short-rotational crop rotations in the conditions of the forest steppe of Ukraine. *Feeds and feed production*. Vol. 55. P. 3-9.

Petrychenko, V., Kolisnyk, S., Panasyuk, O., Bronnikova L. (2007). Agroecological approaches to increasing the productivity of short-rotation soybean-corn crop rotations depending on the degree of crop saturation and their fertilization system in the Forest Steppe of Ukraine. *Feeds and feed production*. Issue 59. P. 3-9.

Potratz, D. J., Mourtzinis, S., Gaska, J., Lauer, J., Arriaga, F. J., & Conley, S. P. (2020). Strip-till, other management strategies, and their interactive effects on corn grain and soybean seed yield. *Agronomy Journal*,

112(1), 72-80.

Protocol of state standard tests No. 01-16-2015. (2015). VEGA-8 Profi universal pneumatic seeder. Research.

Ryzewicz, M. (2022). Review of current knowledge on strip-till cultivation and possibilities of its popularization in Poland. *Polish Journal of Agronomy*, (49), 20-30.

Shustik, L., Hromadska, V., Marynina, L., Nehuliaieva, N., Suprun, V. (2017). Ways of implementing strip cultivation in small and medium-sized farms. *Agricultural machinery and technologies*. No. 11 (98). P. 16-21.

Shustik, L., Marynin, S., Marynina, L. (2015). Strip tillage: domestic engineering at the start. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for the agriculture of Ukraine. Issue 19 (33). *Doslidnytske*. P. 152-158.

Shustik, L., Nilova, N., Stepchenko, S., Tikhonenko, O. (2019). Effectiveness of strip tillage (STRIP-TILL) in corn cultivation. *Agricultural machinery and technologies*. No. 1 (110). P. 25-29.

SOU 74.3-37-129: 2004 Testing of agricultural machinery. Sowing machines. Test methods.

Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience. Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2014. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f61ed588-e2df-4188-857c-6c7ea8153097/content>

Volkodav, V. V. (ed.) (2001). Methodology of state variety testing of crops (cereal, cereal and leguminous crops). K. 69 p.

Weyers, S. L., Archer, D. W., Forcella, F., Gesch, R., & Johnson, J. M. (2018). Strip-tillage reduces productivity in organically managed grain and forage cropping systems in the Upper Midwest, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33(4), 309-321. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742170517000084>

Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Opryshko, V. P., Kostogryz, P. V. (2005). Basics of scientific research in agronomy: Textbook. K.: Diia. 288 p.

UDC 631.582

IMPROVEMENT OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF STRIP TILLAGE

Shustik L., Ph. D in Tech. Sc.

e-mail: shustik@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3718-3667>

Novokhatskyi M., Ph.D. in Agr. Sc.

e-mail: novokhatskyi@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3635-1761>

Stepchenko S.,

<https://orcid.org/0000-0003-2808-9644>

Sydorenko S.,

<https://orcid.org/0000-0001-5046-117X>

Maidanovych N., Ph. D. of Geogr. Sc.,

<https://orcid.org/0000-0002-0361-8215>

Summary

The article presents the results of studies of the strip tillage system and crop sowing in the three-field crop rotation "corn-corn-soybean", the principles of the technological process have been formed, the initial requirements for the parameters of the strips, the quality of sowing crops in the crop rotation (corn and soybeans) have been prepared, technical and technological methods have been improved the solution of sowing in strips with a significant content of plant residues and the technical and economic advantages of strip tillage are substantiated.

The purpose of the research is to substantiate the expediency, to improve the technical and technological solutions and methods of implementation of the strip tillage technology in short-rotation grain crop rotation, and to determine their effectiveness.

Methods and materials. The study of the effectiveness of strip tillage was carried out on the short-rotational crop rotation "corn-corn-soybean", with a total area of 21 hectares at the scientific research ground of L. Pogorilyy UkrNDIPVT. Agricultural machinery is generally accepted for the zone of the right-bank forest-steppe, except for the studied factors: A - tillage; B - mineral fertilizers; C is a predecessor culture. Field experiments, observations, and records were carried out according to the methods of B. Dospehov and V. Yeshchenko.

The «Belarus MTZ 1025» tractor and the 4-row «STA-4» unit were used to form the strips, which allows for the arrangement of sections, their movement along the beam of the frame for cutting strips with a row spacing of 70 cm and 90 cm and applying fertilizers to each strip. Corn was sown with a row spacing of 70 cm along the path, and soybeans (with a row spacing of 45 cm) were sown on the sides of the deep loosener pass line with a step of 90 cm.

Results. The short-rotation 3-field crop rotation "corn-corn-soybean" provides an increase in productivity with a narrow set of crops with a wide-row sowing method, which are combined in the crop rotation as good predecessors and belong to different taxonomic groups.

The effectiveness of the proposed technical-technological solutions of strip tillage and sowing compared to traditional technology is determined by the reduction of used resources due to the smaller number of technological operations, fuel consumption, and increased productivity. Indicators of the structure of the biological yield of corn proved the advantage of strip cultivation over plowing: grain yield is higher by 17-21% (depending on the year).

It is substantiated that the design parameters of the unit for forming strips should ensure the straightness of their cutting at a sufficient working speed and the preservation of unloosened strips for moving (without slipping) the wheels of the traction tractor; the seeder must ensure high-quality sowing of seeds on backgrounds with a large content of plant residues, the technological ability of

conversion to the required width of rows, which is the basis for improving the progressive direction of growing corn and soybeans in short-rotation crop rotation.

Conclusions. *Grounded prospects for the implementation of strip tillage technology in short-rotation crop rotation and the feasibility of its implementation in the forest-steppe zone of Ukraine using the example of corn and soybeans. Emphasis is placed on the sources of efficiency and the main recommendations for machine complexes for resource-saving technologies for growing grain crops in small and medium-sized farms are outlined.*

Keywords: *crop short-rotation, strip tillage, technical and technological solutions, agricultural machines, soybean, corn, productivity, crop yield.*