

РУТКЕВИЧ ВОЛОДИМИР

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-6366-7772>e-mail: v_rut@ukr.net**КАЖУРО МАКСИМ**

Вінницький національний аграрний університет

e-mail: maksakzhuro@gmail.com

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНІКИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ СИПУЧИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Розглянуто сучасний стан та перспективи розвитку технічних засобів для внесення сипучих органо-мінеральних добрив (ОМД). Проаналізовано існуючі типи обладнання для внесення мінеральних і органічних добрив, зазначено їх обмеження щодо роботи з гетерогенними сумішами органо-мінерального типу. Підкреслено нагальну потребу в розробці спеціалізованих розкидачів ОМД, здатних забезпечувати рівномірність розподілу та точність дозування з урахуванням фізико-механічних властивостей добрив. Запропоновано ключові напрями подальших інженерно-технологічних досліджень, зокрема створення інтелектуальних систем управління, використання автоматизованих платформ та впровадження енергоощадних технологій.

Отримані результати можуть бути використані для розробки ефективного обладнання нового покоління з метою підвищення ефективності удобрення та зниження екологічного навантаження в аграрному виробництві.

Ключові слова: органо-мінеральні добрива, мінеральна сировина, родючість ґрунтів, техніка, робочі органи, гідравлічний привід, продуктивність.

RUTKEVYCH VOLODYMYR, KAJURO MAXIM

Vinnytsia National Agrarian University

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE APPLICATION OF BULK ORGANO-MINERAL FERTILIZERS

The development of equipment for applying organo-mineral fertilizers is an important step in ensuring sustainable agricultural development, increasing the efficiency of fertilizer use and reducing the negative impact on the environment. Modern spreaders used for mineral fertilizers cannot work effectively with organo-mineral mixtures due to their heterogeneity, variable density and tendency to caking.

Existing problems include uneven distribution of fertilizers, the formation of lumps due to high humidity of organic components, as well as insufficient dosing accuracy. This emphasizes the need to create specialized spreaders that can accurately dose and evenly distribute organo-mineral mixtures.

Studies indicate the need to develop specialized spreaders for applying organo-mineral fertilizers that take into account their heterogeneity. One of the promising technologies is the use of precision farming systems that use moisture sensors and geoinformation technologies to accurately control fertilizer application. The current state and prospects for the development of technical means for applying loose organo-mineral fertilizers (OMD) are considered. Existing types of equipment for applying mineral and organic fertilizers are analyzed, their limitations in working with heterogeneous mixtures of organo-mineral type are noted. The urgent need for the development of specialized OMD spreaders capable of ensuring uniform distribution and accuracy of dosing, taking into account the physical and mechanical properties of fertilizers, is emphasized. Key areas of further engineering and technological research are proposed, in particular the creation of intelligent control systems, the use of automated platforms and the introduction of energy-saving technologies.

The results obtained can be used to develop effective new generation equipment to increase the efficiency of fertilization and reduce the environmental load in agricultural production.

Keywords: organo-mineral fertilizers, mineral raw materials, soil fertility, equipment, working bodies, hydraulic drive, productivity.

Стаття надійшла до редакції / Received 08.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 06.06.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Забезпечення ґрунтів достатньою кількістю поживних речовин є однією з головних передумов сталого сільськогосподарського виробництва. Проте в сучасних реаліях українського аграрного сектору постає низка проблем, що знижують ефективність традиційних підходів до удобрення. Зокрема, стрімке зростання вартості мінеральних добрив на світових ринках, поглиблення дефіциту органічної сировини внаслідок скорочення поголів'я худоби, а також потреба в екологізації землеробства [1, 2].

Органо-мінеральні добрива (ОМД), які поєднують органічні та мінеральні компоненти, розглядаються як перспективна альтернатива. Їх застосування дозволяє не лише зменшити витрати на живлення рослин, але й підвищити ефективність використання поживних речовин, відновити родючість ґрунтів та забезпечити стабільність агроєкосистем [3, 4].

Разом із поширенням ОМД постає питання технічного забезпечення їх ефективного використання. Більшість існуючих технологічних рішень орієнтовані або на використання класичних технічних засобів для внесення мінеральних добрив, або на внесення традиційної органіки. Натомість, органо-мінеральні добрива як комбіновані агрохімічні продукти вимагають спеціалізованого підходу до їх приготування, змішування, гранулювання, транспортування та внесення. Це зумовлює потребу у розробці нового типу обладнання,

здатного забезпечити стабільність складу, однорідність фракцій і контроль вологісних характеристик, що є критично важливими для забезпечення якісного внесення [5, 6].

Крім того, внесення сипучих ОМД потребує високоточної техніки, яка здатна враховувати їхню змінну щільність, гігроскопічність та нерівномірну гранулометрію [4]. Стандартні розкидачі мінеральних добрив часто виявляються неефективними при роботі з органо-мінеральними сумішами через надмірне розпорошення, залипання або нерівномірність подачі. Отже, виникає об'єктивна потреба у створенні спеціалізованих машин нового покоління: як для приготування та змішування сипучих ОМД, так і для їх точного внесення у ґрунт, з урахуванням агрофізичних властивостей добрив та вимог до рівномірності розподілу.

Така техніка повинна відповідати принципам ресурсозбереження, автоматизованого управління, бути сумісною із сучасними системами точного землеробства, а також забезпечувати мінімальні втрати поживних речовин при зберіганні та внесенні. У зв'язку з цим актуальним напрямом науково-технічних досліджень є розробка адаптивних технологічних комплексів, що об'єднують функції змішування, кондиціонування та агротехнічно обґрунтованого внесення ОМД відповідно до потреб конкретного ґрунтового-кліматичного середовища.

Аналіз досліджень та публікацій

Цінове співвідношення між мінеральними добривами та сільськогосподарською продукцією істотно впливає на рентабельність вирощування культур в Україні. У 2024–2025 роках середня вартість 1 тонни комплексного добрива (наприклад, NPK 16:16:16) становила понад 25–28 тис. грн, тоді як ціна 1 тонни продовольчої пшениці або сої коливалась у межах 9–14 тис. грн [2, 4]. Таким чином, вартість добрива інколи перевищує прибуток від реалізації врожаю з відповідної площі.

Використання ОМД дозволяє скоротити витрати на добрива за рахунок часткового заміщення дорогих мінеральних компонентів органічною сировиною або дешевшими місцевими мінералами, зберігаючи при цьому агрономічну ефективність.

Скорочення поголів'я великої рогатої худоби та свиней у більшості регіонів України призвело до системного дефіциту органічних добрив. У Вінницькій області, попри історично потужну базу тваринництва, сучасний рівень виробництва гною не задовольняє потреб агровиробників. Органічна маса з відходів рослинництва (солома, сидерати) використовується не системно та має обмежений вплив на вміст гумусу в ґрунтах.

Поширення органо-мінеральних добрив (ОМД) стало важливою тенденцією у сучасному аграрному виробництві, що підтверджується численними науковими дослідженнями. Зокрема, публікації, присвячені комбінованим добривам, зазначають, що їх застосування сприяє не лише підвищенню родючості ґрунтів, але й екологічному відновленню агроєкосистем [7]. ОМД поєднують позитивні характеристики як органічних, так і мінеральних складових, що дозволяє отримати комплексний ефект: органічна складова покращує структуру ґрунту і сприяє відновленню гумусного шару, а мінеральні компоненти забезпечують швидке постачання поживних речовин рослинам [8].

Сучасні дослідження також підтверджують, що комбіновані добрива можуть знизити витрати на традиційні мінеральні добрива, що в умовах високих цін на останні стає важливим економічним чинником для фермерів [3]. Однак на практиці застосування ОМД стикається з низкою технічних обмежень, пов'язаних з їх фізико-хімічними властивостями, зокрема гетерогенністю складу та змінною щільністю.

Аналіз наявних наукових робіт вказує на те, що існуючі технічні засоби для внесення мінеральних добрив часто є неефективними при роботі з органо-мінеральними сумішами. Існуючі розкидачі, здебільшого орієнтовані на рівномірне внесення мінеральних добрив з однорідною структурою, не здатні враховувати особливості ОМД, що мають різну гранулометрію, вологоутримання та гігроскопічність. Зокрема, в публікаціях, присвячених аналізу технічного забезпечення сільського господарства, відзначено, що традиційні розкидачі для мінеральних добрив не можуть адаптуватися до різноманітних фізичних характеристик органо-мінеральних сумішей, що знижує ефективність їх внесення [4].

Ряд досліджень, таких як робота [9], вказують на те, що наявність органічних компонентів в ОМД створює складнощі через схильність до злежування або утворення грудок, що порушує рівномірний розподіл добрив і призводить до недостатнього або надмірного внесення поживних елементів на полях, що в свою чергу, призводить до втрат продуктивності та економічних збитків.

Більше того, існуючі механізми дозування, які використовуються в традиційних розкидачах, не дозволяють зберігати стабільність складу ОМД через нерівномірне перемішування органічних і мінеральних компонентів, що також позначається на якості внесення. Така ситуація вимагає створення нових технологічних рішень, що дозволяють враховувати специфіку органо-мінеральних добрив при їх внесенні, забезпечуючи їх рівномірний розподіл і мінімальні втрати поживних речовин [7, 8].

Дослідження вказують на необхідність розробки спеціалізованих розкидачів для внесення органо-мінеральних добрив, що враховують їх гетерогенність. У публікаціях, присвячених сучасним інноваціям у техніці внесення добрив, відзначається важливість систем точного дозування, що здатні адаптуватися до різної щільності та вологості матеріалів [10]. Система точного дозування дозволяє забезпечити рівномірне внесення добрив по всій площі, що має важливе значення для досягнення високих урожаїв і збереження родючості ґрунтів.

Однією з перспективних технологій є використання систем прецизійного землеробства, які використовують датчики вологості та геоінформаційні технології для точного контролю за внесенням добрив [10]. Така техніка дає змогу не лише зменшити витрати на добрива, але й знизити екологічний вплив на довкілля, забезпечуючи рівномірний розподіл поживних елементів та мінімальні втрати азоту, фосфору та калію.

Таким чином, вивчення наукових публікацій та технологічних розробок свідчить про високий потенціал використання органо-мінеральних добрив у сучасному сільському господарстві. Однак невідповідність існуючих технологій внесення цих добрив їх фізико-хімічним властивостям є суттєвою перешкодою для ефективного їх застосування. Для забезпечення оптимального використання ОМД необхідно розробити спеціалізовані технічні рішення, що відповідають вимогам сучасного аграрного виробництва, включаючи системи точного дозування, адаптивні розкидачі та технології прецизійного землеробства.

Сучасні дослідження підтверджують необхідність інноваційних розробок в галузі техніки для внесення добрив, що дозволить знизити витрати на мінеральні добрива, покращити ефективність використання органічних ресурсів і забезпечити сталий розвиток агроєкосистем.

Виклад основного матеріалу

Існує велика кількість техніки для внесення мінеральних та органічних добрив, що використовуються в сільському господарстві для покращення родючості ґрунтів і забезпечення високих врожаїв [11-14]. Сучасні технології внесення добрив дозволяють ефективно розподіляти як мінеральні, так і органічні добрива, що є основою для сталого розвитку агропромислового виробництва. Зокрема, для внесення мінеральних добрив найпоширенішими є різноманітні розкидачі, пневматичні системи та посівні комплекси (рис.1), а для органічних добрив – мобільні кузовні розкидачі (рис. 2). Провідні світові виробники агротехніки займаються розробкою і виробництвом спеціалізованих машин для внесення добрив. Серед них можна відзначити такі компанії, як: John Deere, Kuhn, Amazone, Sully, Fendt та Claas [12].

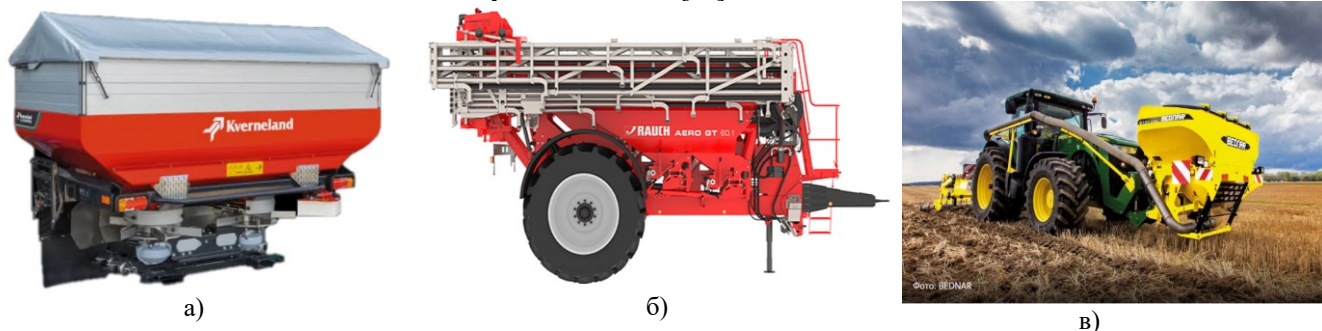


Рис. 1. Розкидачі мінеральних добрив: а) розкидач мінеральних добрив Kverneland CL GEOSpread; б) пневматичний розкидач добрив Rauch AERO GT 60.1; в) посівний комплекс BEDNAR FertiBox



Рис. 2. Розкидачі органічних добрив: а) з вертикальними лопатевими валами; б) горизонтальними лопатевими валами; в) з ланцюгово-молотковим розкидним пристроєм

У багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні, використовують розкидачі мінеральних добрив з робочими органами у вигляді розкидних дисків (рис. 3), змонтованих на вертикальній осі повороту, які здійснюють обертання та викидання добрив під дією відцентрової сили, але у горизонтальних робочих органах є істотний недолік: при збільшенні кількості поданих мінеральних добрив, воно не встигає досягти поверхні лопаток і сходить прямо з диска, не прискорившись до необхідної швидкості. В результаті відбувається розсіпання мінеральних добрив в безпосередній близькості від диска, тим самим збільшується нерівномірність розподілу та витрату матеріалу. Удосконалення даних розкидних дисків призводить до значного ускладнення конструкції та необхідності використання великої кількості приводних механізмів.

Більше 90 % машин для внесення мінеральних добрив та хімічних меліорантів, які пропонуються на ринках провідних країн світу, обладнані дисковими відцентровими робочими органами [14].

Пневматичні штангові машини для внесення мінеральних добрив мають кілька суттєвих недоліків. По-перше, вони енергоємні – потребують потужних компресорів, що підвищує витрати пального. По-друге, чутливі до погодних умов: вітер і вологість знижують точність внесення. Також вони складні в обслуговуванні через наявність вентиляторів, повітропроводів і дозаторів, які потребують регулярного очищення.

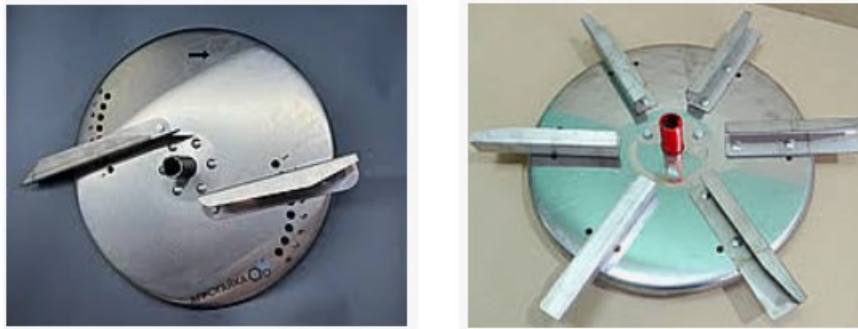


Рис. 3. Диски розкидача мінеральних добрив

Іншим недоліком є нерівномірне внесення при зміні швидкості руху. Окрім того, не всі типи добрив підходять для пневматичної подачі – важкі або нерівномірні гранули можуть засмічувати систему. Додатково слід враховувати високу вартість такої техніки у порівнянні з механічними розкидачами.

Локальне внесення мінеральних добрив має кілька суттєвих недоліків:

- значне ускладнення конструкції робочих органів;
- неможливість використання машин для локального внесення на інших сільськогосподарських операціях;
- підвищені вимоги до попередньої підготовки поля.

Найбільш доступним способом внесення є поверхневий, із застосуванням кузовних розкидачів [11, 14]. Переваги кузовних розкидачів полягають у простоті конструкції кузова і робочих органів та невисокої вартості. Крім того, дані розкидачі можна застосовувати в інших сільськогосподарських і не тільки операціях, наприклад як причепи для транспортування різних матеріалів.

Більшість розкидачів органічних добрив обладнано двома типами розкидних пристроїв – із вертикальними та горизонтальними лопатевими валами. Горизонтальний тип складається з подрібнювального і розкидного барабанів, які обертаються у вальникових вузлах, установлених на бокових стійках.

Вертикально розташований розкидний пристрій складається із двох або чотирьох паралельно встановлених під кутом нахилу 75° до платформи транспортера розкидних барабанів. Барабани обертаються у вальникових вузлах, що закріплені на рамі.

Розкидачі з горизонтальними одно-або дворядними лопатевими валами застосовують на розкиданні гною, що отримують після використання солом'яної підстилки.

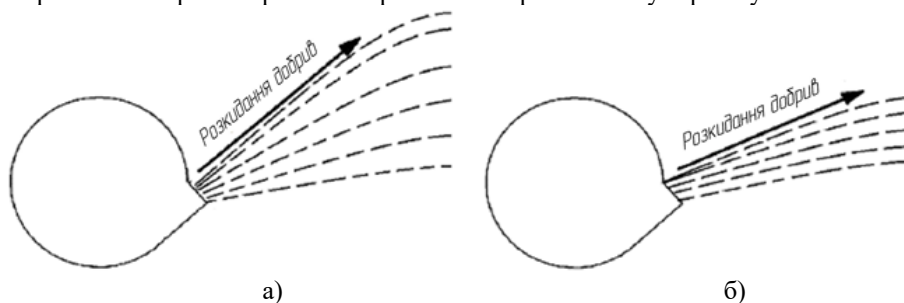
Ефективними для внесення сипучих органічних і органо-мінеральних добрив вважаються агрегати, оснащені бічними розкидачами з ланцюгово-молотковим розкидним механізмом (рис. 2 в). Цей механізм складається з роторного вала, на який закріплені масивні наконечники, змонтовані на ланцюгах. Під час роботи вал обертається з частотою близько 240 об/хв, що забезпечує інтенсивне подрібнення добрива та його рівномірне розсіювання по поверхні ґрунту.

Таке технічне рішення особливо ефективне при роботі з вологими, неоднорідними або злежаними матеріалами, з якими важко впоратися традиційним розкидачам. Завдяки поєднанню функцій подрібнення, перемішування і розподілу, цей тип обладнання є перспективною основою для модернізації техніки, призначеної для внесення органо-мінеральних добрив.

Недоліком даного роторного робочого органу на горизонтальній осі обертання є неможливість роботи у вітряну погоду через малу щільність потоку добрив, що викидається. (рис.4). Частки різної маси, що виштовхуються лопатками, мають різну траєкторію польоту, що сприяє утворенню нещільного широкого вертикального в'яла частинок (рис. 4 а).

У процесі розподілу мінеральних добрив формується широкий вертикальний потік частинок, що є характерним для матеріалів з малою масою або однорідною фракційною структурою. Такий тип розподілу сприяє рівномірному покриттю поверхні ґрунту, проте є більш чутливим до впливу вітрових навантажень.

При вузькому потоці спостерігається зосередження частинок у вузькому вертикальному секторі. Це може бути зумовлено більшою масою гранул, зниженою швидкістю подачі або меншою інтенсивністю повітряного потоку. Такий характер розподілу забезпечує більшу щільність внесення на обмеженій площі, але водночас може спричинити нерівномірність покриття по ширині захвату агрегату.

Рис. 4.Схема вертикального в'ялового розподілу частинок добрива:
а) – широке в'яло частинок; б) – вузьке в'яло частинок

Використання пневмомеханічних робочих органів, з горизонтальною віссю є ефективним, за винятком хаотичності траєкторії польоту викинутих частинок. Необхідно домогтися ущільнення та усунення віяла потоку, що викидається, шляхом зміни форми лопаток роторного робочого органа або використання пристрою для коригування траєкторії.

Попри розвиток і існування великої кількості техніки для внесення традиційних мінеральних і органічних добрив, існує нагальна потреба у створенні розкидачів для органо-мінеральних добрив. Органо-мінеральні добрива, що поєднують органічні компоненти (торф, компост, біогумус) і мінеральні солі, мають унікальні властивості, такі як гетерогенність складу, змінна щільність і вологість, що вимагає специфічних підходів до їх внесення. Існуючі розкидачі, призначені для внесення мінеральних добрив, не завжди здатні ефективно працювати з такими сумішами, оскільки механізми дозування і розподілу не адаптовані до такої різноманітної текстури і вологості.

Перспективи розвитку розкидачів органо-мінеральних сипучих добрив є важливим аспектом для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та забезпечення сталого агрономічного процесу. Існуючі розкидачі, призначені для внесення мінеральних добрив, часто не відповідають вимогам для роботи з органо-мінеральними сумішами через їхню гетерогенність, різноманітність фізичних властивостей та мінливу вологість. Тому створення нових, спеціалізованих розкидачів для органо-мінеральних добрив є ключовим напрямом у розвитку агротехнічної техніки.

Перш за все, сучасні розкидачі повинні бути оснащені системами, які забезпечують точне дозування та рівномірний розподіл добрив, враховуючи їх різноманітний склад. Це важливо для уникнення надлишкового внесення добрив на окремих ділянках і забезпечення необхідного рівня поживних речовин для рослин. Одним з перспективних напрямів є інтеграція інтелектуальних систем управління, які дозволяють автоматично налаштовувати параметри роботи розкидача залежно від зміни умов на полі. Вони можуть включати датчики вологості ґрунту, сенсори, що визначають склад добрив, а також GPS-системи для точного позиціонування техніки на полі [15].

Другим важливим аспектом є забезпечення рівномірності внесення добрив. Органо-мінеральні суміші мають різний розмір часток і можуть мати підвищену вологість, що спричиняє їх злежування. Для цього потрібні вдосконалені механізми подачі і транспортування добрив, здатні забезпечити їх безперешкодне подання до дозуючих систем без утворення грудок або закупорок. Використання пневматичних систем подачі або роторних механізмів з високим рівнем адаптації до різних матеріалів дозволить досягти необхідної ефективності внесення.

Важливим напрямом розвитку є створення розкидачів, які працюють за принципом мінімального внесення добрив. Це дозволить зменшити витрати на добрива та знизити екологічний вплив, зокрема, зменшити втрати через випаровування або вимивання. Технології, що базуються на диференційованому внесенні, коли добрива подаються тільки в ті місця поля, де їх найбільше потребує культура, допоможуть знизити загальний обсяг витрачених ресурсів, покращивши ефективність сільськогосподарських процесів.

Зважаючи на зростаючі вимоги до екологічної безпеки, особливу увагу слід приділяти контролю за витратами добрив та їх мінімізацією для зменшення забруднення навколишнього середовища. Інтеграція систем моніторингу і планування внесення добрив, що враховують агрономічні дані в реальному часі, дозволить значно знизити негативний вплив на довкілля, оптимізуючи процес внесення добрив.

В майбутньому розробка розкидачів органо-мінеральних добрив буде спрямована на інтеграцію з системами точного землеробства, що дозволяють автоматично коригувати параметри внесення на основі аналізу даних, отриманих від агрономічних датчиків, а також на розширену автоматизацію та роботизацію. Це дозволить значно підвищити точність і ефективність процесу внесення, а також знизити трудозатрати при одночасному покращенні якості обробітку ґрунтів і зростанні врожайності.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Розвиток техніки для внесення органо-мінеральних добрив є важливим етапом у забезпеченні сталого розвитку сільського господарства, підвищенні ефективності використання добрив і зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище. Сучасні розкидачі, що використовуються для мінеральних добрив, не можуть ефективно працювати з органо-мінеральними сумішами через їх гетерогенність, змінну щільність і схильність до злежування.

Існуючі проблеми включають нерівномірність розподілу добрив, утворення грудок через високу вологість органічних компонентів, а також недостатню точність дозування. Це підкреслює необхідність створення спеціалізованих розкидачів, які зможуть точно дозувати і рівномірно розподіляти органо-мінеральні суміші.

Основні напрямки для вдосконалення техніки включають розробку високоточних дозуючих систем, інтеграцію технологій точного землеробства, екологічно безпечні методи внесення добрив, а також автоматизацію і роботизацію процесу. Створення розкидачів, що враховують особливості органо-мінеральних добрив, дозволить не лише знизити витрати на добрива, а й покращити якість ґрунтів і забезпечити сталий розвиток аграрного виробництва.

Подальші дослідження повинні зосереджуватись на розробці нових матеріалів для виготовлення розкидачів, підвищенні енергоефективності техніки, а також впровадженні інтелектуальних систем управління для точного внесення добрив на основі реальних умов поля. Розвиток цих технологій дозволить

зменшити витрати на добрива, підвищити ефективність їх використання та зберегти екологічну рівновагу в аграрному секторі.

Література

1. Шмат С. І. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом [Електронний Ресурс] / С. І. Шмат, П. Г. Лузан, С. В. Колісник // КНТУ. – 2010. Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
2. Ціни на мінеральні добрива в 2023 році [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ukragroconsult.com/fertilizers-price/>
3. Регенерація ґрунтів шляхом використання вторинної сировини та природних мінералів. – К.: Інформаційний вісник Федерації органічного руху України. №5. 2007. – с. 6-7.
4. Гаврилюк В.А. Органо-мінеральні добрива – комплексне вирішення використання сировинних ресурсів / В.А. Гаврилюк, С.М. Демчук// Агроєкологічний журнал. – 2013. – №4. С. 78-81.
5. Кравчук В. Інтегрована система керованого землеробства – необхідний засіб новітніх технологій / В. Кравчук, С. Любченко, В. Войновський // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 7(10). – С. 14-16.
6. Кравчук В. Прогноз розвитку технологій виробництва продукції рослинництва з використанням інформаційно-керуючих засобів / В. Кравчук, С. Любченко// Техніка і технології АПК. – 2010. – № 4(7). С. 4–5.
7. Скрильник Є.В. Перспективи і напрямки виробництва та застосування органо-мінеральних добрив і біостимуляторів в землеробстві України. / Є.В. Скрильник, О.О. Бацула, Р.А. Розумна// Вісник аграрної науки Південного регіону. – 2000. – Вип.1. С. 223-228.
8. Вплив вторинної продукції рослинництва та органо-мінеральних біоактивних добрив на врожайність сільськогосподарських культур / С. Е. Дегодюк, О. І. Вітвицька, С. З. Гурельчук та ін. // Землеробство : міжвід. темат. наук. зб. – 2004. – Вип. 76. – С. 15–23.
9. Органо-мінеральні біоактивні добрива – перспектива для відтворення родючості ґрунтів / С.Е. Дегодюк, Е.Г. Дегодюк, О.І. Вітвицька [та ін.] // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2010. – Кн. 1. – С. 39-45.
10. Дегодюк С.Е., Дегодюк Е.Г., Бондар Є.А. та ін. Рациональне застосування органо-мінеральних біоактивних добрив у землеробстві: рекомендації. Дегодюк Е.Г. / за ред. Дишлюка В.Є. Київ: Аграрна наука, 2013. 36 с.
11. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка; підручник – Київ: Агроосвіта, 2015. – С. 166-185.
12. Руткевич В.С. Розроблення висівної системи посівного комплексу для внутрішньо-ґрунтового диференційованого мінерального удобрення з одночасною сівбою зернових культур / В. Руткевич, В. Остапенко // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. – 2024. – № 1 (330). – С. 264–270.
13. Руткевич В.С. Визначення діапазону регулювання швидкості робочих органів механізму для відокремлення стеблових кормів шляхом математичного моделювання / В.С. Руткевич, С.А. Шаргородський, В.П. Кушнір, О.О. Остапчук // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2022. – №2(117). С. 135–145.
14. Думич В. Машини для внесення твердих мінеральних добрив / В. Думич, М. Мазурак, В. Наріз // Агробізнес Сьогодні. – 2019. – № 8. – С. 126.
15. Концепція розвитку точного землеробства в Україні. Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського". Колектив авторів. Харків, Видав. Міськдрук, 2010. 36 с.
16. Гаврилюк В. А., Демчук С. М. Органо-мінеральні добрива – комплексне вирішення використання сировинних ресурсів. Агроєкологічний журнал. 2013. № 4. С. 78–81. Кравчук В. Інтегрована система керованого землеробства – необхідний засіб новітніх технологій / В. Кравчук, С. Любченко, В. Войновський // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 7(10). – С. 14-16. Думич В. Пристрої для диференційного внесення мінеральних добрив / В. Думич, Р. Лейко, В. Лев // Агробізнес Сьогодні. – 2017. – № 7. – С. 96–100. Думич В. Машини для внесення твердих мінеральних добрив / В. Думич, М. Мазурак, В. Наріз // Агробізнес Сьогодні. – 2019. – № 8. – С. 126.

References

1. Shmat S. I. Tendentsii staloho rozvytku suchasnoho silskohospodarskoho mashynobuduvannya v Ukraini i za rubezhem [Elektronnyi Resurs] / S. I. Shmat, P. H. Luzan, S. V. Kolisnyk // KNTU. – 2010. Rezhym dostupu: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4971>
2. Tsiny na mineralni dobryva v 2023 rotsi [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu do resursu: <https://ukragroconsult.com/fertilizers-price/>
3. Reheneratsiia gruntiv shliakhom vykorystannia vtorynnoi syrovyny ta pryrodnykh mineraliv. – K.: Informatsiinyi visnyk Federatsii orhanichnoho rukhu Ukrainy, №5, 2007. – s. 6-7.
4. Havryliuk V.A. Orhano-mineralni dobryva – kompleksne vyryshennia vykorystannia syrovynnykh resursiv / V.A. Havryliuk, S.M. Demchuk// Ahroekolohichnyi zhurnal. – 2013. – №4. S. 78-81.
5. Kravchuk V. Intehrovana systema kervanoho zemlerobstva – neobkhdnyi zasib novitnikh tekhnolohii / V. Kravchuk, S. Liubchenko, V. Voinovskyi // Tekhnika i tekhnolohii APK. – 2010. – № 7(10). – S. 14-16.

6. Kravchuk V. Prohnoz rozvytku tekhnolohii vyrobnytstva produktsii roslynnytstva z vykorystanniam informatsiino-keruiuchykh zasobiv / V. Kravchuk, S. Liubchenko // Tekhnika i tekhnolohii APK. – 2010. – № 4(7). S. 4–5.
7. Ckrylnyk Ye.V. Perspektyvy i napriamky vyrobnytstva ta zastosuvannia orhano-mineralnykh dobryv i biostemulatoriv v zemlerobstvi Ukrainy. / Ye.V. Skrylnyk, O.O. Batsula, R.A. Rozumna // Visnyk ahraimoi nauky Pivdennoho rehionu. – 2000. – Vyp.1. S. 223–228.
8. Vplyv vtorynnoi produktsii roslynnytstva ta orhano-mineralnykh bioaktyvnykh dobryv na vrozhaunist silskohospodarskykh kultur / S. E. Dehodiuk, O. I. Vitvytska, S. Z. Hurelchuk ta in. // Zemlerobstvo : mizhvid. temat. nauk. zb. – 2004. – Vyp. 76. – S. 15–23.
9. Orhano-mineralni bioaktyvni dobryva – perspektyva dlia vidtvorennia rodiuchosti gruntiv / S.E. Dehodiuk, E.H. Dehodiuk, O.I. Vitvytska [ta in.] // Ahrokhimiia i gruntoznavstvo. – 2010. – Kn. 1. – C. 39–45.
10. Dehodiuk S.E., Dehodiuk E.H., Bondar Ye.A. ta in. Ratsionalne zastosuvannia orhano-mineralnykh bioaktyvnykh dobryv u zemlerobstvi: rekomendatsii. Dehodiuk E.H. / za red. Dyshliuka V.Ie. Kyiv: Ahrama nauka, 2013. 36 s.
11. Voitiuk D.H. Silskohospodarski mashyny / D.H. Voitiuk, L.V. Aniskevych, V.V. Ishchenko ta in.; za red. D.H. Voitiuka; pidruchnyk – Kyiv: Ahroosvita, 2015. – S. 166–185.
12. Rutkevych V.S. Rozroblennia vysivnoi systemy posivnoho kompleksu dlia vnutrishno-hruntovoho dyferentsiiovanoho mineralnogo udobrennia z odnchasnoiu sivboiu zernovykh kultur / V. Rutkevych, V. Ostapenko // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. Seriya: tekhnichni nauky. – 2024. – № 1 (330). – C. 264–270.
13. Rutkevych V.S. Vyznachennia diapazonu rehuliuвання shvydkosti robochykh orhaniv mekhanizmu dlia vidokremlennia steblovykh kormiv shliakhom matematychnoho modeliuvannia / V.S. Rutkevych, S.A. Sharhorodskiy, V.P. Kushnir, O.O. Ostapchuk // Tekhnika, enerhetyka, transport APK. – 2022. – №2(117). C. 135–145.
14. Dumych V. Mashyny dlia vnesennia tverdykh mindobryv / V. Dumych, M. Mazurak, V. Nariz // Ahrobiznes Sohodni. – 2019. – № 8. – S. 126.
15. Kontsepsiia rozvytku tochnoho zemlerobstva v Ukraini. Natsionalnyi naukovyi tsentr "Instytut hruntoznavstva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho". Kolektyv avtoriv. Kharkiv, Vydav. Miskdruk, 2010. 36 s.