

УДК 631.3:528.8:681.518

Броварець О., канд. техн. наук, доцент (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Диференційоване внесення технологічного матеріалу

У статті наведено методику та особливості побудови пристрою для реалізації технології диференційованого внесення технологічного матеріалу в ґрунт. Ця технологія дозволяє на основі уточнених даних агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, отриманих з використанням інформаційно-технічних систем моніторингу, оцінити стан сільськогосподарських угідь та визначити стратегію керування агробіологічним потенціалом поля.

Ключові слова: диференційоване внесення, технологічний матеріал.

Суть проблеми. Проблема збереження родючості ґрунтів в Україні стає з кожним роком все актуальнішою через нераціональне внесення органічних та мінеральних добрив. Гостро виражений дефіцитний баланс азоту, фосфору і калію в ґрунті негативно впливає на родючість ґрунту та урожайність сільськогосподарських культур. В таких умовах важливим чинником стає якість внесення добрив та використання засобів хімізації (вапнування, гіпсування). Основним засобом інтенсифікації сучасного землеробства є мінеральні добрива [1-5].

Оцінювання балансу поживних речовин у землеробстві окремого господарства – це основа для розроблення правильної системи удобрення культур у сівозмінах. Вивчення надходження в ґрунт і витрат поживних речовин дає можливість контролювати їх колообіг у господарстві.

Аналіз останніх досліджень. Агрохімічна наука нараховує значну кількість фундаментальних розробок, упровадження яких з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і особливостей агротехніки створює необхідні передумови для підвищення родючості ґрунтів і одержання стабільних високих врожаїв належної якості із збереженням і поліпшенням навколишнього середовища [1-10].

Одним із факторів збереження родючості ґрунтів є внесення мінеральних добрив з різноманітним розподілом їх у рядках туковисівними апаратами.

Ефективності внесення мінеральних добрив досягають застосуванням більш досконалих машин, впровадженням нових технологічних схем і правильною організацією робіт.

На сьогодні розроблено різні конструкції туковисівних машин для внесення технологічного матеріалу (мінеральних добрив, органічних добрив, насіння, біологічно активних добавок). Основними робочими органами машин для внесення добрив є дозувальні апарати та розкидальні пристрої.

У сучасному сільськогосподарському виробництві найбільш прогресивним способом, що дає змогу не лише підвищити врожайність сільськогосподарських культур, але й зменшити техногенний тиск на довкілля, є система органічного землеробства. Одним з аспектів такої системи землеробства є впровадження нових

видів добрив, серед яких особливою ефективністю відрізняються біологічно активні добрива (БАД). Для досягнення високих результатів система органічного землеробства передбачає застосування диференційованого внесення БАД.

Аналіз конструкції пристроїв для транспортування сипких матеріалів показує, що найбільш перспективним для багатьох випадків виробництва є пружинно-транспортуючі робочі органи [3, 5]. Основні сфери їх застосування – це переміщення, дозування, розподіл і т. ін. Пружинно-транспортуючий робочий орган характеризується гнучкістю, роботою без утворення пилу під час переміщення сипких матеріалів, відсутністю складних передавальних механізмів до робочого органа (пружини), малою металомісткістю, можливістю приведення робочого органа від будь-яких джерел енергії, придатністю його до встановлення на агрегати як стаціонарного, так і мобільного варіантів тощо.

Компонування технічних засобів з пружинно-транспортуючими робочими органами не потребує точних і складних технологій виготовлення і монтажу, що дозволяє широко використовувати існуючу матеріально-технічну базу АПК.

Шнекові туковисівні апарати майже три десятиріччя застосовують на вітчизняних просапних комбінованих сівалках. Вони, в порівнянні з іншими апаратами, найбільш придатні для виконання поставлених вимог. Проте в теорії і практиці до кінця не вирішені питання щодо якості і рівномірності розподілу мінеральних добрив у рядках, зменшення зусилля дії робочих органів на туки, їх розпушення і збереження цілісності. Туковисівні апарати широко використовують у сільськогосподарському виробництві також для транспортування, дозування, змішування, пресування, подрібнення, калібрування технологічного матеріалу тощо.

Таким чином, розроблено безліч конструкцій для забезпечення належної ефективності виконання технологічної операції – внесення добрив. Відомі пристрої і обладнання не здатні забезпечити якісне диференційоване внесення технологічного матеріалу під просапні культури та їх підживлення за прийнятних техніко-економічних показників. Тому розроблення туковисівного апарата для диференційованого внесення технологічного матеріалу є актуальним для сіль-

ського господарства України.

Мета дослідження – розробити методику та обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри пристрою для диференційованого внесення технологічного матеріалу та режими його роботи.

Виклад основного матеріалу. Після внесення органічних і мінеральних добрив змінюється кількість і співвідношення поживних речовин у ґрунті, зокрема фосфору. Щоб визначити стан використання добрив у господарстві з огляду на урожайність культур, баланс поживних речовин у землеробстві господарства необхідно вивчати в динаміці за тривалі періоди. За балансовими розрахунками поживних речовин протягом кількох років можна встановити, як змінюються окремі надходження та визначити їх частку в загальному балансі.

Для реалізації технології диференційованого внесення технологічного матеріалу необхідно визначити дози його внесення. Розрахунок доз добрив на заплановану врожайність починають з визначення її рівня у конкретних умовах, враховуючи врожайність за природної родючості ґрунту та можливий її приріст від внесення добрив. Дози мінеральних добрив розраховують з огляду на рекомендовані норми органічних добрив, зволоження за середнього рівня забезпеченості ґрунту рухомими формами елементів живлення.

Визначити норми внесення мінеральних добрив можна, скориставшись даними агрохімічного аналізу ґрунту конкретного поля, показниками забезпеченості ґрунту елементами живлення та нормативної потреби за формулою:

$$D = Y_n \cdot H_n \cdot K \quad (1)$$

де D – річна норма діючої речовини азоту, фосфору, калію з розрахунку на планову врожайність, кг/га діючої речовини, $\frac{кг}{га}$;

Y_n – прогнозована врожайність насінників, $\frac{ц}{га}$;

H_n – нормативна потреба у повних елементах на 1 ц насінників на фоні 30 т/га гною, кг/га діючої речовини, $\frac{кг}{га}$;

K – поправочний коефіцієнт на внесення поживних елементів з додатковою нормою (понад 30 т/га) гною, кг/га діючої речовини.

Повну річну норму внесення азотних, фосфорних і калійних добрив можна також розраховувати балансним методом за формулою:

$$D = \frac{(100 \cdot B \cdot Y_n) - (30 \cdot P_n \cdot K_n) - H_{од} \cdot P_{од} \cdot K_{од}}{K_{дд}} \cdot 10 \quad (2)$$

де D – річна розрахункова доза азоту, фосфору або калію на запланований урожай насінників, кг/га діючої речовини;

B – винесення елементу живлення на 1 тону врожаю коренеплодів, кг;

Y_n – планова врожайність коренеплодів, т/га;

P_n – вміст рухомих форм елемента живлення, мг на 100 г ґрунту;

$P_{од}$ – вміст рухомих форм елемента живлення в органічних добривах, %;

30 – постійний перерахунковий коефіцієнт;

$H_{од}$ – доза запланованого внесення органічних добрив, т/га;

$K_n, K_{од}, K_{дд}$ – коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту (органічних та мінеральних добрив).

Обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів туковисівного апарату для внесення технологічного матеріалу

Туковисівний апарат удосконаленої конструкції (рис. 1) виконано у вигляді бункера, в якому розмішені мінеральні добрива (туки) 2. В його нижній частині на підшипниках встановлено приводний вал 3 дозатора, який виконано у вигляді лівого 4 і правого 5 шнеків.

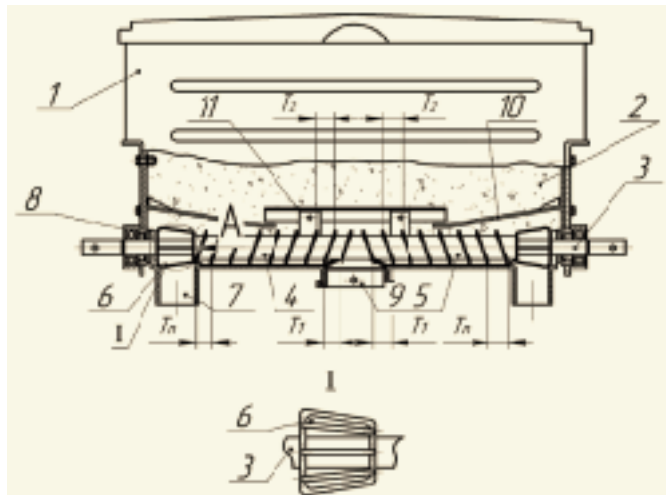


Рис. 1 – Туковисівний апарат удосконаленої конструкції.

Причому кроки шнеків 4 і 5 в міру переміщення від центра збільшуються $T_1 < T_2 < T_n$, що сприяє покращенню умов транспортування, розпушення і неподібнення туків, зменшення зусилля дії робочих органів на частинки туків під час їх внесення. На лівому і правому кінцях приводного вала 3 з двох сторін жорстко встановлені порожнисті ворушилки 6, виконані у вигляді бочкоподібних дротяних конструкцій. Діаметр бочки збільшений до кінця приводного вала. Причому зі сторони подачі туків ліві 4 і праві 5 шнеки мають зовнішні діаметри більші, ніж зовнішні діаметри подавальних шнеків. Бочкоподібна ворушилка 6 створює зону вільного скоочування гранул туків 2 вниз у дозувальну лійку 7 і в туковисівний провід (на кресленні не показано) із зонами вільного просипання туків різних розмірів діаметрами 1,2-6 мм через вікна дротяних ворушилок.

Бочкоподібні ворушилки жорстко закріплені до приводного вала 3 з можливістю вільного провертання їх в просторі дозувальної лійки 7 в підшипниках 8.

Туковисівний апарат працює таким чином: під час обертання вала 3 шнеки 4 і 5 переміщують туки від середини бункера до дозувальних лійок 7, де вони попадають на обертову бочкоподібну ворушилку 6 і через вікна різних розмірів просіюються, далі в розпушеному стані надходять в тукопроводи (на кресленні не показані) і в ґрунт неподібненими.

У дні бункера 1 вимонтовано оглядове вікно 9, яке

відкривається у разі потреби ремонту чи огляду.

З тим щоб запобігти ущільненню туків у зоні вивантаження і зменшити зусилля дії робочих органів на частинки туків, у нижній частині бункера 1 виконані захисні полицки: дві крайні 10 з двох кінців шнеків 4 і 5 і центральна 11, яка розміщена посередині довжини бункера.

Маса добрив (m), що її виносить шнек в одну лійку, становить:

$$m = F \cdot \varphi_a \cdot \gamma_a \cdot 10^{-6} \quad (3)$$

де F – площа перерізу добрив, що їх виносить шнек, мм^2 ; φ_a – швидкість руху добрив, мм/с ; γ_a – об'ємна маса добрив, г/дм^3 .

Коефіцієнт винесення добрив у лійку визначають за формулою:

$$K_a = \frac{m}{m_T} \quad (4)$$

де m_T – маса добрив, яка повинна висіятись у лійку туковисівного апарата за осьової швидкості витків шнека.

Таблиця 1

Параметри туковисівного апарата

№ п/п	Показник	Одиниця вимірювання	Значення показника
1	Діаметр дозувального отвору осі	мм	60
2	Діаметр вала шнека осі d	мм	20
3	Крок витків шнека S	мм	21
4	Діаметр дроту d_d	мм	5

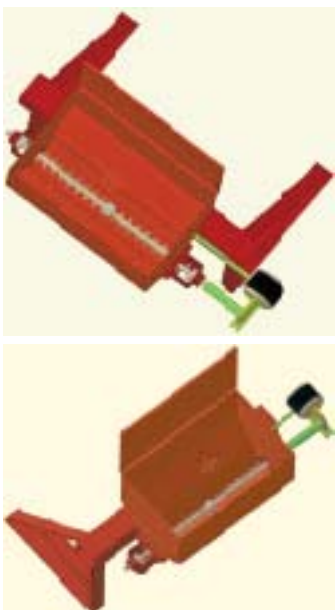


Рис. 2 – Проекція змодельованого туковисівного апарата з використанням ліцензійного програмного забезпечення «КОМПАС 3D V14»

В табл. 1 наведені основні параметри туковисівного апарата.

На підставі отриманих розрахунків з використанням програмного забезпечення «КОМПАС 3D V14» проведено моделювання робочих та виконавчих органів (рис. 2).

Далі необхідно дослідити вплив частоти обертання шнека туковисівного апарата пружинного типу на норму внесення різних за структурою мінеральних добрив (гранульованих, порошкоподібних та пілоподібних). Туковисівний робочий орган пружинного типу працює за принципом вигрібання сипкого матеріалу (добрив) у висівне вікно витками дроту, які зсувають шар добрив, що

знаходиться на дні бункера, до його краю і далі – у лійку. Часточки матеріалу здійснюють обертний рух і переміщуються в осьовому напрямку за рахунок внутрішнього тертя між шарами, підкорюючись закономірностям динаміки сипкого матеріалу [2, 4].

Таблиця 2

Конструкційно-технологічні параметри туковисівного апарата для внесення технологічного матеріалу

№ п/п	Назва параметра	Одиниця виміру	Значення параметра
1	Габаритна довжина туковисівного апарата	мм	500
2	Габаритна ширина апарата	мм	310
3	Габаритна висота	мм	375
4	Діаметр шнека	мм	96
5	Робоча довжина шнека	мм	500
6	Габаритна довжина шнека	мм	600

Для забезпечення агротехнічних вимог необхідно розробити конструкцію з параметрами, наведеними в (табл. 2).

Експериментальні дослідження функціонування туковисівного апарата для внесення технологічного матеріалу. Експериментальна установка для дослідження функціонування туковисівного апарата

для внесення технологічного матеріалу (рис. 3) забезпечує підвищення продуктивності та надійності роботи агрегату для локального внесення добрив – як сипких, так і гранульованих. Апарат містить бункер, два дозатори з ексцентриковим ротором, два тукопроводи, привід дозаторів, висівні робочі органи. Додатково апарат обладнаний нагрівальним шнеком, гвинтова навівка однієї частини якого направлена до протилежної гвинтової навівки іншої частини, а також горизонтальною мішалкою.



Рис. 3 – Експериментальний зразок туковисівного апарата для внесення технологічного матеріалу



Рис. 4 – Електродвигун для приведення вала туковисівного апарата

Для регулювання зміни норми внесення технологічного матеріалу необхідно регулювати зміну частоти приводу шнека туковисівного апарата (рис. 4).

В табл. 3 наведені результати досліджень функціонування туковисівного апарата.

Фактичну норму внесення мінеральних добрив визначають за формулою:

$$Q_p = \frac{10^4 \cdot (m_1 + m_2) \cdot (1 - \kappa_{\text{втр}})}{2 \cdot b \cdot l} \quad (5)$$

Дослідні і розрахункові показники роботи туковисівного агрегата

Таблиця 3

Варіант досліджу	Час досліджу t , с	Маса добрив, висіяних за $n_{ш}$ обертання шнека, г	Коефіцієнт		Частота обертання шнека n , хв ⁻¹	Фактична норма внесення мінеральних добрив $Q_{ф}$, кг/га
			k_b	$k_{ш}$		
1	23,5	346	0,80	0,20	19,5	233
2	23,3	856	0,74	0,26	52,5	576
3	23,4	1005	0,72	0,28	63,1	696
4	23,5	1160	0,70	0,30	74,3	780

де $M_1 + M_2$ – маса добрив, зібраних від двох лійок одного туковисівного апарата, г; $k_{ш}$ – коефіцієнт ковзання (для лабораторних умов $k_{ш} = 0,05 - 0,1$); b – ширина міжрядь (для цукрового буряка $b = 0,45$ м); t – довжина шляху, яку проходить сівалка за 20 обертів опорно-привідного колеса, м.

Результати експериментальних досліджень.

На рис. 5 зображені залежності частоти обертання шнека від швидкості сівалки при внесенні 30 г туків за один оберт шнека і норми внесення: для міжрядь $b = 0,45$ м $b = 0,7$ м, 1-50 кг/га; 2- 100 кг/га; 3- 150 кг/га; 4- 200 кг/га.

З графіків можна визначити необхідну продуктивність туковисівних апаратів в залежності від величини міжрядь і робочої швидкості сівалки.

Переваги апарата полягають у підвищенні рівномірності подачі туків та їх розсіювання в борозни за рахунок розпушення їх бочкоподібними ворушилками без подрібнення, а також у зменшенні зусилля на привід робочих органів під час внесення туків.

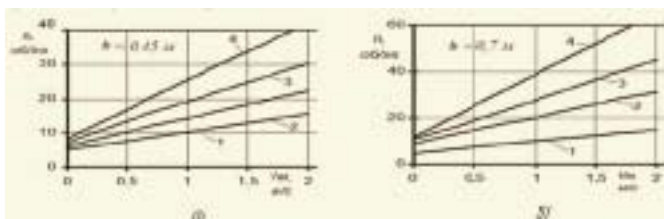


Рис. 5 – Залежності частоти обертання шнека від швидкості руху сівалки при внесенні 30 г туків за один оберт шнека

За результатами аналізу експериментальних досліджень функціонування туковисівного апарата для внесення технологічного матеріалу побудовано поверхню відгуку впливу частоти обертання (об/хв) та швидкості руху туковисівного апарата (м/с) на норму висіву технологічного матеріалу (рис. 6). Графіки залежності частоти обертання шнека від робочої швидкості сівалки наведено на рис. 5 для різної величини міжрядь ($b = 0,45$, $b = 0,7$).

Аналіз побудованих залежностей показує, що із збільшенням частоти обертання шнека туковисівного апарата коефіцієнт внесення добрив у лійку зменшується, коефіцієнт відставання швидкості добрив від осьової швидкості витків шнека зростає, норма внесення мінеральних добрив збільшується.

Для гранульованих добрив із збільшенням частоти обертання шнека з 19,5 до 74,3 (тобто в 3,8 разу) коефіцієнт внесення добрив у лійку k_b зменшується в 1,14

разу; коефіцієнт відставання швидкості $k_{ш}$ внесення добрив у лійку від осьової швидкості витків шнека $k_{ш}$ збільшується в 1,5 разу; фактична норма внесення $Q_{ф}$ збільшується в 3,4 разу.

Позаяк швидкість обертання шнеків туковисівних апаратів рекомендовано вибирати в межах до 0,8 м/с, то вони відносяться до категорії швидкохідних [5].

Аналіз отриманої поверхні відгуку дає можливість стверджувати, що розроблений удосконалений туковисівний апарат дає можливість за рахунок зміни швидкості руху туковисівного апарата від 0 до 4,0 м/с та зміни частоти обертання вала шнека висівного апарата приводним електродвигуном в межах 0 – 100 об/хв змінювати норму висіву від 0 до 400 кг/га, забезпечуючи технологію локального дозованого внесення технологічного матеріалу під час руху машинно-тракторного агрегату.

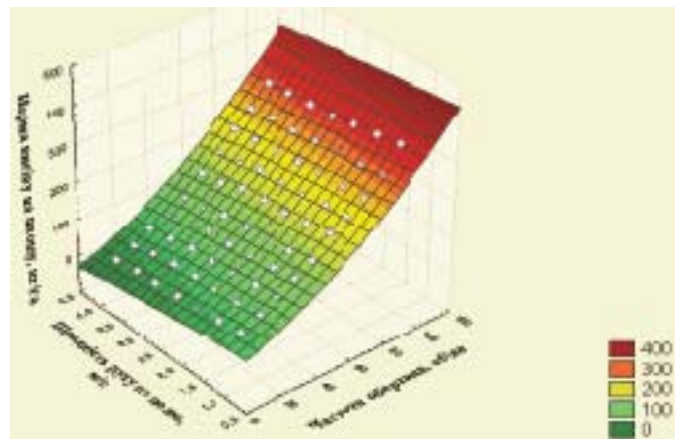


Рис. 6 – Поверхня відгуку впливу частоти обертання (об/хв) та швидкості руху туковисівного апарата (м/с) на норму висіву технологічного матеріалу

Висновок. Результати комплексних досліджень свідчать, що використання диференційованої технології внесення технологічного матеріалу дає приріст урожаю в порівнянні з контролем за рахунок пролонгованої дії добрив протягом вегетаційного періоду та високої точності їх внесення під технічні культури.

Пошукові експерименти показали, що домінуючий вплив на надійність технологічного процесу здійснює не лише спосіб висіву добрив та конструкція висівного апарата, а й фізико-механічні властивості добрив. Оскільки ці властивості змінюються в широких межах (до прикладу, вологість БАД змінюється від 12% до 50%), то надійність виконання технологічного процесу порушується і робота тукового апарата для локального внесення добрив припиняється.

З цього випливає, що для забезпечення стабільності технологічного процесу висівання добрив конструкція туковисівного апарата повинна забезпечувати надійність його роботи, а коефіцієнт варіації нерівномірності подачі добрив має бути мінімальним.

Внесення технологічного матеріалу новим туковисівним апаратом дало приріст врожаю коренеплодів

(до контролю) 136 ц/га (37%), зріс на 47% збір цукру з 1 га, а також врожай побічної продукції (гички) – на 61 ц/га. У варіанті з внесенням технологічного матеріалу новим апаратом дещо вищий показник виживання цукрових буряків – на час збирання коренеплодів на 1 га налічувалось на 4 тис. рослин більше, ніж у варіанті контролю.

Список літератури

1. <http://tehngaluzu.wordpress.com/2013/04/11/добрива-та-їх-використання-в-аграрном/>].
2. <http://uadocs.exdat.com/docs/index-186744.html?page=6>.
3. Роїк М.В. Буряки. – К: XXI вік РІА ТРУД. – 2001. – С. 85-95.
4. Заришняк А.С., Савчук К.А. Добрива – головний фактор підвищення продуктивності цукрових буряків // Цукрові буряки – 2005 – №4. – С. 45.
5. Драйкот. Удобрение сахарной свеклы. – М.: Колос. – 1977. – С. 21-25.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. – Т. I. – Ч. 3 Машини для приготування і внесення добрив. – Харків: Око. – 2002. – С. 47 – 127.
7. Кругляков М.Л. Машини для внесення добрив в ґрунт. – М.: Машгиз. – 1950. – С. 39 – 62.
8. Марченко Н.М., Личман Г.И., Щербалкин А.Е. Механізація внесення органічних добрив. – М.: ВО «Агропромиздат». – 1990. – С. 25-35.
9. Линник Н.К., Ермоленко В.А., Шкодкин И.И. Машини оброблення для виробництва і внесення

органічних добрив// Конструирование и расчет. – К.: Техника. – 1992. – С. 3-11.

10. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць. – Вип. 12 (26). – Дослідницьке, 2008. – С. 258 – 290.

Анотація. В статті приведена методика і особливості побудови пристрою для реалізації технології диференційованого внесення технологічного матеріалу в ґрунт. Ця технологія дозволяє на основі уточнених даних агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, отриманих з використанням інформаційно-технічних систем моніторингу, оцінити стан сільськогосподарських угідь і визначити стратегію управління агробіологічним потенціалом поля.

Summary. In the article there is the resulted method and features of construction of device for realization of technology of the differentiated bringing of technological material in modern technologies of plant-grower. The given technology allows on the basis of the refined data of the agrobiological state of the agricultural lands got with the use of the informative-technical systems of monitoring, to estimate the state of agricultural lands and adopt strategy of management by agrobiological potential of the field by the operative management by the norm of bringing of technological material.

Стаття надійшла до редакції 2 березня 2015 р.