

## **2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

УДК 631.8:633

### **КОМПЛЕКСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**В. В. Лапа, Г. В. Пироговская, С. С. Хмелевский, В. И. Сороко**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

Урожайность сельскохозяйственных культур при возделывании на дерново-подзолистых почвах в наиболее значительной степени определяет уровень плодородия почв и внесение оптимальных доз минеральных удобрений до посева (азота, фосфора и калия) с учетом биологических особенностей возделываемых растений. Только в этом случае может быть реализован потенциал сорта при условии регулирования азотного питания и химической защиты растений от сорняков, болезней и вредителей в течение периода вегетации. Это очень важное условие эффективного использования минеральных удобрений, что чаще всего не выдерживается в практике сельского хозяйства. Неблагоприятное соотношение между азотом и фосфором отмечается вследствие недостаточного внесения фосфорных удобрений, что обуславливает в целом несбалансированность всех трех элементов питания – азота, фосфора калия. В результате минеральные удобрения не обеспечивают нормативной прибавки урожайности сельскохозяйственных культур и происходит снижение содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах. Так, в период с 2016 по 2020 гг. в расчете на 1 га пахотных почв было внесено 19 кг д. в. фосфорных и 76 кг д. в. калийных удобрений, что не компенсировало вынос этих элементов с урожаем сельскохозяйственных культур. Содержание подвижного фосфора в пахотных почвах снизилось от 188 (2013–2016 гг.) до 177 (2017–2020 гг.) мг/кг почвы, подвижного калия – от 218 до 207 мг/кг почвы соответственно.

Таким образом, нарушение принципа сбалансированности применяемых минеральных удобрений приводит сразу к двум отрицательным эффектам: недобору продуктивности возделываемых культур и снижению запасов фосфора и калия в пахотных почвах. Даже в краткосрочной перспективе это приведет к еще одному негативному последству – снижению устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным погодным условиям, таким как критические понижения или повышение температуры воздуха в период вегетации, которая в значительной степени повышается при высоком содержании фосфора и калия в почвах.

Решение технологических вопросов, приведенных выше, при достигнутом уровне плодородия почв может реально обеспечить формирование урожайности зерновых культур по стране 45–50 ц/га. При этом повышение урожайности может быть достигнуто за счет более высокой эффективности использования минеральных удобрений без увеличения их расчетной потребности, которая в настоящее время составляет около 1,7 млн т в действующем веществе. Обеспечить сбалансированное минеральное питание, которое является основным условием высокой эффективности NPK, при применении простых форм минеральных удобрений раздельным внесением каждого из видов удобрений на практике в силу различных причин очень сложно. Всегда возникает дефицит какого-либо удобрения, чаще всего фосфорных, что приводит к снижению окупаемости прибавкой урожайности применяемых удобрений.

По этим причинам современные агрохимические технологии предусматривают для основного внесения в почву применение комплексных форм минеральных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания для отдельных культур. В странах Западной Европы около 70 % от общего объема минеральных удобрений применяют в форме комплексных и только часть азотных удобрений используют в форме простых для подкормок в период вегетации.

Учеными Института почвоведения и агрохимии совместно с Белорусским государственным технологическим университетом и Гомельским химическим заводом разработан необходимый для сельского хозяйства ассортимент комплексных минеральных удобрений со сбалансированным соотношением азота, фосфора и калия для отдельных культур с учетом их биологических особенностей. Разработаны оптимальные составы удобрений, проведена оценка их эффективности, разработаны технические условия на получение опытных партий комплексных удобрений и технические условия на производство промышленных партий комплексных минеральных удобрений. Промышленное производство этих удобрений осуществляется на Гомельском химическом заводе.

Кроме необходимых макроэлементов комплексные удобрения содержат и микроэлементы, необходимые растениям на начальном этапе их роста и развития. За один проход технических средств по полю вносится весь набор элементов питания в сбалансированном для растений соотношении. Кроме того, при однократном проходе технических средств по полю в два-три раза снижаются затраты на внесение минеральных удобрений, а также уменьшается переуплотнение почвы, одного из важных показателей ее агрофизических свойств.

Новые формы комплексных минеральных удобрений, производимые на Гомельском химическом заводе, широко востребованы на экспорт, однако объемы их применения в хозяйствах Республики Беларусь недостаточны. Для того, чтобы в полной мере реализовать потенциал этих удобрений Институтом почвоведения и агрохимии разработаны рекомендации, утвержденные Научно-техническим советом по растениеводству Министерства сельского хозяйства и продовольствия, в которых предусматривается постепенное увеличение объемов их применения, в первую очередь под наиболее рентабельные культуры: озимый рапс, сахарная свекла, лен. В текущем 2025 г. этот объем должен составить 81 тыс. т в физическом весе с дальнейшим наращиванием объемов до 287 тыс. т ф. в. к 2030 г. [2].

Указанные объемы комплексных минеральных удобрений планируется применять под лен, сахарную свеклу и озимый рапс.

В технологии возделывания сахарной свеклы основная доза минеральных удобрений вносится весной до посева в форме комплексного минерального удобрения и заделывается в почву на глубину 15–20 см. Для почв со средним содержанием фосфора и калия лучшей формой удобрения является марка 16–12–20, которая может выпускаться с натрием, серой, бором и марганцем (возможно с натрием и бором). В физическом весе доза комплексного удобрения составляет 6,0–7,0 ц/га. При отсутствии комплексного удобрения используют простые формы удобрений, но для получения планируемой урожайности корнеплодов нужно обязательно обеспечить внесение расчетных доз и сбалансированного соотношения элементов питания. В фазу 4–6 листьев проводится дополнительная подкормка азотом в форме карбамида в дозе 35–45 кг/га д. в., а также некорневые подкормки – борными и марганцевыми микроудобрениями в дозе  $B_{0,3} Mn_{0,075}$  (1-я – в фазе 10–12 листьев, 2-я – через 1,0–1,5 месяца после первой подкормки).

С учетом биологических особенностей льна-долгунца и его отношения к почвенной кислотности для основного внесения под эту культуру разработаны три основные формы комплексных минеральных удобрений с соотношением NPK 5–16–35, 6–21–32 и 7–15–29 с бором, цинком и железом, которые повышают устойчивость растений к поражению бактериозом.

Марка удобрения 5-16-35 с бором, цинком и железом с соотношением азота, фосфора и калия 1 : 3,2 : 7,0 рекомендуется для почв с низким и средним содержанием калия в почвах, при средней дозе внесения перед посевом 5,0 ц/га в физическом весе, а марки 6–21–32 и 7–15–29 – на почвах со средним, повышенным и высоким содержанием калия в почвах в дозах от 3 до 5 ц/га ф. в. при средней дозе 4,0 ц/га ф.в.

Микроэлементы бор, цинк и железо, содержащиеся в комплексных минеральных удобрениях, обеспечивают потребность в них растений на начальных этапах развития, в дальнейшем в фазу елочки требуется проведение некорневой подкормки борными и цинковыми микроудобрениями в соответствии с технологическими регламентами возделывания этой культуры.

В фазе елочки при кислотности пахотного горизонта ( $pH$  5,5–5,9) проводится одна некорневая подкормка борными и цинковыми удобрениями  $B_{0,05-0,10} Zn_{0,075-0,15}$ , а при  $pH$  6,0–6,2 – две подкормки микроэлементами в той же дозе: 1-я в фазе елочки, 2-я – через 7–10 дней после 1-й некорневой подкормки.

Указанные формы комплексных минеральных удобрений вносятся весной до посева. При возделывании льна-долгунца на почвах с  $pH$  6,0–6,2 с применением стандартных удобрений требуются повышенные дозы калийных удобрений по сравнению с почвами, имеющими  $pH$  5,5–5,9. Чтобы сократить время проведения весенне-полевых работ, на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах комплексные минеральные удобрения под лен-долгунец можно вносить и с осени, однако в этом случае в зависимости от выпадения осадков в зимне-весенний период больше 300 мм весной нужно будет корректировать дозы азотных и калийных удобрений для компенсации потерь этих элементов от вымывания.

Озимый рапс. Для оптимального развития с осени нуждается в достаточном фосфорном и калийном питании и относительно небольших дозах азотных удобрений. Поэтому состав комплексных удобрений под озимый рапс учитывает данную биологическую особенность этой культуры.

Для основного внесения под озимый рапс разработаны 4 марки комплексных минеральных удобрений: 6–20–30; 8–18–25; 7–16–31 и 5–16–35 с серой, бором и марганцем. Наиболее востребованным в практике сельского хозяйства является марка 6–20–30. Комплексные удобрения вносятся перед посевом озимого рапса и заделываются в почву на глубину 15–20 см. Весной в соответствии с технологическими регламентами проводятся две подкормки азотными удобрениями (весной в начале вегетации ( $N_{100-120}$ ) и через 2–2,5 недели после первой подкормки –  $N_{60-80}$ ), одна подкормка в фазе стеблевания борными и марганцевыми микроудобрениями ( $B_{0,15}Mn_{0,75}$ ), возможна и 2-я некорневая подкормка борными удобрениями ( $B_{0,15}$ ) – перед цветением.

Однако учитывая преимущества комплексных удобрений и целевые задачи по увеличению производства зерна целесообразным расширять объем их применения и под зерновые культуры, в первую очередь, под озимую пшеницу.

В зависимости от содержания в почвах подвижных форм фосфора и калия для озимых зерновых культур, в том числе и пшеницы озимой, разработаны 3 марки комплексных минеральных удобрений: 5–16–35; 7–21–36; 7–16–31 с Cu и Mn. Наиболее универсальным для озимой пшеницы, озимого тритикале и озимой ржи является комплексное минеральное удобрение с соотношением азота, фосфора и калия 5–16–35 с микроэлементами медью и марганцем. Это же удобрение является лучшим и для льна-долгунца, но с бором, цинком и железом и для озимого рапса с серой, бором и марганцем. Комплексные минеральные удобрения вносятся под озимые зерновые культуры до посева в дозе по физическому весу от 3 до 5,0 ц/га ф. в (в зависимости от марки удобрения) и заделывается в почву на глубину 15–20 см. В дальнейшем весной в начале возобновления вегетации, начале выхода растений в трубку и появлении флагового листа проводятся подкормки азотными удобрениями, медными и марганцевыми микроудобрениями в соответствии с технологическими регламентами.

Под яровые зерновые культуры рекомендуются марки комплексных удобрений 16–12–20, 13–11–18, 14–11–19 и 13–8–17 с Cu и Mn. Марка комплексного удобрения 16–12–20 является основной для группы яровых зерновых культур (яровая пшеница, ячмень, яровое тритикале, овес), возделываемых на почвах с содержанием фосфора и калия 200–300 мг/кг почвы. В зависимости от содержания в почвах фосфора и калия могут применяться и комплексные удобрения и с другим соотношением элементов питания (13–11–18, 14–11–19, 13–8–17) с аналогичными микроэлементами, включающими также микроэлементы медь и марганец. Комплексное удобрение вносится весной до посева и заделяется на глубину 15–20 см.

В Государственном реестре средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (2023) эти удобрения зарегистрированы (на стр. 636–637).

Технологические схемы применения комплексных удобрений под эти культуры приводятся ниже (табл. 1).

Таблица 1

**Технологическая схема применения комплексных минеральных удобрений до посева сельскохозяйственных культур на почвах с содержанием фосфора и калия 200–300 мг/кг почвы**

Дозы удобрений	Формы удобрений	Доза комплексного удобрения в физическом весе, ц/га
<b>Сахарная свекла, урожайность 500–600 ц/га</b>		
N      P      K 100–120 60–90 150–180	Комплексные удобрения: $N_{13-17}P_{8-12}K_{18-22}$ , $Na_2O$ – 5–9 %, S – 3–5 %, B – 0,05–0,35 %, Mn – 0,2–0,3 % (возможно и включение Zn, Cu, Co), при отсутствии комплексных удобрений – КАС, карбамид, аммофос, хлористый калий	6,0–8,0 (до посева)
<b>Лен-долгунец, урожайность волокна 10–12 ц/га; почва с pH – 5,5–5,9</b>		
N      P      K 20–30 60–90 120–150	Комплексные удобрения: $N_{5-7}P_{14-22}K_{27-37}$ , S – 4 %, B – 0,15–0,22 %, Zn – 0,24–0,30 %, Fe – 0,20–0,50 %, (возможно и включение Cu), при отсутствии комплексных удобрений – или аммофос и хлористый калий	3,0–5,0 (до посева)
<b>Лен-долгунец, урожайность волокна 10–12 ц/га; почва с pH – 6,0–6,2</b>		
N      P      K 20–30 60–90 160–190	Комплексные удобрения: $N_{5-7}P_{14-22}K_{27-37}$ , S – 4 %, B – 0,15–0,22 %, Zn – 0,24–0,30 %, Fe – 0,20–0,50 %, (возможно и включение Cu), или при отсутствии комплексных удобрений – аммофос, хлористый калий	4,0–6,0 (до посева)
<b>Озимый рапс, урожайность 40–50 ц/га</b>		
N      P      K 25–30 80–100 120–150	Комплексные удобрения: $N_{5-8}P_{16-20}K_{25-35}$ , S – 2–5 %, B – 0,20–0,35 %, Mn – 0,15–0,25 % или при отсутствии комплексных удобрений – сульфат аммония, КАС, или карбамид, аммофос и хлористый калий	3,0–6,0 (до посева)

Окончание табл. 1

Дозы удобрений	Формы удобрений	Доза комплексного удобрения в физическом весе, ц/га
<b>Озимая пшеница, озимое тритикале, урожайность 70–80 ц/га, озимая рожь, урожайность 50–60 ц/га</b>		
N <sub>14–20</sub> P <sub>75–90</sub> K <sub>110–130</sub>	Комплексные удобрения: N <sub>5–8</sub> P <sub>16–21</sub> K <sub>31–36</sub> , S – до 1 %, Cu – 0,10–0,30 %, Mn – 0,05–0,25 % или при отсутствии комплексных удобрений – аммофос, хлористый калий	3,0–5,0 (до посева)
<b>Яровая пшеница, ячмень, яровое тритикале урожайность 50–60 ц/га, овес, урожайность 40–50 ц/га</b>		
N <sub>60–90</sub> P <sub>60–90</sub> K <sub>120–150</sub>	Комплексные удобрения: N <sub>13–16</sub> P <sub>8–12</sub> K <sub>17–20</sub> , S – до 1–5 %, Cu – 0,05–0,25 %, Mn – 0,04–0,20 % или при отсутствии комплексных удобрений – карбамид или КАС, аммофос, хлористый калий	4,0–5,0 (до посева)

Определена потребность в комплексных минеральных удобрениях на 2026–2030 гг. (табл. 2).

Таблица 2

**Перспективная потребность в комплексных минеральных удобрениях под сельскохозяйственные культуры на период до 2030 г., тыс. т ф. в.**

Область	Годы					
	2026	2027	2028	2029	2030	Всего за 2026–2030 гг.
Брестская	20	25	30	35	48	158
Витебская	15	25	30	35	40	145
Гомельская	12	16	18	22	25	93
Гродненская	25	35	43	50	58	211
Минская	30	40	55	65	76	266
Могилевская	15	25	30	35	40	145
Республика Беларусь	117	166	206	242	287	1018

При расчете потребности учитывались возможные объемы применения комплексных минеральных удобрений под сахарную свеклу, лен-долгунец и озимый рапс. К 2030 г. под эти культуры запланировано произвести и применить 287 тыс. т ф. в. комплексных минеральных удобрений, а всего за 2026–2030 гг. будет внесено 1018 тыс. т ф. в. этих удобрений. В дальнейшем расширение объемов производства и применение комплексных минеральных удобрений планируется на посевах озимых и яровых зерновых культур.

## ВЫВОДЫ

1. Применение комплексных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур является эффективным, энергосберегающим технологическим решением для повышения эффективности их использования и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

2. Перспективная потребность в комплексных минеральных удобрениях, рассчитанная на постепенное расширение объемов их применения в сельском хозяйстве на 2026 г. составляет 117 тыс. т ф. в., на 2030 г. – 287 тыс. т ф. в.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пироговская, Г. В. Комплексные минеральные удобрения: разработка, применение, эффективность / Г. В. Пироговская, В. В. Лапа ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2021. – 336 с.*

2. *Применение комплексных минеральных удобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур (рекомендации) / Г. В. Пироговская, В. В. Лапа, С. С. Хмелевский [и др.] ; Национальная академия наук Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. – Мн. : Институт системных исследований в АПК НАН Беларусь, 2024. – 22 с.*

## COMPLEX MINERAL FERTILIZERS IN CROP CULTIVATION TECHNOLOGY

**V. V. Lapa, G. V. Pirogovskaya, S. S. Khmelevsky,  
V. I. Soroko**

Technological features of the use of new forms of complex mineral fertilizers for sugar beets, flax, winter rape, winter and spring crops, balanced in their composition, taking into account the biological features of these crops, are presented. The long-term need for complex mineral fertilizers for sugar beets, flax, winter rape for the period up to 2030 has been determined. In 2030, the recommended requirement for complex mineral fertilizers is 287 thousand t c., and in total for 2026–2030 it is planned to use them in the crop industry of agriculture in the amount of 1018 thousand tons.

*Поступила 05.12.25*