

ОГЛЯДОВА СТАТТЯ

UDC 631.8 (477.7)

MODERN APPROACHES TO USE OF THE MINERAL FERTILIZERS PRESERVATION SOIL FERTILITY IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

V. Gamayunova¹, A. Panfilova¹, T. Baklanova², A. Kuvshinova¹, T. Kasatkina¹, V. Nagirniy²

Article info

Received

20.01.2020

Accepted

27.02.2020

Gamayunova, V., Khonenko, L., Baklanova, T., Kovalenko, O., Pilipenko T. (2020). Modern approaches to use of the mineral fertilizers preservation soil fertility in the conditions of climate change. Scientific Horizons, 02 (87), 89–101. doi: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101.

¹ Mykolaiv National Agrarian University
9, Georgiy Gongadze Str., Mykolaiv, 54020, Ukraine

² The State Higher Education Institution «Kherson State Agrarian University»
23, Stritenskaya Str., Kherson, 73000, Ukraine

E-mail:

gamajunova2301@gmail.com

In article it is specified that the first in potentials of fertility soil of Ukraine and first of all chernozems, in recent years owing to a deviation of technologies from it is general the accepted developed zone recommendations and violation of fundamental laws of agriculture, key indicators of fertility significantly lose. Their structure worsens, the maintenance of a humus, organic matter, macro - and minerals decreases. Specified adversely affects productivity of crops that it is especially shown as in a zone of the southern steppe, and in general in Ukraine including due to changes of climatic conditions. Level of productivity of agricultural plants first of all limits security with their moisture which without the optimum content of organic matter by the soil does not keep, is quickly lost on unproductively evaporations, but not on formation of productivity. That most influences growth and development of plants, occupies the second place among factors food.

The best conditions of providing plants with nutrients are created on body of a mineral system of fertilizer. It is expedient to bring them compatibly in evidence-based norms. Under such circumstances use of fertilizers most fully remains the existing parameters of fertility of the soil and even improves and especially for proved watch of crops in a crop rotation.

At the same time in the last decades volumes of introduction of organic chemistry are significantly reduced that negatively affects a condition of fertility of soils. At the same time there is an urgent need for the most expedient use of mineral fertilizers, selection of their types, forms and ratios for increase in productivity and key indicators of quality of crops. Mineral fertilizers it is necessary to gather additionally taking into account growth of dryness of a zone irrespective of moistening level, they were absorbed by the soil, were evenly distributed in it and were effectively used by plants. At the same time fertilizers are introduced have to affect well key indicators of fertility of soils and to maintain in them positive balance not only basic elements of food, and a humus.

In article it is reasonable that liquid mineral fertilizers both simple, and difficult, have certain advantages in efficiency in comparison with types, more widespread in application, firm (loose and granulated) fertilizers.

Key words: *fertility of the soil, body mineral system to fertilizer, climate change, solid and liquid mineral fertilizers, efficiency of fertilizer.*

**СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
ЗА ЗБЕРЕЖЕННЯ ҐРУНТОВОЇ РОДЮЧОСТІ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ**

В. В. Гамаюнова¹, Л. Г. Хоненко¹, Т. В. Бакланова², О. А. Коваленко¹, Т. В. Пилипенко¹

¹Миколаївський національний аграрний університет
вул. Георгія Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 54020, Україна

²ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»
вул. Стрітенська, 23, м. Херсон, 73000, Україна

В статті зазначено, що найкращі у світі, за потенціалом родючості, ґрунти України і, перш за все, чорноземи, останнім часом, внаслідок відхилення технологій від загальноприйнятих розроблених зональних рекомендацій та порушення основних законів землеробства, істотно втрачають основні показники родючості. Погіршується їх структура, зменшується вміст гумусу, органічної речовини, макро- та мікроелементів. Зазначене несприятливо позначається на продуктивності сільськогосподарських культур, що особливо проявляється як у зоні Південного Степу, так і загалом в Україні, у т. ч. й у зв'язку зі змінами кліматичних умов. Рівень урожайності сільськогосподарських рослин, у першу чергу, лімітує забезпеченість їх вологою, яка без оптимального вмісту органічної речовини ґрунтом не утримується, швидко втрачається на непродуктивне випаровування, а не на формування продуктивності. Друге місце серед факторів, що найбільшою мірою впливають на ріст і розвиток рослин, займає живлення.

Найкращі умови забезпечення рослин поживними речовинами створюються за орґано-мінеральної системи удобрення. Їх доцільно вносити сумісно у науково обґрунтованих нормах. За таких умов застосування добрив найбільш повно зберігаються існуючі параметри родючості ґрунту та навіть покращуються й особливо за обґрунтованого чергування сільськогосподарських культур у сівозміні.

Разом з тим, в останні десятиліття суттєво зменшено обсяги внесення органіки, що негативно позначається на стані родючості ґрунтів. При цьому, виникає нагальна потреба у найбільш доцільному застосуванні мінеральних добрив, доборі їх видів, форм і співвідношень для збільшення врожайності та основних показників якості сільськогосподарських культур. Мінеральні добрива слід добирати з урахуванням зростання посушливості зони, з тим, щоб незалежно від рівня зволоження, вони поглиналися ґрунтом, рівномірно розподілялися у ньому та ефективно використовувалися рослинами. Разом з тим, внесені добрива повинні добре позначатися на основних показниках родючості ґрунтів та підтримувати в них позитивний баланс не лише основних елементів живлення, а і гумусу.

У статті обґрунтовано, що саме рідкі мінеральні добрива як прості, так і складні, мають певні переваги в ефективності порівняно з більш поширеними у застосуванні видами твердих (сіпучих та гранульованих) добрив.

Ключові слова: родючість ґрунту, орґано-мінеральна система удобрення, зміна клімату, тверді та рідкі мінеральні добрива, ефективність удобрення.

Вступ

Україну визнають як одну з найбагатших країн світу на високородючі ґрунти, у т. ч. як власницю найбільшої частки світового фонду чорноземів. Саме від родючості ґрунтів будь-якої країни залежить успішність землеробської галузі, тому що саме ґрунт є основним засобом виробництва. Це є основою і нашої держави, яка є аграрною країною і славиться виробництвом рослинницької продукції високої якості. Проте, останнім часом змінюються не лише кліматичні умови, а й основні властивості ґрунтів. На жаль,

це відбувається не у бік покращення, а, навпаки, втрати їх родючості (Medvediev, 2014). Зазначена негативна тенденція пов'язана з цілою низкою порушень основних законів землеробства та недотриманням розроблених елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур для умов зони (Hamaiunova, 2018).

Основні типи ґрунтів України, як і багатьох держав світу, потребують істотного покращення. Вирішення цього питання є виключно актуальним, адже від стану родючості ґрунтів залежать рівні отримання врожаїв основних сільськогосподарських культур та загалом

екологічна рівновага (Domaratskiy et al., 2019). Не є виключенням і теперішній стан родючості ґрунтів зони південного Степу України, де найвищими є розораність земель та посилення посушливості. Температурний режим зростає, а опади випадають вкрай нерівномірно, не поглинаються ґрунтом, до того ж, збільшуються терміни періодів бездощів'я до 100–120 днів (Gamaiunova, 2017; Hamaiunova et al., 2018). Звичайно ж родючі ґрунти, а саме збагачені органічними речовинами, добре поглинають і утримують вологу, ефективність використання якої рослинами значно зростає (Polovyi, 2017; Hamaiunova et al., 2018).

Останнім часом збіднення ґрунтів пов'язано зі слабким ресурсним забезпеченням, коли органічних добрив вносять недостатньо через практичну відсутність традиційного напів-перепрілого гною. Не забезпечує поповнення ґрунту органікою і сучасний добір сільсько-господарських культур внаслідок порушення науково обґрунтованих сівозмін з включенням багаторічних бобових рослин. До того ж, відомо, що бобові культури здатні розсолювати ґрунт, оструктурювати його, розчиняти важкозакріплені (фіксовані ґрунтом) сполуки фосфору (Chyzhova, 2004).

Дослідженнями обґрунтовано, що основні показники родючості ґрунтів зберігаються, не погіршуються, а навіть дещо покращуються за сумісного застосування в обґрунтованих рекомендованих нормах органічних та мінеральних добрив. Саме органо-мінеральна система удобрення, окрім позитивного впливу на ґрунтову родючість, забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин та формування високої їх продуктивності (Polivoyi, 2018). До того ж, за збільшення застосування агрохімікатів по фоні недостатніх норм органічних добрив зростає небезпека забруднення довкілля та погіршення основних показників якості вирощуваних культур.

За сучасних умов господарювання внесення органіки істотно зменшилося, а мінеральні добрива достатньо вартісні й, до того ж, вони використані окремо без органічних можуть порізно впливати на основні показники ґрунтової родючості. Разом з тим, за відмови від внесення мінеральних добрив буде неможливо отримати сталі рівні врожаїв сільськогосподарських

культур з високою їх якістю. Це призведе до від'ємного балансу елементів живлення, відповідного збіднення на них ґрунтів і в цілому до погіршення їх родючості.

Застосування мінеральних добрив залишається найбільш впливовим і необхідним чинником підвищення продуктивності рослин та ефективним засобом збереження родючості ґрунту (Polivoyi et al., 2018; Popov et al., 2019). Серед найбільш важливих факторів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур у зоні Південного Степу України їх живлення посідає друге місце, а у першому мінімумі є забезпечення вологою (Cherenkov et al., 2018).

Поживний режим ґрунту є одним з найважливіших факторів впливу на обмін речовин у рослині. Регулюється він, в основному, через родючість ґрунту – найважливіший енергетичний ресурс, який за значимістю для людини не може зрівнятися ні з якими іншими видами енергії. Одним з основних показників його є забезпеченість доступними елементами живлення для рослин і, перш за все, азотом, фосфором і калієм у кореневмісному шарі ґрунту впродовж усієї вегетації культури. Із застосуванням добрив ці показники зростають. Якщо мінеральні добрива вносять у недостатній кількості, то вміст елементів живлення в ґрунті знижується (Nosko, 2000; Chyzhova, 2004). Досвід останніх років свідчить, що через нестачу органіки у технологіях вирощування польових культур застосовують лише мінеральні добрива, причому більшу частину запланованої їй норми вносять під час основного обробітку ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що з ростом населення, чисельність якого у 2050 році може досягти 9 млрд, сільськогосподарським виробникам у найближчі десятиліття необхідно подвоїти, а то й потроїти обсяг виробництва продовольчої продукції. Зокрема, щоб прогодувати таку кількість людей, необхідно розробити нові, більш продуктивні шляхи диверсифікації системи живлення сільськогосподарських культур для підвищення їх продуктивності.

За вирощування сільськогосподарських культур у зоні півдня України в отриманні сталих гарантованих рівнів урожайності першим лімітуючим фактором, який їх обмежує, виступає волога, а у другому мінімумі знаходиться живлення рослин (Cherenkov et al., 2018). Відомо, що від застосування добрив у оптимальних

кількостях, урожайність культур зростає в середньому на 30–40 %, а за зрошення – до 75 %. До того ж, забезпеченість сільськогосподарських рослин оптимальними умовами живлення підвищує ефективність використання наявної вологи в ґрунті незалежно від кліматичних умов років вирощування, що встановлено багатьма дослідженнями (Nosko, 2000; Hospodarenko et al., 2019; Cherenkov et al., 2018).

У сучасному сільськогосподарському виробництві із мінеральних добрив використовують прості азотні, фосфорні і калійні добрива, а також комплексні та мікродобрива. Потреба аграрного сектору в добривах за останні роки постійно зростає. Якщо у 2010 році сільгоспвиробники вносили 58 кг добрив на 1 га, у 2012–2013 рр. – 80 кг/га, то у 2017–2018 рр. – 121–123 кг/га. При цьому, у 2018 році використання азотних добрив досягло 5,6–5,9 млн тонн, а складних комплексних — 1,3–1,8 млн тонн. У цілому для забезпечення потреб рослин в елементах живлення обсяг добрив має досягти 8–9 млн тонн на рік, або біля 270–330 кг/га *NPK* (Hordeichuk, 2019).

Зважаючи на те, що на значних площах України наявний дефіцит вологи в період вегетації сільськогосподарських культур через посухи, особливо в умовах Південного Степу України, ефективність дії твердих добрив становить лише 30–40 %. В той же час, ефективність рідких добрив, на відміну від сухих, меншою мірою залежить від посушливих погодних умов і складає 50–95 % залежно від строку їх застосування та культури.

Повністю забезпечити потреби культури в мінеральному живленні із ґрунту неможливо внаслідок низки факторів, які погіршують доступність N, P, K. Між тим, правильно підібрані добрива, внесені у критичні фенофази, на 10–15 % підвищують коефіцієнти засвоєння основних елементів мінерального живлення із добрив і ґрунту, послаблюють антистресовий ефект і на 10–20 % збільшують урожайність.

Позакореневі підживлення культур у їх критичні фенофази набувають дедалі більшого поширення серед аграріїв, які прагнуть отримувати сталі рівні врожаїв за відповідно високої їх якості (Khudiakov, 2011; Tkachuk, 2019).

За різними оцінками, частка мінеральних добрив у прирості врожаю залежно від ґрунтово-кліматичних, організаційно-економічних та інших умов коливається в межах від 20 до 70 %

залежно від виду сільськогосподарських культур, що значно більше, ніж частка приросту врожаю від сорту, гібриду або системи обробітку ґрунту (Kramarov, 2000).

Глобальний попит на добрива у світовій індустрії стрімко зростає з 50-х років ХХ сторіччя. Використання добрив між 1950 і 1988 рр. збільшилося з 14 млн до 144 млн т., за очікуваннями IFA у 2018/19 рр. досягне 200 млн тонн.

За даними ФАО ООН, фактичний рівень застосування мінеральних добрив у країнах світу неоднаковий. Найвищим цей показник є у Нідерландах, де на 1 га вносять 258 кг, у Великобританії – 247 кг, Ізраїлі – 240 кг, Німеччині – 202 кг, Білорусі – 194 кг, Польщі – 176 кг, Франції – 169 кг, Чехії – 153 кг, США – 137 кг д. р. мінеральних добрив (Prokhorchuk, 2018).

Наразі у застосуванні мінеральних добрив найбільш технологічно й економічно вигідними є їх рідкі форми, які забезпечують різке зменшення витрат порівняно з туками, повну механізацію навантажувально-розвантажувальних робіт, високу рівномірність розподілення в ґрунті, поліпшення санітарно-гігієнічних умов, зменшення витрат праці (Vasylchenko, 2011; Vasylenko, 2017; Orlovskiy, 2019).

Останнім часом в Україні намітилася тенденція до збільшення обсягів застосування рідких добрив (Vasylenko, 2017; Baliuk, 2018). У першу чергу, це стосується азотних добрив, таких як КАС і аміачна вода, використання яких на полях України становить, відповідно, 1,5–2 % і більше 10 % (Barabolia et al., 2018).

Дослідженнями, проведеними науковцями кафедри агрохімії НУБіП України у 2016 році з вивчення ефективності використання у ранньовесняне підживлення КАС і РКД 11-37 у посівах пшениці озимої сорту Торрідл, яку вирощували після сорго за технологією мінімального обробітку на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті по фоні основного внесення комплексного добрива у нормі $N_{40}P_{40}K_{40}$, було встановлено підвищення ефективності від додавання РКД до КАС. Приріст урожайності від їх внесення у співвідношенні 1:1 (100 кг/га : 100 кг/га) склав 0,67 т/га, а зменшення норми РКД у два рази (співвідношення 1:0,5) не знижувало приріст урожайності, що свідчить про високу ефективність РКД і за зменшених норм (Bykin & Bordiuzha, 2018). Застосування рідких

комплексних добрив (РКД 11-37) за вирощування картоплі столової в умовах Лівобережного Лісостепу України у нормі P_{105} на фоні $N_{120}K_{180}$ забезпечує рослини оптимальним вмістом фосфору в найбільш критичні фази їх росту та розвитку (у фазу сходів водорозчинних сполук фосфору містилось на рівні 75,6 мг/кг, цитраторозчинних – 225 мг/кг; бутонізації – 59,8 мг/кг та 207 мг/кг; цвітіння – 74,2 мг/кг та 226 мг/кг), що зумовило отримання врожаю на рівні 41,8 т/га (Hrynko & Kharytonova, 2019).

Експериментальними дослідженнями за вирощування кукурудзи на чорноземі в умовах Північного Степу України визначено, що рідке комплексне мікродобриво Реаком Плюс доцільно застосовувати для позакореневого підживлення рослин у фазі 6–7 листків у дозі 4 л/га. Це забезпечувало збільшення кількості зелених листків на рослинах кукурудзи (на 2–5 %), площі корисної асиміляційної листкової поверхні (на 8–9 %), вмісту хлорофілу в листках (на 19–18 %) порівняно з контролем. При цьому, маса качана, вихід зерна з нього та маса 1000 зерен при збиранні врожаю збільшувалися, відповідно, на 3–7, 2–5 та 5–3 %. Це забезпечило (у середньому за 2006–2009 рр.) формування високої врожайності зерна, навіть на рівні 6,97 т/га на фоні природної родючості ґрунту (у контролі без внесення мінеральних добрив), на фоні основного удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) вона склала 7,18 т/га (Skrynnyk, 2010).

Оскільки у більшості випадків результати зазначених результатів досліджень висвітлюють лише окремі сторони системи живлення, на наш погляд, їх доцільно узагальнити та проаналізувати.

Мета статті – висвітлити результати дослідження щодо стратегічних напрямів диверсифікації системи живлення з урахуванням кліматичних змін.

Матеріали та методи

Теоретичною і методологічною основами дослідження є діалектичний метод пізнання, основи економічної теорії і ринкової економіки, ідеї, закладені в законодавчих актах України стосовно аграрної реформи. У статті узагальнено дослідження українських та зарубіжних вчених з питань застосування рідких мінеральних добрив та їх порівняння з твердими. У процесі дослідження використовували методи:

економіко-статистичного аналізу, монографічний, експериментальний, розрахунково-конструктивний.

Результати досліджень та обговорення

Зростаючий світовий попит на продовольство диктує сільгоспвиробникам перехід до більш інтенсивного використання землі, збільшення хімічного навантаження на навколишнє природне середовище, що в умовах кліматичних змін призводить до виснаження і погіршення її якості та зумовлює необхідність переосмислення проблеми застосування добрив і підходів до обґрунтування системи удобрення сільськогосподарських культур, визначення раціональних форм, доз, строків і способів внесення добрив з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов та еколого-біологічних особливостей культур.

Добрива поділяють на різні групи залежно від хімічного складу (органічні, мінеральні, біопрепарати), конструкції (прості, комплексні і мікродобрива), характеру дії на рослину і ґрунт (прямої та опосередкованої дії або післядії), фізичного стану (рідкі та тверді) тощо. Нині використовують як тверді (гранульовані), так і рідкі мінеральні добрива. Досить часто можна почути різні міркування фахівців з приводу того, які з мінеральних добрив – тверді чи рідкі – є ефективнішими (Lohinova, 2016).

У більшості випадків питання вибору сухих або рідких добрив вирішують, виходячи з ціни на елементи живлення, можливості транспортування і зберігання, технологічної практики господарства. Значної агрономічної різниці в цих видах добрив немає. Головною перевагою рідких добрив, порівняно з твердими, є можливість приготування специфічних сумішей, при цьому за складом суміш виявляється гомогенною. При змішуванні твердих добрив досягти такої рівномірності неможливо, оскільки це залежить від однорідності розміру частинок окремих компонентів.

Серед рідких комплексних добрив виділяють два основних види – суспензії і розчини. У розчинах речовини повністю розчинені у воді, тоді як у суспензії вони розчинені частково, і деякі компоненти, зокрема калій, суспензовані у воді. Особливого поширення набули рідкі комплексні добрива, зокрема суспензовані, починаючи з другої половини ХХ сторіччя: в 1974 їх частка становила 25 % всіх рідких добрив, а у

1984 році вона зросла до 40 %. У наступні роки їх застосування значно знизилася, поступаючись місцем чистим розчинам.

У світовій практиці для внесення активно використовують рідкі добрива (РД) одночасно з сівбою у таких країнах, як Австралія (з огляду на серйозний обмежуючий чинник: низьку вологість ґрунту), Канада й США. За деякими даними, у сільському господарстві США існує думка про те, що інтенсивність розвитку рослинництва в державі визначається ступенем використання добрив у рідкому вигляді, тому застосування рідких азотних добрив порівняно з традиційними гранульованими сягає 60–80 %, зокрема частка рідкого аміаку становить до 52 % всіх азотних добрив, 22 % комплексних використовують у рідкому вигляді. У Західній Європі обсяги використання РД складають 15–25 %, причиною чого є значно менший розмір полів і господарств, а також слабкий розвиток інфраструктури для їх зберігання і внесення. Окрім того, кліматичні умови більшості площ сільськогосподарського землекористування дозволяють використовувати гранульовані добрива, які досить швидко розчиняються, використовують необхідну кількість вологи і надходять до коренів рослин.

Найбільше мінеральних добрив в Україні використовували у 1987 р., коли було внесено 4,7 млн т д. р., у тому числі 2,1 млн т азотних, 1,25 млн т фосфорних і 1,3 млн т калійних добрив. На 1 га посівної площі вносили 152 кг д. р. *NPK* (Kernasiuk, 2019). У 1990 році внесення добрив склало 4,4 млн тонн у поживних речовинах. Використовували тукоsumіші на основі калію хлористого та суперфосфатів, а більшу кількість комплексних добрив, зокрема аммофос і нітроамоску (*NPK*), переважно експортували. Випуск *NPK* був не таким масштабним як зараз, тож переважали добрива з низьким вмістом фосфору. Тим не менш, частка фосфорних добрив до всіх у діючій речовині складала 30 %, а калійних – 28 %. У 2018 році ця частка не сягла навіть 20 %, а доля азотних зросла до 65 %. При цьому, загальний обсяг внесення добрив у поживних речовинах зменшився з 4,4 до 2,3 млн тонн.

За оцінками *Pro-Consulting* у 2018 р. в структурі використання українськими агропідприємствами на азотні добрива припадало 68 % загальної кількості добрив, на калійні –

3,7 %, а на фосфорні – 0,3 %. Частка комплексних добрив становила 28 %.

Проблема полягає в тому, що складних добрив із вмістом одночасно фосфору, калію та азоту в Україні практично не виробляють. В основному, виготовляють селітру, карбамід, КАС. Більшість комплексних добрив у нашу країну імпортують з Європи, Росії та Казахстану (Kazakova, 2015).

В останні роки ринок добрив динамічно змінюється, у сучасних економічних умовах добрива слід застосовувати з високою їх окупністю, раціонально. Гостро постало питання щодо підвищення ефективності мінерального живлення у розрізі сільськогосподарських культур. Комплексні гранульовані добрива (аммофос, нітроаммофоска тощо) до 50 % фосфатів містять у нерозчинній формі, що знижує ефективність їх застосування.

До 60 % зростання врожайності забезпечують водорозчинні форми фосфатів. Рідкі фосфоромісні добрива виробляють у двох основних формах: на основі ортофосфату амонію і поліфосфатів амонію. Різниця між різними РКД залежить від марки фосфорної кислоти, використаної в процесі виробництва.

У посушливі роки добрива в ґрунті знаходяться у нерозчинному стані і їхні солі майже зовсім не дисоційовані на іони. При цьому, ґрунтовий розчин має високий осмотичний тиск, що викликає плазмоліз цитоплазми клітин, а поживні речовини слабо засвоюються кореневою системою. В таких випадках виникає потреба у проведенні позакореневого підживлення рідкими комплексними добривами (Baliuk et al., 2018).

Також серед українських сільгоспвиробників набуває популярності внесення рідких мінеральних добрив замість гранульованих під час сівби. Ця технологія, на думку експертів, особливо актуальна у регіонах із дефіцитом вологи, а також у тих господарствах, де практикують ресурсозберігаюче землеробство. Рідкі форми добрив перерозподіляються на більшу відстань від місця внесення, в результаті чого є більш доступними порівняно з твердими.

Загалом принципова різниця у виробництві між твердими і рідкими комплексними добривами полягає у тому, що для отримання твердих використовують переважно ортофосфорну кислоту (з концентрацією 48–

54 %), а для рідких комплексних – пірофосфорну кислоту (за концентрації фосфору 72–80 %). Основу більшості фосфорних добрив складає аніон $H_2PO_4^{2-}$, який при фосфорному живленні споживають (поглинають) рослини з ґрунтового розчину. Зазначений аніон упродовж року в ґрунті переміщується не більше, як на 1 см, а коефіцієнт використання фосфору з фосфорних добрив складає 25–27 %. Збільшити коефіцієнт використання цього елемента з твердих комплексних добрив можливо за їх локального способу внесення в ґрунт.

Виготовлення гранульованих комплексних мікродобрив у вигляді мікрогранул, до складу яких включають слабкі органічні кислоти, є достатньо вартісним. Основним недоліком застосування комплексних мікродобрив є хімічне зв'язування аніону $H_2PO_4^{2-}$ у слабозчинні сполуки – фосфати кальцію і магнію, які на карбонатних ґрунтах та за посушливості здатні переміщуватись у верхні шари ґрунту. Звичайно ж, зв'язування рухомих сполук фосфору ґрунту зменшує їх доступність для рослин із твердих фосфоровмісних комплексних добрив.

У свою чергу, рідкі комплексні добрива (РКД) виготовляють на основі пірофосфорної кислоти і вони не мають вищенаведених недоліків порівняно з твердими. Адже солі пірофосфорної кислоти хімічно не взаємодіють з карбонатами кальцію та магнію.

До того ж, перерозподіл карбонатів кальцію у верхні шари ґрунту можна прискорити шляхом добору способу обробітку ґрунту, а саме запровадженням нині поширених мілкового та нульового обробітку, що підтверджено багатьма дослідженнями, зокрема проведеними на Ерастівській дослідній станції ДУ Інституту зернових культур НААН України упродовж 1989–2005 рр. Крамарьовим С. М. та ін. науковцями (Kramarov, 2019).

З рідких добрив більш поширені аміачна вода і КАС, а менш поширені, однак перспективні – рідкі комплексні добрива (РКД). За впливом на врожай аміачна вода не поступається твердим аміачно-нітратним добривам, а у посушливі роки навіть перевершує їх. Окрім того, вартість тонни діючої речовини рідких азотних добрив складає лише 52–53 % від вартості діючої речовини аміачної селітри, тобто використовувати рідкі азотні добрива економічно значно вигідніше, ніж

гранульовані. Також позитивною ознакою у застосуванні рідких азотних добрив є дезінфекція ґрунту.

Загалом втрати азоту при внесенні КАС не перевищують 10 %, тоді як при застосуванні твердих добрив вони сягають 30–40 %. Пролонгованість дії і мінімізація втрат азоту є головною перевагою КАС порівняно з твердими азотними добривами і запорукою високої ефективності, яка зростає при використанні його для позакореневих підживлень у комплексі з регуляторами росту (Hrynko & Kharytonova, 2019).

Застосування РКД залежить від погодних умов, часу їх внесення та виду вирощуваної сільськогосподарської культури (Baliuk et al., 2018). Охолодження рідких добрив призводить до виділення твердої фази та утворення осаду, що утруднює їх використання. РКД, які є розчином на основі води або концентрованою суспензією, відрізняються збалансованим вмістом важливих мікро- і макроелементів й рекомендуються в основному для прикореневого і позакореневого підживлень.

Дана група агрозасобів конкурує із звичайними монорозчинами, туковими добривами завдяки низці важливих переваг:

- втрати під час навантаження, перевезення, зберігання складають не більше 1%;
- внесення добрив не залежить від термінів, кліматичних умов;
- засвоюваність елементів живлення сягає 50–60 %;
- відсутність супутніх витрат на тару і утилізацію відходів;
- можливість доповнення композиції стимуляторами росту, гербіцидами тощо.

На базі ТОВ «Миколаївзеленгосп» та ТОВ «Науково-виробниче об'єднання «Нові технології» нами проведено дослідження щодо впливу рідкого комплексного азотно-фосфорного добрива марки *NP 10:34*, з підвищеним вмістом поживних речовин виробництва ТОВ «УТК ХІМАЛЬЯНС», на відростання культури лаванди після збирання врожаю.

Згідно із заявленими даними та проведеною експертизою державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» основні властивості РКД відповідали наступним показникам (табл. 1).

Таблиця 1. Результати випробувань азотно-фосфорного добрива марки NP (10:34)

Показник	Одиниця виміру	Результати випробувань	НД на метод випробувань
Кислотність	Одиниць рН	6,0	ДСТУ ISO 10390:2001
Масова частка загального азоту N	%	10,4	ГОСТ 30181.1-90
Масова частка загального фосфору (P ₂ O ₅)	%	34,3	ГОСТ 20851.2-93 (п.1)
Масова частка засвоюваного фосфору	%	32,6	ГОСТ 20851.2-93 (п.5)
Масова частка водорозчинного фосфору	%	30,5	ГОСТ 20851.2-93 (п.6)

РКД 10:34 – це високоефективне, концентроване, безнітратне добриво з підвищеним вмістом поживних речовин. Воно являє собою прозору або зеленкувату рідину. У даному добриві практично відсутній осад та сторонні домішки, що забезпечує його якісне внесення і тривале зберігання. РКД не містить

токсичних і радіоактивних домішок.

Вносили РКД у підживлення посіву лаванди після збирання суцвіть із розрахунку 50 л/га та 400 л робочої рідини. У результаті використання добрива через 20 днів спостерігали істотне покращення стану рослин (рис. 1–3).



обробка водою



підживлення РКД

Рис. 1. Стан гілочок рослин лаванди



обробка водою



підживлення РКД

Рис. 2. Стан кущів рослини лаванди



обробка водою



підживлення РКД

Рис. 3. Стан дослідних ділянок рослини лаванди

Таблиця 2. Порівняльна характеристика деяких видів рідких добрив

Вид добрива, вміст діючої речовини	Співвідношення «ціна/якість»	Показовий аспект, який вигідно підкреслює доцільність внесення	Спосіб і строк внесення	Спосіб зберігання
1	2	3	4	5
Аміачна вода (АВ), 20 %, 16–17%	Вартість одиниці д. р. майже вдвічі нижча, аніж у гранульованій аміачній селітрі	Відсутність залежності від погодних умов та вологості	Під осінній обробіток ґрунту, або навесні не менше ніж за 10 днів до сівби. Бажано заробляти в ґрунт на глибину 10–12 см, аби запобігти втратам при випаровуванні	Не потребує особливих умов. Герметичні сталеві ємності зі справним рівнеміром та манометром, де обов'язково мідні елементи замінені на чавунні або виготовлені з інших стійких матеріалів
Карбамідно-аміачна суміш (КАС), 28–32 %	Є одним з найпроблемніших видів добрив у плані закупівлі та зберігання	Діюча речовина в КАС міститься у трьох формах: нітратній, амонійній та амідній. Має пролонговану дію	Під осінній обробіток ґрунту використовувати ті форми КАС, які не кристалізуються за помірних морозів. Це КАС-28 (до – 17°C) та КАС-30 (до – 9°C) навесні – під передпосівний обробіток; у період вегетації сільськогосподарських культур для кореневого і позакореневого підживлень	Необхідно мати спеціальні ємності для зберігання, заповнювати не більше, ніж на 80–85%. Всі крани та деталі із кольорових металів слід замінити елементами зі склопластику, полівінілхлориду чи нержавіючої сталі. В якості прокладок застосовують пластинчасту гуму на основі стирольного каучуку
Рідкі комплексні добрива (РКД) РКД марок 10-34-0 та 11-37-0		Не містять вільного аміаку, застосовують найчастіше для операцій, які передбачають максимальну точність внесення та ефективність. При внесенні в ґрунт досягається більш рівномірний	Суцільним розподілом по поверхні ґрунту перед оранкою і культивуацією, локально під час сівби, у кореневі і позакореневі підживлення, в системі фертигації, для капсулювання і дражування насіння, їх передпосівної обробки, або ж внутрішньоґрунтового внесення у міжряддя за допомогою аплікаторів	Рідкі комплексні добрива зумовлюють сильну корозію кольорових металів, але до неї стійкіші низьковуглецеві сталі та пластмаси. Термін зберігання РКД у господарствах має не перевищувати 6 міс. в осінньо-зимовий період і 3 місяці влітку

1	2	3	4	5
		розподіл елементів живлення в певному шарі ґрунту, ніж при внесенні гранульованого добрива		
Суспензовані рідкі комплексні добрива (СРКД), 12-12-12, 10-30-10, 12-25-10	Нижча порівняно з розчинами ціна, можливість присутності в складі нерозчинних домішок, що робить їх конкуренто-спроможним і порівняно з твердими добривами	Високий вміст елементів живлення (більше 40 %) і можливість приготування сумішей з різними співвідношеннями поживних речовин	Вносять переважно суцільним методом на поверхню ґрунту перед його обробітком	

Висновки

Родючість ґрунтів України, зокрема і зони Південного Степу, поступово знижується. Це відбувається у зв'язку з недотриманням рекомендованих для зони норм застосування органічних і мінеральних добрив та їх співвідношення при вирощуванні сільськогосподарських культур, відхиленням від обґрунтованого чергування культур у сівозмінах, зменшенням у їх доборі бобових, у т. ч. багаторічних, які збагачують ґрунт органічною речовиною і біологічним азотом.

Основні показники родючості ґрунтів зберігаються і навіть можуть покращуватися за сумісного внесення органічних і мінеральних добрив, за цих умов найвищою формується і продуктивність сільськогосподарських рослин. Разом з тим, останнім часом обсяги застосування органічних речовин істотно зменшилися, що зумовлює більш ретельно використовувати мінеральні добрива, добираючи ефективні їх норми, види та форми для позитивного впливу на родючість, підвищення врожаю і якості продукції за одночасного забезпечення високої окупності одиниці внесеного добрива.

Обґрунтовано, що у сучасних умовах господарювання доцільно збільшити обсяги використання рідких (простих і комплексних) мінеральних добрив, ефективність яких меншою мірою залежить від рівня зволоження ґрунту.

References

- Baliuk, S. A., Nosko, B. S. & Vorotyntseva, L. I. (2018). Rehuliuvannia rodiuchosti gruntiv ta efektyvnosti dobryv v umovakh zmin klimatu [Regulation of fertility of soils and efficiency of fertilizers in conditions of climate fluctuations]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 4 (781), 5–12. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-01> [in Ukrainian].
- Barabolia, O. V., Barat, Yu. M., Kulyk, M. T. & Onoprienko, O. V. (2018). Urozhainist pshenytsi ozymoi zalezho vid systemy udobrennia ta pohodnykh umov vehetatsiinoho periodu [Crop capacity of winter wheat depending on fertilization system and weather conditions of a vegetation period]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 3–19. doi: 10.31395/2310-0478-2018-21-3-9 [in Ukrainian].
- Bykin, A. V. & Bordiuzha, I. P. (2018). *Dynamika fraktsiinoho skladu spoluk fosforu u*

temno-siromu opidzolenomu grunti za vnesennia ridkykh fosfornykh dobryv [Dynamics of fractional composition of phosphorus compounds in dark gray podzolized soil for the application of liquid phosphorus fertilizers]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 101, 183–187 [in Ukrainian].

Cherenkov, A. V., Nesterets, V. H., Solodushko, M. M., Krotinov, I. V. & Kobos, I. O. (2018). Vplyv ahroekologichnykh i tekhnologichnykh chynnykiv na formuvannia vrozhaivosti pshenytsi ozymoi u Pivdenno-skhidnomu Stepu [Influence of agroecological and technological factors upon formation of productivity of winter wheat in South-East Steppe]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 5 (782), 18–26. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201805-03> [in Ukrainian].

Chizhova, M. S., Denisenko, A. I. & Rybina, V. N. (2004). Produktivnost korotkorotatsionnogo sevooborota pri primenenii mineralnykh udobreniy v usloviyakh Luganskoj oblasti [Productivity of short-rotation crop rotation in the application of mineral fertilizers in the conditions of the Luhansk region]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 31, 99–106 [in Russian].

Domaratskiy, Y., Berdnikova, O., Bazaliy, V., Shcherbakov, V., Gamayunova, V., Larchenko, O. ... Boychuk, I. (2019). Dependence of winter wheat yielding capacity on mineral nutrition in irrigation conditions of Southern Steppe of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*, 46 (3), 594–598.

Gamajunova, V. (2017). Sustainability of Soil fertility in Southern Steppe of Ukraine, Depending on fertilizers and irrigation. In Dent D. & Dmytruk Yu. (Eds.). *Soil Science Working for a Living : Applications of soil science to present-day problems* (pp. 159–166). Switzerland : Springer International Publishing. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-45417-7_14.

Hamaiunova, V. V. (2018). Efektyvnist zroshennia ta vplyv dobryv na vykorystannia volohy roslynamy i pidvyshchennia stiikosti zemlerobstva zony Stepu [Irrigation Efficiency and Effect of Fertilizers on the Use of Moisture by Plants and Increasing the Sustainability of Steppe Agriculture]. In Baliuka, S. A., Medvedieva, V. V., Noska, B. S. *Adaptatsiia ahrotekhnologii do zmin klimatu: gruntovo-ahrokhimichni aspekty (za naukovoju redaktsiieiu)* (pp. 108–126). Kharkiv : Stylna typohrafiia [in Ukrainian].

Hamajunova, V., Hlushko, T. & Honenko, L. (2018). Presevation of soil fertility as a basis for improving the efficiency of management in the

southern Steppe of Ukraine. *Scientific development and achievements*, 4, 13–27.

Hordeichuk, D. (2019). Dobryva 2.0 abo chy hotovi ahrarii do novoi realnosti [Fertilizers 2.0 or are farmers ready for the new reality]. Retrieved from <https://infoindustria.com.ua/dobriva-2-0/> [in Ukrainian].

Hospodarenko, H. M., Prokopchuk, I. V., Stasinievych, O. Yu. & Boiko V. P. (2019). Produktyvnist polovoi sivozminy za riznykh doz i spivvidnoshen dobryv rehionu [Influence of fertilizer application ratio on field crop rotation effectiveness]. *Scientific Horizons*, 3 (76), 80–86. doi: 10.33249/2663-2144-2019-76-3-80-86 [in Ukrainian].

Hryno, Yu. & Kharytonova, D. (2019). Vnesennia ridkykh dobryv iz posivom [Application of liquid fertilizers with sowing]. *Ahronom*, 1, 24–28 [in Ukrainian].

Kazakova, I. V. (2015). Osoblyvosti formuvannia svitovoho ta vitchyznianoho rynkiv mineralnykh dobryv [Features of formation of world and domestic markets of mineral fertilizers]. *Ekonomika i prohnozuvannia*, 2, 104–118 [in Ukrainian].

Kernasiuk, Yu. (2019). Rynok mineralnykh dobryv [Mineral fertilizer market]. Retrieved from <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/10772-rynok-mineralnykh-dobryv.html> [in Ukrainian].

Khudiakov, O. I. (2011). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia ridkym dobryvom na yakist soi [Influence of liquid foliar top dressing on quality of soya bean]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 9, 49–50 [in Ukrainian].

Kramarov, S. M. & Bandura, L. P. (2019). Porivnialna otsinka efektyvnosti tverdykh ta ridkykh kompleksnykh dobryv [Comparative evaluation of the effectiveness of solid and liquid complex fertilizers]. *Stan i perspektyvy rozrobky ta vprovadzhenia resursooshchadnykh, enerhozberihaiuchykh tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur*, Zbirnyk materialiv IV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (pp. 61–64). Dnipro : Dniprovskiy derzhavnyi ahraryno-ekonomichnyi universytet [in Ukrainian].

Kramarov, S. M., Shevchenko, M. S. & Shevchenko, V. M. (2000). Pozakoreneve pidzhyvlennia posiviv hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti [Foliar cultivation of corn hybrids of different ripeness groups]. *Biuletyn Instytutu*

- zernovoho hospodarstva UAAN*, 12–13, 36–39 [in Ukrainian].
- Loginova, I. (2016). Zhidkiye kompleksnyye udobreniya [Liquid complex fertilizers]. *Agronom*, 2, 24–28 [in Russian].
- Medvediev, V. V. (2014). Fizychni ta fizyko – mekhanichni vlastyivosti gruntiv yak osnova dlia stvorennia hruntoberezhuvannykh znariad i tekhnolohii obrobittu [Physical and physical - mechanical properties of soils as a basis for creation of soil - saving tools and tillage technologies.]. *Ahrokhimii i gruntoznavstvo*, special issue (1), 86–106 [in Ukrainian].
- Nosko, B. S., Medvediev, V. V. & Nepochatov, O. P. (2000). Rol dobryv u pidvyshchenni efektyvnosti zemlerobstva v posushlyvykh umovakh [The role of fertilizers in increasing the efficiency of agriculture in arid conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5, 11–15 [in Ukrainian].
- Orlovskiy, M. Yo., Tymoshchuk, T. M., Konopchuk, O. P, Voitsehivsky, V. I. & Didur, I. M. (2019). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist pshenytsi ozymoi v umovakh Zakhidnoho Polissia Ukrainy [The effect of growth technology features on the productivity of winter wheat in the context of Ukrainian Western Polissia]. *Scientific Horizons*, 11 (84), 77–85. doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-77-85> [in Ukrainian].
- Polovyi, A. M., Bozhko, L. Yu. & Adamenko, T. I. (2017). Ahrometeorolohichni doslidzhennia v Ukraini [Agrometeorological research in Ukraine]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal*, 19, 72–81. doi: <https://doi.org/10.31481/uhmj.19.2017.09> [in Ukrainian].
- Polovyi, V. M., Lavruk, M. M. & Kulyk, S. M. (2018). Dyferentsiatsiia fizyko-khimichnykh pokaznykiv i produktyvnosti dernovo-pidzolistoho gruntu vnaslidok tryvaloho zastosuvannia riznykh system udobrennia i doz vapna [Differentiation of physicochemical parameters and productivity of sod-podzolic soil owing to long application of different fertilizer systems and doze of lime]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5 (782), 12–17. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201805-02> [in Ukrainian].
- Popov, S. I., Avramenko, S. V. & Shevchenko, T. V. (2019). Efektyvnist prykorenevoho azotnoho pidzhyvlennia pshenytsi ozymoi v umovakh posushlyvoi oseni skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Efficiency of root nitrogen supplementary feeding of winter wheat in conditions of autumn drought of Eastern Forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5 (794), 22–30 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905-02> [in Ukrainian].
- Prokhorchuk, I. (2018). Innovatsiini tekhnolohii vykorystannia dobryv: dosvid SShA [Innovative fertilizer technologies: US experience]. Retrieved from <https://www.growhow.in.ua/innovatsijni-tehnologiyi-vykorystannya-dobryv-dosvid-ssha>.
- Skrynnyk, Ya. T. (2010). Osoblyvosti zastosuvannia kompleksnykh ridkykh dobryv pry vyroshchuvanni kukurudzy v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Features of the application of complex liquid fertilizers for growing corn in the Northern Steppe of Ukraine]. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva*, 39, 103–106 [in Ukrainian].
- Tkachuk, V. P., Kotelnytska, H. M., Tymoshchuk, T. M. & Saiuk, O. A. (2019). Produktyvnist liupynu vuzkolystoho zalezho vid dobryv na dernovo-pidzolistykh supishchanykh gruntakh [Productivity of blue lupin on soddy podzolicsandy loam soil depending on fertilizers]. *Scientific Horizons*, 1 (64), 25–32. doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-74-1-25-32> [in Ukrainian].
- Vasylchenko, V. (2011). Tverdi ta ridki mineralni dobryva: perevahy za ridkymy [Solid and liquid mineral fertilizers: advantages over liquid ones]. *Ahronom*, 4, 150–153 [in Ukrainian].
- Vasylenko, M. H. (2017). Orhano-mineralni dobryva i rehulatory rostu roslyn v orhanichnomu zemlerobstvi [Organic-mineral fertilizers and plant growth regulators in organic farming]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 2, 11–18 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201702-02> [in Ukrainian].