УДК 631.331 DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.41-47

В.А. Дейкун, доц., канд. техн. наук, **Д.Г. Жук,** асп., **Ю.В. Мачок,** доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: viktor.deikyn@gmail.com

Огляд способів внесення та ефективності застосування мінеральних добрив

У статті приводиться аналіз впливу різних способів внесення гранульованих мінеральних добрив на підвищення врожайності сільськогосподарських культур, існуючих способів їх внесення Приводяться переваги та недоліки вказаних способів, також розглянуто способи заробки добрив у грунт. Акцентовано увагу на локальному внесенні добрив, суміщеному з поверхневим обробітком грунту, та технічний засіб для його здійснення.
грунт, поверхневий, мінеральні добрива, локально, родючість, ефективність

Постановка проблеми. Необхідні для вегетації рослин умови створюються завдяки застосуванню правильних сівозмін, своєчасному та якісному обробітку ґрунту, а також раціональному вибору способу доз та строків внесення добрив.

Урожайність сільськогосподарських культур залежить від ефективної родючості ґрунтів і є результатом дії ряду факторів: тепла, світла, вологи, поживних речовин та деяких інших.

Одною із найбільш важливих складових, що впливають на підвищення врожайності сільськогосподарських культур є своєчасне та правильне з точки зору агротехніки внесення основної дози добрив та підживлення культурних рослин мінеральними добривами в процесі їх вегетації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Спостереження показують, що ефективність сприйняття кореневою системою рослин добрив, внесених різними способами, суттєво відрізняється. Причиною є те, що при різних способах внесення гранульованих мінеральних добрив у ґрунт їх розташування та концентрація відносно кореневої системи культурних рослин має різний вигляд.

Способи внесення мінеральних добрив [5] за найбільш характерними ознаками можна умовно розділити на дві групи (рис. 1).

Найбільш широкого застосування набуло внесення добрив методом поверхневого розсіювання з подальшою заробкою різноманітними ґрунтообробними знаряддями. Даний метод є досить високопродуктивним, що позитивно впливає на економічну ефективність польових робіт.

Негативною стороною методу поверхневого розсіювання є значна нерівномірність розподілення матеріалу по площі поля, яка може сягати 25-30%. Аналіз літературних джерел [3, 7, 10] показує, що при подальшій заробці гранул добрив ґрунтообробними знаряддями розсіяних поверхнево, вони нерівномірно перемішуються з ґрунтом (за законом випадкового розподілення), і значна їх частина не переміщується до місця призначення. Крім того, частина добрив вивітрюється або вимивається опадами, і є втраченими як поживна речовина.

© В.А. Дейкун, Д.Г. Жук, Ю.В. Мачок, 2022

Як видно з досліджень ВИУА при заробці добрив орними агрегатами від 17,5 до 48,1% їх розташовуються в горизонті 0-5 см, від 38 до 78% – у шарі 0-10 см, а при заробці добрив у грунт за допомогою робочих органів дискових борін чи культиваторів – від 50 до 90% знаходяться у шарі 2-3 см.

Рисунок 1 – Класифікація способів внесення гранульованих мінеральних добрив

Джерело: розроблено авторами

Постановка завдання. Метою роботи є проведення аналізу існуючих способів внесення мінеральних добрив, вивчення недоліків та переваг кожного з них, визначення оптимального способу внесення та вибір конструкції робочого органу для його виконання.

Виклад основного матеріалу. У зонах землеробства з низьким рівнем вологості, якими є Центральні та Південні області України, глибина стійкої вологості знаходиться в горизонті нижче 10 см, і значна частина добрив, внесених методом поверхневого розсіювання з подальшою заробкою є недосяжною для кореневої системи рослин. Це зумовлює нераціональне використання хімічних препаратів, призводить до зайвих енергетичних і фінансових витрат, а також завдає шкоди мікрофлорі ґрунту. Крім того, верхній шар ґрунту, який залишається розпушеним після заробки добрив ґрунтообробними знаряддями, піддається ерозійним процесам; при вивітрюванні та вимиванні цього шару добрива, що знаходяться в ньому, потрапляють до населених пунктів та водойм, завдаючи шкоду для довкілля.

Враховуючи дані попереднього аналізу робимо висновок, що метод поверхневого розсіювання мінеральних добрив з подальшою заробкою є мало перспективним. Його удосконалення пов’язане з вирішенням комплексу питань, що стосуються рівномірного розподілення хімікатів по площі поля та повної і якісної їх заробки з розміщенням в задані горизонти орного шару, що є на даний час достатньо складною теоретико-прикладною задачею.

Одним з напрямків підвищення родючості грунтів є внесення мінеральних добрив під час виконання різних технологічних операцій.

Так, у вітчизняній та світовій практиці широко використовується внесення хімічних препаратів одночасно з сівбою, коли ефективність їх використання значно вища, так як добрива концентруються в безпосередній близькості від кореневої системи

рослини і краще засвоюються нею.

Однак, недоліком внесення добрив при посіві є те, що вони розташовуються або збоку рядка або безпосередньо в рядку, що для насіння деяких культур є неприпустимим. У випадку, коли добрива концентруються збоку рядка основної культури, частина їх енергії живлення витрачається на підживлення бур'янів, а корені культурних рослин вимушені «тягнутися» до зони живлення, на що затрачається енергія росту, ще явище отримало назву «хемотропізм» Крім того, таким способом може бути внесена тільки стартова доза добрив, так як ні розміри бункерів, ні розміри висівних апаратів не дозволяють вносити великі дози, а також наявність великої кількості мінеральних добрив поблизу висіяного насіння може призвести до втрати його схожості.

Основну дозу також вносять при основному полицевому та безполицевому обробітку ґрунту, коли гранульовані добрива розміщуються безпосередньо під робочими органами знарядь.

Внесення добрив при основному обробітку ґрунту має ряд переваг, оскільки в цьому випадку суміщаються декілька операцій в одну – обробіток ґрунту, внесення добрив та заробка добрив, що суттєво знижує затрати на отримання врожаю, а також знижує негативний вплив дії агрегатів на ґрунт за рахунок зменшення кількості їх проходів по полю. При такому способі внесення добрива концентруються в певному горизонті ґрунту і не втрачаються під атмосферним впливом.

Локальне внесення є найбільш прийнятним з точки зору агротехніки вирощування сільськогосподарських культур та ефективності використання добрив, так як при такому способові не потрібна додаткова операція заробки туків у ґрунт, а також відсутні втрати добрив за рахунок вивітрювання та вимивання опадами [7, 9]. Локальний спосіб дозволяє більш продуктивно використовувати малі дози мінеральних добрив, що знижує загальні витрати та витрати часу на виконання операції підживлення рослин [12]. За даними досліджень В.Е. Булаєва [1], при внесенні локальним способом концентрація P_2O_5 в шарі ґрунту 5-7 см досягає 230-240 мг у 100 г ґрунту при нормі його внесення 50-100 кг/га. Для отримання такої ж концентрації фосфорної кислоти в ґрунті при внесенні шляхом поверхневого розсіювання потрібно внести 900 кг/га добрив.

Вітчизняний та закордонний досвід ґрунтознавців свідчить про високу ефективність застосування в землеробстві комбінованих безполицевих знарядь, які не лише дозволяють захистити ґрунт від ерозійних процесів, а також зменшують шкідливу дію сільськогосподарських агрегатів на ґрунт за рахунок зменшення числа їх проходів, знижують затрати праці та витрати паливно-мастильних матеріалів на отримання врожаю [9].

Безполицевий обробіток ґрунту є більш ефективним, коли його комбінують з локальним внесенням добрив за допомогою тукових сошників, комбінованих, або інших додаткових пристроїв, які монтуються на плоскорізах та культиваторах для суцільного обробітку ґрунту [4, 6, 8, 11].

Враховуючи значення поверхневого обробітку грунту, в тому числі такі фактори, як підвищення якісних показників функціонування робочих органів, зменшення ймовірності обволікання рослинними рештками стояка та розпушувальної лапи, зниження енергоємності процесу, підвищення довговічності роботи, для вирішення поставленої задачі запропонований комбінований дисковий робочий орган оригінальної конструкції [2].

Розпушувальна лапа виконана у вигляді нахиленого під гострим кутом вперед конусного диска, який може вільно обертатися навколо осі стояка, при цьому стояк

виконано пустотілим і поєднаним з простором під диском, даний простір може використовуватись для транспортування та розсіювання гранул мінеральних добрив чи іншого сипкого матеріалу по поверхні поля в підлаповому просторі. По зовнішньому контуру диска виконано трапецієвидні вирізи (рис. 2).

Комбінований дисковий робочий орган (рис. 2) складається з диска 1, який має конусоподібну форму, встановленої під гострим кутом до напрямку руху. Диск 1 прикріплений до стояка 2, який в свою чергу закріплений до кронштейна 3 на рамі знаряддя, при цьому він може обертатися завдяки підшипникам 4.

У просторі під диском в точці сходу гранул добрив з порожнини стояка встановлено розподільник 5, при попаданні на який гранули добрив відбиваються та рівномірно розподіляються по ширині захвату диска.

На диску (рис. 3) по зовнішньому контуру виконано вирізи, які виконано у формі трапецій з правими *a* радіальними та лівими *b* бічними сторонами. Зуби загострені по зовнішньому діаметру *c*, по лівим боковинам *b* та по впадинам *d*.

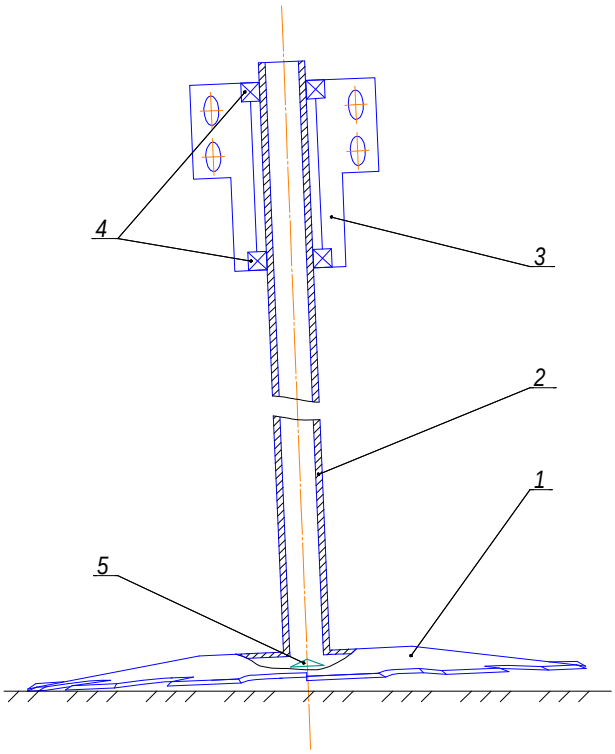

Рисунок – 2 Комбінований дисковий робочий орган:
1 – диск; 2 –стояк; 3 – кронштейн; 4 – підшипники;
5 – розподільник

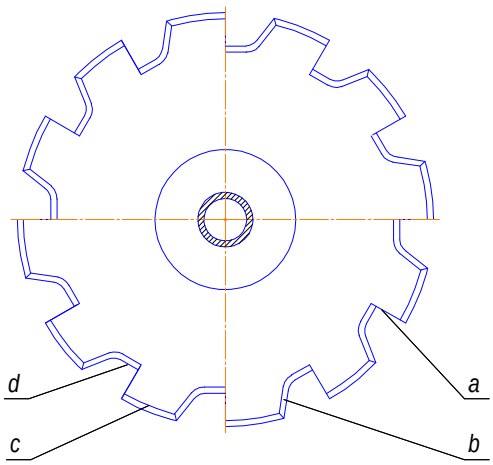

Рисунок – 3 Диск

Джерело: розроблено авторами

При переміщенні робочого дискового робочого органу диск сприймає опір грунту, при цьому його величина опору на ліву та праву частини є різною, що дозволяє диску вільно обертатися разом зі стояком у підшипникових вузлах. Напрямок обертання залежить від конфігурації та місця загострення вирізів на зовнішньому контурі диска, а саме: ліва частина лапи менше опирається тиску грунту через те, що передні ліві леза зубів загострені; і навпаки, права боковина зубів лапи незагострена, а самі зуби попарно відігнуті вверх і вниз

Рушійну силу обертання диска можна знайти за формулою:

$$P = kabn, \quad (1)$$

де k – питомий опір грунту, що діє на робочий орган;

a – товщина диска;

b – ширина незагостреної частини зуба

n – кількість зубів, які приймають участь в роботі диска водночас.

При $k = 5$ Н/см^2; a =0,3 см; $b = 1$ см та $n = 3$ знаходимо зусилля P_1:

$$P_1 = 5 \times 0{,}3 \times 1 \times 3 = 4{,}5 \ H.$$

Зусилля P_2 з лівого боку диска, яке перешкоджає обертанню диска:

$$P_2 = 5 \times 0{,}03 \times 1 \times 3 = 0{,}45 \ H.$$

Тобто, загальне зусилля обертання диска:

$$P = P_1 - P_2 = 4{,}5 - 0{,}45 = 4{,}05 \ H.$$

Розраховане зусилля є достатнім для забезпечення плавного обертання диска навколо своєї осі. При такому обертанні диска зменшуються витрати енергії на рух його в грунті та на процес розпушення, покращується якість обробітку, а при потраплянні рослинних решток на вирізи диска вони при його обертанні легко видаляються з його поверхні. При цьому підвищується надійність та довговічність роботи дискового робочого органу через збільшення загальної суми довжин його леза.

Підвищення ефективності та частоти обертання дисків забезпечують нахилом його вперед відносно напрямку руху під деяким кутом, що зменшує дію грунту (і зусилля) на ліву частину диска і збільшує дію на праву частину диска.

Запропонована конструкція комбінованого дискового робочого органу в порівнянні з існуючими має такі переваги:

1. Завдяки вільному обертанні робочий орган забезпечує зниження енергоємності процесу рихлення.

2. Завдяки конструкції одночасно з обробітком грунту вносяться мінеральні добрива.

3. Значно зменшується можливість забивання робочих органів рослинними рештками.

4 Завдяки конусній формі диска підвищується експлуатаційна надійність.

5. Підвищується довговічність робочого органа завдяки збільшенню їх загальної довжини.

Мінеральні добрива, які вносяться такими знаряддями, розташовуються в ґрунті на чітко встановленій глибині, поживні речовини, які при цьому утворюються, є більш доступними для кореневої системи рослин і споживаються більш ефективно. Це особливо цінно для зон із недостатньою кількістю вологи, якими є Центральні та Південні області України.

Висновки. Виходячи з вказаного вище, можна зробити висновок, що більш перспективним способом підвищення родючості ґрунтів і урожайності сільськогосподарських культур є локальне внесення гранульованих мінеральних добрив, суміщене з поверхневим обробітком ґрунту. Очікується, що використання запропонованого комбінованого робочого органа дозволить зменшити час на виконання робіт за рахунок суміщення операцій розпушування грунту, внесення добрив і їх заробки, знизити витрати мінеральних добри та загальні економічні витрати на отримання врожаїв.

Список літератури

1. Дейкун В.А., Сало В.М., Васильковський О.М. Аналіз способів внесення мінеральних добрив . *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоградського держ. техн. ун-ту*. 2004. Вип. 14, 1. С. 47-51.
2. Иванов И. А., Конашенков А. А. Равномерность внесения удобрений и урожай. *Агрохимический вестник,* 1999. №7. С. 43-48.
3. Прохоров А.А. Исследование технологического процесса внесения минеральных удобрений при безотвальной обработке почвы. Автореф. дис. на соиск. научн. степени канд. техн. наук. Саратов. 1970.
4. Дука В. І. Раціональне використання добрив. Львів: Каменяр, 1967. 72 с.
5. А. В. Рудъ, Ю. Ф. Павельчук, І. О. Мошенко Теоретичні дослідження процесу розподілу насіння зернових культур при підгрунтово-розкидному способі сівби . *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж.міжвід.наук.-техн. зб*. 2009. Вип. 39. С. 250-256.
6. Фатєєв А. І., Скороход В. І,. Ревенко О. В. Ефективність локального способу внесення мінеральних добрив на грунтах різного рівня родючості. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 1992. Вип.54. С. 68-70.
7. Дейкун В. А. Обґрунтування параметрів робочого органа для внутрішньоґрунтового внесення мінеральних добрив: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11 / Кіровоград, 2013.
8. Рабочий орган почвообрабатывающе-высевающего агрегата: пат. 2343 660 C1 RU; № 2007122151/12, опубл.: 20.01.2009, Бюл. №2.
9. Робочий орган для локального внесення мінеральних добрив чи посіву : пат 129713 МПК A01B 49/06. №u201804789; заявл. 02.05.2018; опубл. 12.11.2018. Бюл. №21.
10. Рудь А. В. Мошенко І. О., Павельчук Ю. Ф Робочий орган сівалки для сівби зернових культур розкидним способом: короткий нарис до 60-річчя. Кам'янець-Подільський: ПДАУ, 2007. С.112.
11. А.с. 354790 СССР, МПК A01C7/20. Рабочий орган для внутрипочвенного высева семян и внесения удобрений / Сергеев И. Ф., Плехов Б. Г. №1066479; заявл. 3428446, 21.04.1982; опубл. 15.01.84. Бюл. №13.
12. Грунтообробний робочий орган: пат. 25169 Україна :МПК A01B 13/08 № u200703541; заявл. 30.03.2007; опубл. 25.07.2007, бюл. №11.

References

1. Dejkun, V.A., Salo, V.M. & Vasyl'kovs'kyj, O.M. (2004). Analiz sposobiv vnesennia mineral'nykh dobryv [Analysis of methods of application of mineral fertilizers]. *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomat yzatsiia: zb. nauk. prats' Kirovohrads'koho derzh. tekhn. un-tu. – Machinery in agricultural production, industrial engineering, automation: coll. of science works of the Kirovohrad state. technical university, Issue 14, 1*, 47-51 [in Ukrainian].
2. Ivanov, I.A. & Konashenkov, A.A. (1999). Ravnomernost' vnesenija udobrenij i urozhaj [Fertilization uniformity and yield]. *Agrohimicheskij vestnik – Agrochemical Bulletin*, *7,* 43-48 [in Russian].
3. Prohorov, A.A. (1970). Issledovanie tehnologicheskogo processa vnesenija mineral'nyh udobrenij pri bezotval'noj obrabotke pochvy [Study of the technological process of applying mineral fertilizers during non-moldboard tillage]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Saratov [in Russian].
4. Duka, V.I. (1967). *Ratsional'ne vykorystannia dobryv* [*Rational vikoristannya dobriv*]. L'viv: Kameniar [in Ukrainian].
5. Rud', A.V., Pavel'chuk, Yu.F. & Moshenko, I.O. (2009). Teoretychni doslidzhennia protsesu rozpodilu nasinnia zernovykh kul'tur pry pidhruntovo-rozkydnomu sposobi sivby [Theoretical studies of the process of seed distribution of grain crops with the subsoil-spread method of sowing]. *Konstrujuvannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija sil's'kohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery*, *Issue 39*, 250-256 [in Ukrainian].
6. Fatieiev, A.I., Skorokhod, V.I. & Revenko, O.V. (1992). Efektyvnist lokalnoho sposobu vnesennia mineralnykh dobryv na hruntakh riznoho rivnia rodiuchosti [The effectiveness of the local method of applying mineral fertilizers on soils of different fertility levels]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo – Agrochemistry and soil science, Issue 54,* 68-70 [in Ukrainian].
7. Deykun, V.A. (2013). Zahal′nyy zbir parametriv robochoho orhanu dlya vnutrishn′oho pohlyblennya mineral′nykh dobryv [Justification of parameters of the working body for intrasoil application of mineral fertilizers] . *Candidate's thesis* . Kirovohrad [in Ukrainian].

8. Pat. 2343 660 C1 RU. Rabochyi orhan pochvoobrabatyvaiushche-vysevaiushcheho ahrehata [The working body of the tillage-seeding unit]. No. 2007122151/12, has been published January 20, 2009, Bul. No.2.
9. Pat 129713 MPK A01B 49/06. Robochyi orhan dlia lokalnoho vnesennia mineralnykh dobryv chy posivu [Working body for local application of mineral fertilizers or sowing]. No.u201804789; stated. May 02, 2018; has been published November 12, 2018. Bul. No.21. [in Ukrainian].
10. Rud, A.V., Moshenko, I.O. & Pavelchuk, Yu.F (2007). *Robochyi orhan sivalky dlia sivby zernovykh kultur rozkydnym sposobom: korotkyi narys do 60-richchia* [*The working body of the seeder for sowing grain crops by the spreading method: a short sketch for the 60th anniversary*]. Kamianets-Podilskyi: PDAU [in Ukrainian].
11. A.s. 354790 SSSR, MPK A01S7/20. Rabochyi orhan dlia vnutrypochvennoho vyseva semian y vnesenyia udobrenyi [Working body for subsurface sowing of seeds and fertilization]. No.1066479; stated. 3428446, April 21, 1982; has been published January 15, 1984, Bul. No.13.
12. Pat. 25169 Ukraina : MPK A01B 13/08. Hruntoobrobnyi robochyi orhan [Tillage working body]. No.u200703541; stated. Mach 30, 2007; has been published July 25, 2007, Bul. No.11. [in Ukrainian].

Viktor Deikun, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Dmytro Zhuk**, postgraduate, **Yurii Machok**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Overview of Application Methods and Application Efficiency Mineral Fertilizers

The article provides an analysis of the influence of factors that influence the increase in the yield of agricultural crops, the importance of using mineral fertilizers and their effect on plants is indicated. An analysis of the existing methods of applying mineral fertilizers was carried out. The methods of applying fertilizers to the soil are considered, the advantages and disadvantages of these methods are given. The results of the scientists' research on the placement of mineral fertilizers applied by the method of surface scattering in the soil horizons after their cultivation by tillage tools are presented. Attention is focused on the local method of applying fertilizers, combined with surface cultivation of the soil, with combined tools. The methods of placement of mineral fertilizers, introduced by the intrasoil method, relative to the root system of cultivated plants and their effect on plants are considered.

It was determined that the priority method of fertilizing is in-soil combined with surface tillage. An analysis of tillage tools that can be used for this operation is given. The design of the combined disk tool designed for this technological operation is presented. Design solutions that provide quality performance indicators of the proposed tool are indicated and attention is focused on its advantages over existing analogues.

It has been established that a more promising way of increasing soil fertility and crop yield is the local application of granular mineral fertilizers combined with surface tillage. It is expected that the use of the proposed combined working body will allow to reduce the time for the execution of works due to the combination of operations of loosening the soil, applying fertilizers and their earnings, reducing the costs of mineral fertilizers and the general economic costs of obtaining crops.

soil, surface, mineral fertilizers, locally, fertility, efficiency

Одержано (Received) 11.10.2022 *Прорецензовано (Reviewed) 01.11.2022*
Прийнято до друку (Approved) 26.12.2022