

А. А. Жешко

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: azeshko@gmail.com

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В статье представлены основные характеристики некоторых минеральных удобрений и химмелиорантов, выполнен анализ способов внесения удобрений и видов разбрасывателей, рассмотрена структура потенциальных потерь удобрений в случае некачественного их внесения.

Ключевые слова: твердые минеральные удобрения, химические мелиоранты, структура потерь, нормы внесения, основное внесение, подкормка.

A. A. Zheshko

RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azeshko@gmail.com

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF APPLICATION OF SOLID MINERAL FERTILIZERS

Abstract. The article presents the main characteristics of some mineral fertilizers and chemical meliorants, analyzes the methods of applying fertilizers and types of spreaders, and considers the structure of potential losses of fertilizers in case of poor-quality application.

Keywords: solid mineral fertilizers, chemical meliorants, loss structure, application rates, basic application, top dressing.

Введение

Для эффективного применения твердых минеральных удобрений необходим всесторонний анализ значительного количества факторов. Прежде всего нужно учитывать различные виды минеральных удобрений и их физико-механические свойства, особенности и дозы внесения, а также виды технических средств, которые используются для распределения удобрений. Также необходимо учитывать возможные потери удобрений при их доставке от завода до непосредственного места внесения.

Основная часть

К удобрениям относят элементы питания растений, а также бактериальные препараты, которые способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур, мобилизуют элементы питания, которые находятся в почве, и улучшают ее структуру. Культурным растениям для успешного развития и роста требуется пополнение питательных веществ, таких как азот N, фосфор P и калий K, которые они получают в виде вносимых удобрений [1, с. 27; 2, с. 18; 3, с. 120].

В зависимости от агрономического назначения можно выделить *прямые* и *косвенные* удобрения. Первые делятся на *односторонние*, которые содержат в каждой частице один питательный элемент, и содержащие от двух и более питательных элементов *комплексные* удобрения [2, с. 5–20; 4].

Для усиления биологических процессов и улучшения свойств почвы применяются *косвенные* удобрения. К ним относят биологические удобрения и химические мелиоранты [5, с. 112].

В зависимости от метода получения и места происхождения удобрений их можно разделить на *местные* – органические и промышленно произведенные *заводские*, к которым относятся минеральные удобрения или туки. Наиболее распространенным является разделение удобрений на *органические* и *минеральные*.

В зависимости от «конструкции» минеральных удобрений можно выделить *простые, сложные, комбинированные, смешанные, сложно-смешанные* [6, с. 35; 7, с. 37].

По агрегатному состоянию можно выделить *твердые* и *жидкие* удобрения. Отдельно следует выделить жидкий безводный аммиак, который хранится в цистернах под давлением и образует газ, превращаясь в гидроксид аммония, при этом он не вымывается и не улетучивается после попадания в почву. Жидкие растворы удобрений могут не содержать твердых включений или являться растворами-суспензиями с содержанием твердых частиц [7, с. 297; 8, с. 96].

Твердые удобрения подразделяются на *активно сыпучие*, к которым относятся *азрируемые (пылевидные)* химические мелиоранты и *неазрируемые* твердые минеральные удобрения, а также *пассивно сыпучие* – большинство органических удобрений, торфонавозные компосты.

Минеральные удобрения характеризуются количеством действующего вещества, выраженного в процентном отношении. Для азотных удобрений количество действующего вещества определяется содержанием в них азота N, фосфорные удобрения – содержанием окиси фосфора P_2O_5 , калийные удобрения – содержанием окиси калия K_2O [9, 10, 11].

В таблице приведена характеристика твердых минеральных удобрений, выпускаемых заводами Республики Беларусь. Твердые азотные удобрения получают путем прилливания и гранулирования. При прилливании расплав разбрызгивают в воздушной среде, в результате чего капли затвердевают и получают однородные по размерам прилли. Гранулированный карбамид получают в барабанных или тарельчатых грануляторах.

**Характеристика некоторых минеральных удобрений и химмелиорантов,
выпускаемых заводами Республики Беларусь**

Наименование, химическая формула	Внешний вид, размер	ГОСТ или ТУ	Содержание питательных веществ, %
Карбамид прилливанный (насыпью), $H_2N-CO-NH_2$	Приллы белого цвета или слегка окрашенные, 1–4 мм	ГОСТ 2081-2010	Массовая доля азота в пересчете на сухое вещество не менее 46,2
Карбамид гранулированный, $H_2N-CO-NH_2$	Гранулы или кристаллы белого цвета или слегка окрашенные, 1–4 мм	ГОСТ 2081-2010	46,2
Смесь карбамидо-аммиачная КАС-30, $NH_4NO_3-(NH_2)_2CO-H_2O$	Бесцветная или слегка окрашенная жидкость	ТУ РБ 500036524.054-2004	30
Сульфат аммония (насыпью), $CaH_2PO_4)_2 \times H_2O + 2CaSO_4 \times 2H_2O$	Белые или прозрачные кристаллы, 0,5–6 мм	ГОСТ 9097-82	Не менее 21
Суперфосфат, $CaH_2PO_4)_2 \times H_2O + 2CaSO_4 \times 2H_2O$	Гранулы серого цвета 1–4 мм	ГОСТ 5956-78	P_2O_5 не менее 18–19
Азотно-фосфорно-калийные удобрения	Гранулы розового цвета, 1–5 мм	ТУ ВУ 400069905.020-2003	N – 8–16 P_2O_5 – 16–24; K_2O – 16–30
Аммофос, $(NH_4)_2HPO_4$	Светло-серые гранулы, растворимые в воде, 0,5–4 мм	ГОСТ 18918-85 (СТ СЭВ 3372-81) ТУ ВУ 400069905.030-2006	азота 10–13, фосфатов 35–52
Калий хлористый гранулированный KCl	Гранулы неправильной формы от серовато-белого до красно-бурого цвета, 1–4 мм, прочность 80–85 %	ГОСТ 4568-95; ТУ РБ 600122610.010-2002	K_2O –60
Доломитовая мука, $CaMg(CO_3)_2$	Рыхлая или сыпучая масса, до 1 мм	ГОСТ 14050-93	

Сведения о содержании питательных веществ в удобрениях позволяют консолидировать их с данными о плодородии почвы и определить дозу вносимых удобрений на 1 га в физическом весе. Сведения о химическом составе удобрений позволяют разрабатывать защитные покрытия для узлов сельскохозяйственных машин, что дает возможность предотвратить или свести к минимуму коррозионное воздействие на элементы конструкции [12, с. 198].

Всего в сельскохозяйственных предприятиях страны применяют около 30 наименований минеральных удобрений. Все они отличаются физико-механическими свойствами. Как видно из таблицы, большинство частиц твердых минеральных удобрений находится в диапазоне 1–4 мм.

Способы внесения удобрений. Существует три наиболее распространенных способа внесения удобрений: *основное (сплошное), припосевное* внесение и *подкормка*.

Сплошным способом вносят около 70 % минеральных удобрений и химические мелиоранты. После внесения удобрения заделываются в почву плугами или другими почвообрабатывающими машинами. Одним из основных требований агротехники к процессу сплошного внесения удобрений является равномерность распределения материала по площади поля при постоянстве заданной дозы. Особенно это требование важно для наименее подвижных в почве фосфорных удобрений, которые являются труднорастворимыми.

Важнейшим агротехническим требованием также является качественная заделка удобрений, которая обусловлена будущей возделываемой культурой, типом почвы и видом удобрений. От применяемых при заделке почвообрабатывающих машин зависит размещение удобрений в верхних горизонтах почвы. Если осуществлять заделку тяжелой бороной в почвенном горизонте 0–4 см остается 65–55 % удобрений, при обработке легкой бороной в два следа в названном горизонте будет около 75 %, а при использовании легкой бороны в один след – 85 % удобрений [2, с. 8]. При заделке удобрений культиватором с увеличением глубины обработки от 10 до 20 см наблюдается уменьшение содержания удобрений в почвенном горизонте 0–4 см с 70 до 40 %. Также углубляет на 2 см размещение удобрений обработка в два следа культиватором или бороной.

В случае заделки удобрений плугом на глубину вспашки 30 см в почвенном горизонте 16–26 см размещается 60–70 % удобрений, внесенных сплошным разбрасыванием по полю, при обработке на глубину 20 см отвальным плугом 80 % удобрений разместится на глубине 5–20 см.

Обработка культиваторами с плоскорежущими лапами на глубину 12 см размещает в слое 0–5 см 38 % удобрений, а оставшиеся попадают в слой 5–12 см. Высокие показатели равномерности распределения удобрений в почве обеспечивают почвообрабатывающие фрезы [2, с. 15].

Таким образом, в зависимости от физиологических особенностей будущей возделываемой культуры и особенностей ее корневой системы можно регулировать размещение удобрений в почве путем выбора определенных почвообрабатывающих орудий, их технологических параметров и количества обработок.

Припосевное (местное) внесение удобрений осуществляется вместе с посевом или посадкой сельскохозяйственных культур в рядках. При этом удобрения должны располагаться с учетом особенностей корневой системы растений. А также следует учитывать различную подвижность в почве в зависимости от вида удобрений [12, 13, 14]. Учитывая, что фосфорные удобрения имеют наименьшую подвижность, допускается внесение гранулированного суперфосфата вместе с семенами зерновых культур. Более подвижные удобрения должны быть отделены от семян прослойкой почвы для исключения повреждения корневой системы, например, для семян свеклы это значение должно составлять 0,5–1 см.

Подкормки выполняют при уходе за сельскохозяйственными культурами. Для зерновых культур и трав осуществляют *внекорневую* подкормку путем рассева удобрений по всей площади возделываемого участка. Корневую подкормку пропашных культур осуществляют для пропашных культур, когда удобрения вносят вдоль рядков на заданном расстоянии и заделывают в почву [15, 16].

Практикой доказано, что наибольшая прибавка урожая обеспечивается при комбинировании основного, припосевого и подкормочного внесения удобрений.

Нормы внесения удобрений, влияние кислотности почв и содержания гумуса. Важнейшим показателем технической характеристики машин химизации является диапазон внесения удобрений. При этом следует различать дозу и норму внесения удобрений. Под дозой понимается

количество питательных элементов, которые требуется внести, тогда как нормой является количество вносимых удобрений в физическом весе.

При сплошном (основном) внесении применяют от 100 до 1 000 кг/га, при подкормке прикорневой и внекорневой – от 20 до 100 кг/га удобрения в физическом весе.

Эффективность применения минеральных удобрений существенно зависит от кислотности почв. На сильнокислых почвах, согласно данным агрохимической науки, эффективность минеральных удобрений снижается на 50 %, а на кислых – на 20–30 %. Неравномерность распределения химических мелиорантов по площади поля также существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур.

Увеличение содержания гумуса в почве улучшает ее физико-механические свойства, что способствует повышению эффективности применения минеральных удобрений. Кроме того, повышение содержания гумуса приводит к снижению коэффициента трения почвы, что уменьшает тяговое сопротивление машин химизации для внутрипочвенного внесения удобрений, почвообрабатывающих машин, а также техники для посева и посадки сельскохозяйственных культур.

Классификация машин для внесения удобрений. По способу агрегатирования с энергетическим средством машины для внесения удобрений делятся на *навесные, полуприцепные, прицепные и комбинированные*. Выполнять технологическую операцию внесения удобрений приходится на полях с неправильной конфигурацией, на склонах и на полях с неровным рельефом, что предполагает дополнительные требования к конструктивным параметрам машин.

Парк разбрасывателей минеральных удобрений в республике представлен преимущественно навесными разбрасывателями грузоподъемностью 0,5–1,5 т. Работа таких машин по прямой технологии неэффективна ввиду частого перемещения от места складирования к полю. В этой связи для заправки навесных разбрасывателей в поле применяют автомобильный или тракторный транспорт для подвозки удобрений. Перегрузка удобрений из прицепа в кузов разбрасывателя осуществляется, как правило, вручную, что существенно снижает производительность навесных машин. Для повышения сменной производительности целесообразно использовать универсальные средства, которые обеспечивают механизированную загрузку удобрений на складе, транспортировку их в поле и перегрузку в разбрасыватели удобрений.

Вид вносимого удобрения также определяет конструктивно-технологическую схему машин химизации. В наибольшей степени по данному критерию получил подход деления на машины химизации для внесения:

- азота (N);
- фосфора и калия (P и K);
- известковых материалов.

Отступления от данного принципа деления машин приводят к возникновению потерь удобрений по причине их некачественного внесения (см. рисунок). Таким образом некачественное внесение удобрений имеет сразу две подоплеки: экономическую, связанную со снижением окупаемости удобрений и экологическую – загрязнение окружающей среды. Снижение окупаемости приводит к недобору биологического урожая и ухудшению его свойств. В свою очередь неоднородность свойств приводит к неоднородности структуры урожая и полеглости хлебов. Полеглость хлебов является основной причиной потерь урожая при механизированной уборке и снижения производительности машин для внесения удобрений. Неоднородность структуры урожая приводит к снижению технологических и биологических свойств зерна. К технологическим свойствам зерна относятся структурно-механические, физико-химические, биохимические и другие свойства. К биологическим – химические свойства зерна, распределение химических веществ и др.

Допускаемая неравномерность внесения азотных удобрений не должна превышать 10 %, что является наиболее жестким требованием в сравнении с другими минеральными удобрениями. Причиной тому является тот факт, что растения потребляют до 60 % внесенного азота, оставшаяся часть смывается или улетучивается, тем самым загрязняя грунтовые воды и окружающую среду. Первая доза азотных удобрений вносится перед посевом, после следует внесение весной под низкие посевы и далее азотные удобрения вносятся, когда посевы достигают высоты 60–90 см.



Структура потерь удобрений при некачественном их внесении

Важным обстоятельством в структуре потерь удобрений от некачественного их внесения является несоблюдение оптимальных сроков подкормки азотными удобрениями. В зависимости от возделываемой культуры первая подкормка ограничена сроками 4–6,5 дней, вторая 2,4–3 дня и третья 1–3,8 дня. По причине недостатка машин для внесения подкормочных доз удобрений отклонения от оптимальных сроков подкормки могут увеличиваться на 3–5 дней. Превышение допустимых сроков подкормки на 1 день приводит к потере 0,3 ц/га зерна. Трехдневное превышение приведет к потере 0,9 ц/га зерна. Учитывая, что посевные площади под зерновыми и зернобобовыми культурами под урожай 2022 г. в Республике Беларусь составляют 1,9 млн га озимые и 2,2 млн га яровые культуры, то недобор по причине отклонения от оптимальных сроков подкормки может составлять 369 тыс. т зерна. Принимая во внимание затраты топлива на 1 т зерна, которые в среднем составляют 28–30 кг, непроизводительно будет затрачено 10 710 т топлива.

Внесение удобрений зачастую совмещают с другими технологическими операциями: обработкой почвы, посевом, мероприятиями по уходу за сельскохозяйственными культурами, что способствует снижению количества проходов техники по обрабатываемым участкам и более эффективному использованию питательных веществ.

В мировой практике получило распространение внесение фосфорных и калийных удобрений «в запас», что способствует окультуриванию почвы, уменьшает количество проходов техники. Однако внесение фосфорных и калийных удобрений перед посевом и посадкой способствует более эффективному потреблению питательных веществ культурными растениями. Таким образом нужно находить баланс между снижением количества проходов техники и оптимальными условиями для питания культурных растений.

Совокупность перечисленных разновидностей машин, удобрений, способов внесения и диапазон норм, накладывают ограничения на машины химизации земледелия.

Заключение

Подводя итог, необходимо подчеркнуть, что некачественное применение удобрений является причиной недобора урожая сельскохозяйственных культур, а также приводит к загрязнению окружающей среды. Для повышения эффективности применения удобрений необходимо разрабатывать высокоточные технические средства, позволяющие равномерно распределять удобрения по поверхности поля. Перспективным направлением является также внутривидовое внесение твердых минеральных удобрений.

Список использованных источников

1. Степук, Л. Я. Доказательства необходимости разработки и реализации государственной научно-технической программы приоритетного сельхозмашиностроения / Л. Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, 20–21 октября 2022 г. ; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2022. – С. 27–33.
2. Догановский, М. Г. Машины для внесения удобрений. Конструкция, теория, расчет и испытания / М. Г. Догановский, Е. В. Козловский. – М. : Машиностроение, 1972. – 272 с.
3. Hasler, K. Environmental impact of mineral fertilizers: possible improvements through the adoption of eco-innovations / PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. – 2017. – 158 p.
4. Reactive Nitrogen. – URL: <https://unece.org/ru/reactive-nitrogen> (date of access: 08.01.2024).
5. Экологические аспекты применения удобрений в современном земледелии / Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, Л. С. Горбатко // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – №3(7). – С. 112–114.
6. Узаков, З. З. Экологические проблемы применения минеральных удобрений / З. З. Узаков, С. Халикова, А. Эгамбердиев // Символ науки. – 2018. – № 4. – С. 35–37.
7. Вильдфлуш, И. Р. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов, урожайность и качество зерна сортов ячменя кормового назначения / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, Н. В. Барбасов // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 297–307.
8. Ломонос, О. Л. Динамика применения удобрений и потери элементов питания на сельскохозяйственных землях Беларуси / О. Л. Ломонос, М. М. Ломонос // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2023. – № 2. – С. 96–104.
9. Виды органических удобрений и методика расчета их потребности для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Т. М. Кирдун, Н. Ю. Жабровская // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 2. – С. 37–56.
10. Конончук, В. В. Эконометрический анализ использования различных видов органических удобрений в формировании урожайности сельскохозяйственных культур / В. В. Конончук, Л. Н. Иовик // Экологический вестник. – 2016. – № 2 (36). – С. 104–109.
11. Тиво, П. Ф. Экологические аспекты использования бесподстилочного навоза / П. Ф. Тиво, С. М. Крутько, Л. А. Саскевич, Н. А. Гендик // Мелиорация. – 2010. – №2(64). – С. 129–138.
12. Степук, Л. Я. Механизация, экологизация и экономика сферы химизации земледелия Беларуси: проблемы и пути решения / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 198–204.
13. Сорока, С. В. Фитосанитарное состояние посевов в Беларуси и совершенствование системы защиты / С. В. Сорока, Е. А. Якимович // Образование, наука и производство. – 2014. – № 2 (7). – С. 68–72.
14. Кот, Т. П. Повышение эффективности обработки вегетирующих культур обоснованием параметров воздухораспределительной и гидравлической систем штанговых опрыскивателей : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Кот Татьяна Петровна ; РУНИП «Ин-т механизации сельского хозяйства НАН Беларуси». – Минск, 2006.
15. Яшин, С. Н. Применение S-образных логистических кривых при оценке и прогнозировании инновационного потенциала предприятия / С. Н. Яшин, С. В. Тихонов // Финансы и кредит. – 2015. – № 43. – С. 37–50.
16. Николаева, В. М. Методика прогнозирования перспективности освоения инновационной технологии в производстве / В. М. Николаева, В. Н. Тисенко, В. С. Черняк // Инновации. – 2016. – № 4 (210). – С. 104–110.