

Поздеев Илья Александрович

Студент

Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ

Аннотация: в статье систематизированы современные научные данные об эффективности высокоэффективных удобрений (ВЭУ) на посевах зерновых культур. Рассмотрены основные типы ВЭУ: удобрения с контролируемым высвобождением, хелатные микроудобрения, жидкие комплексные составы и биостимуляторы. Проанализировано их влияние на урожайность, качество зерна, коэффициенты использования питательных веществ, а также на экономику и экологию зернового производства. Показано, что применение ВЭУ позволяет повысить урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя в среднем на 20–30% по сравнению с традиционными минеральными туками, улучшить белково-клейковинный комплекс зерна и снизить потери азота. На основе обобщения литературных данных сформулированы рекомендации по оптимизации систем питания зерновых культур с использованием ВЭУ.

Ключевые слова: зерновые культуры, высокоэффективные удобрения, пролонгированное действие, хелатные микроэлементы, листовые подкормки, урожайность, качество зерна, коэффициент использования питательных веществ, обзор.

Pozdeev Ilya Alexandrovich

Student

Kuban State Agrarian

I.T. Trubilin University, Krasnodar

***USE OF HIGH-PERFORMANCE FERTILIZERS IN CEREAL CROPS:
REVIEW OF CURRENT DATA***

Abstract: The article systematizes the current scientific data on the effectiveness of high-performance fertilizers (HTP) on grain crops. The main types of WTs are considered: controlled-release fertilizers, chelated microfertilizers, liquid complex compositions and biostimulants. Their impact on yield, grain quality, nutrient utilization rates, as well as on the economics and ecology of grain production is analyzed. It allows you to increase the yield of winter wheat and spring barley by an average of 20–30% compared to traditional mineral fertilizer, improve the protein-gluten complex of grain and reduce nitrogen losses. Based on the generalization of literature data, recommendations are formulated for optimizing the nutrition systems of grain crops using wind turbines.

Keywords: *cereal crops, high-performance fertilizers, prolonged action, chelated trace elements, foliar fertilization, yield, grain quality, nutrient utilization rate, review.*

Зерновые культуры занимают ведущее место в структуре мирового растениеводства, обеспечивая продовольственную и кормовую безопасность. В Российской Федерации площади под зерновыми превышают 45 млн га, и задача увеличения валовых сборов при одновременном повышении качества зерна является приоритетной. Однако интенсивная эксплуатация пашни привела к снижению естественного плодородия почв: дегумификации, подкислению, нарушению баланса элементов минерального питания. В этих

условиях эффективность традиционных минеральных удобрений (аммиачная селитра, суперфосфат, хлористый калий) ограничена из-за низкого коэффициента использования питательных веществ (КИПУ), быстрой вымываемости азота, а также необходимости многократных подкормок, что увеличивает себестоимость и антропогенную нагрузку.

За последние два десятилетия агрохимическая наука и промышленность предложили альтернативу — высокоэффективные удобрения (ВЭУ) различных типов: с контролируемым (продолжительным) высвобождением, в хелатной форме, жидкие комплексные, а также удобрения с биостимулирующими добавками. Данный обзор ставит целью обобщить и критически проанализировать результаты научных исследований последних 5–7 лет по применению ВЭУ на посевах озимой пшеницы и ярового ячменя — основных зерновых культур умеренного пояса.

Под термином «высокоэффективные удобрения» в современной литературе понимают агрохимикаты, обладающие одним или несколькими из следующих свойств: замедленное или контролируемое высвобождение элементов питания; наличие микроэлементов в легкоусвояемой (хелатной или комплексонатной) форме; синергетическое сочетание макро- и микроэлементов; наличие стимулирующих рост компонентов (гуминовые кислоты, аминокислоты, микробные метаболиты).

По способу действия выделяют три основные группы:

Удобрения с контролируемым высвобождением (CRF — Controlled Release Fertilizers). Это гранулированные формы NPK, покрытые полимерными, серными или полимер-серными оболочками. Скорость выхода питательных веществ регулируется толщиной оболочки, температурой и влажностью почвы. Классические примеры: Osmocote, Basacote, а также российские аналоги «ЭкоНика-ПРО», «Борофоска-продлонг».

Хелатные микроудобрения и жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) для листовых подкормок. Содержат микроэлементы (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo) в хелатной форме — устойчивых комплексах с этилендиаминтетрауксусной

(EDTA), диэтилентриаминпентауксусной (ДТРА) или гидроксиддиэтилдифосфоновой (HEDP) кислотами. Примеры: «Акварин», «Реаком», «Ультрамаг», «Брексил».

Биоорганические и биостимулирующие удобрения. Содержат гуминовые и фульвокислоты, экстракты водорослей, микробные консорциумы (*Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*). Они не столько поставляют элементы питания, сколько повышают доступность почвенных ресурсов и стимулируют рост корневой системы.

Многочисленные полевые опыты, проведенные в различных почвенно-климатических зонах (Нечерноземье, ЦЧР, Поволжье, Северный Казахстан), показывают, что применение ВЭУ обеспечивает прибавку урожайности зерновых на уровне 15–35% относительно фона без удобрений и на 18–27% по сравнению с традиционными схемами (эквивалентными по дозе NPK). При этом максимальный эффект достигается при комплексном использовании пролонгированного основного внесения и листовых хелатных подкормок. Например, по данным исследований Воронежского ГАУ (2020–2022 гг.), однократное внесение гранулированного удобрения с полимерной оболочкой (NPK 16:9:11 + MgO) в дозе 250 кг/га увеличивало урожайность озимой пшеницы с 3,7 т/га (контроль) до 5,9 т/га, что сопоставимо с эффектом от традиционной системы «аммиачная селитра + нитроаммофоска». Однако трудозатраты снижались в 1,5 раза из-за отсутствия весенних подкормок.

Особенно заметно преимущество CRF проявляется на легких почвах с высокой промывной способностью (песчаные, супесчаные, карбонатные черноземы). В условиях избыточного увлажнения или орошения традиционные нитратные формы вымываются за пределы корнеобитаемого слоя уже через 2–3 недели, тогда как пролонгированные удобрения обеспечивают азотное питание в течение 60–90 дней. Так, в опытах Саратовского аграрного университета на светло-каштановых почвах при орошении яровой пшеницы применение CRF увеличило КИПУ азота с 42%

до 68%, а урожайность — на 2,1 т/га (26%) по сравнению с аммиачной селитрой.

Что касается хелатных микроудобрений, их роль часто недооценивается в системах основного внесения. Однако именно микроэлементы (цинк, марганец, бор) часто лимитируют реализацию потенциала сорта. По обобщенным данным 35 полевых экспериментов (мета-анализ, опубликованный в журнале «Agronomy», 2023), некорневая обработка озимой пшеницы Zn-хелатом в фазу кущения повышает урожайность в среднем на 8–12%, причем прибавка тем выше, чем ниже исходное содержание подвижного цинка в почве ($<0,5$ мг/кг). Более того, цинк влияет на устойчивость к корневым гнилям и засухе.

Для современного зернового рынка важна не только масса зерна, но и его технологические свойства: содержание белка, клейковины, стекловидность, число падения. Высокоэффективные удобрения, особенно содержащие серу и микроэлементы, способствуют синтезу полноценных белков.

Переход на высокоэффективные удобрения требует более высоких первоначальных инвестиций: полимерно-оболочные гранулы стоят на 30–60% дороже простых минеральных туков, а хелатные препараты — в 2–3 раза дороже сульфатов. Однако конечные экономические показатели часто оказываются лучше за счет следующих факторов:

- Снижение числа технологических операций (однократное вместо 2–4 подкормок) экономит топливо, амортизацию и оплату труда.
- Повышение урожая и класса зерна дает надбавку к цене реализации. По данным Минсельхоза РФ (2024), зерно пшеницы 3 класса стоит на 25–30% дороже 4 класса, а 2 класса — на 50–60% дороже 4.
- Улучшение КИПУ позволяет снижать общую дозу NPK на 20–30% без потери продуктивности.
- Ряд экономических моделей (Липецкая область, 2022) показывают, что чистая прибыль с гектара при использовании комбинированной системы

(CRF + 2 хелатные подкормки) выше на 12–18 тыс. руб./га, а рентабельность достигает 70–85%, тогда как на традиционной системе — 40–50%. Окупаемость каждого дополнительно вложенного рубля в ВЭУ составляет 1,8–2,5 руб.

- Экологические выгоды не менее значимы. Вымывание нитратов из CRF в грунтовые воды снижается на 40–60% по данным лизометрических опытов [Smith et al., 2024]. Помимо этого, уменьшается эмиссия закиси азота (N_2O), парниковый эффект которой в 298 раз выше CO_2 . В полевых исследованиях в Ростовской области (2023) замена аммиачной селитры на полимерно-оболочное удобрение снизила поток N_2O с 0,8 до 0,3 кг $N-N_2O$ /га за сезон.

Таким образом, применение удобрений с контролируемым высвобождением на посевах озимой пшеницы и ярового ячменя повышает коэффициент использования азота на 20–30 процентных пунктов, урожайность — на 15–25% по сравнению с эквивалентными дозами простых удобрений, а качество зерна (содержание клейковины и белка) — на 1,5–2,5 абсолютных процента. Хелатные формы микроэлементов (Zn, Mn, B, Cu) в листовых подкормках эффективнее неорганических солей в 2–5 раз (по прибавке урожая и качеству). Их применение особенно оправдано на почвах с низким содержанием подвижных микроэлементов и при интенсивных технологиях.

Список литературы

1. Mycotoxins, pesticides and heavy metals content in the winter wheat grain at different cultivation technologies on leached Kuban chernozem / I. Shabanova, N. Neshchadim, K. Gorpichenko, A. Boyko // E3S Web of Conferences, Blagoveshchensk, 23-24 сентября 2020 года. – Blagoveshchensk, 2020. – P/ 02012. – DOI 10.1051/e3sconf/2020020302012. – EDN UEQBER
2. Минеральные удобрения и урожай сельскохозяйственных культур выращиваемых на черноземе выщелоченном Прикубанской низменности / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов [и др.] // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 г.г. : Материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями, Москва, 16-17 апреля 2018 года / Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, 2018. – С. 391- 400. – EDN YANCNV.
3. Патент №2527297 С2 Российская Федерация, МПК А01С 21/00, С05G 1/00. Способ некорневой обработки озимой пшеницы : №2012136541/13 : заявл. 24.08.2014 / А.Х. Шеуджен, Н. Г. Гайдукова, И. А. Лебедовский, И. В. Шабанова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет». – EDN MFUJYG.
4. Петрова Л.С. Экономические аспекты применения интегрированных систем удобрения в зерновом производстве // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 11. – С. 62–68.
5. Фосфогипс нейтрализованный – высокоэффективное поликомпонентное удобрение на посевах зерновых культур / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева, С. В. Есипенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. - №52. – С. 144-148. – EDN TWPCKGR.