

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЯЧМЕНЕ

**И.А. Дунайцев, А.А. Старшов, В.В. Перелыгин, М.В. Клыкова, Т.Н. Кондрашенко, ГНЦ прикладной микробиологии и биотехнологии**

В настоящее время многие хозяйства России ограничены в использовании минеральных фосфорных удобрений из-за их высокой стоимости. Альтернативой химическим удобрениям могут стать так называемые «биологические» фосфорные удобрения, которые содержат специфические микроорганизмы, способные высвобождать растворимые фосфаты из фосфатных руд, делая, таким образом, труднодоступный фосфор усвояемым для растений. В мире имеются несколько коммерческих препаратов, представляющих собой биомассу фосфатрастворяющих микроорганизмов, есть отечественные и зарубежные разработки удобрений, включающих микроорганизмы, фосфоритную руду, а также носители (цеолиты и туф). Однако для активного высвобождения фосфатов из нерастворимого сырья микроорганизмам необходим источник углеродного питания, который используется ими не только для роста и размножения клеток, но и для продукции метаболитов (в частности, органических кислот), способных переводить фосфаты в растворимую форму, доступную для растений. Тем не менее до сих пор не разработано экономически выгодной технологии приготовления нового целевого продукта — биофосфорного удобрения, содержащего кроме микроорганизмов и фосфатного сырья еще и источник углерода.

Ученые США в лабораторных условиях испытали экспериментальные образцы подобных препаратов, представляющие собой альгинатные гранулы, включающие живые клетки штамма *Pseudomonas seracia* E 37, глюкозу и фосфоритную руду. Эти образцы на ячмене показали эффективность, сравнимую с однозамещенным фосфатом калия, но не могли быть рекомендованы для про-

мышленного производства и дальнейших испытаний из-за высокой стоимости технологии получения. Для разработки экономичной технологии приготовления биофосфорного удобрения штамм *Pseudomonas seracia* E 37 был передан в ГНЦ ПМБ д-ром Р. Роджерсом из Национальной лаборатории (Айдахо, США). Цель настоящей работы — оценка эффективности разработанных в ГНЦ ПМБ экспериментальных образцов биофосфорных удобрений в мелкоделяночных опытах.

Гранулы экспериментального биофосфорного удобрения включали сухую биомассу *Ps. seracia* E 37 или ассоциацию микроорганизмов, фосфоритную руду, глюкозу и стеарат натрия для ее инкапсуляции, а также полимерную добавку в качестве связующего вещества при формировании гранул. Ассоциация микроорганизмов включала кроме *Ps. seracia* E 37 еще один микроорганизм из рода *Pseudomonas* — штамм АД, выделенный из фосфатной руды, и *Lactobacillus salivaris*. Использовали фосфоритную муку Егорьевского месторождения, приготовленную из низкопроцентных фосфоритов, малоприспособных для химической переработки. Контрольный препарат гранул исходно не содержал микроорганизмов и был приготовлен на основе одной фосфоритной муки (табл. 1).

**Таблица 1. Состав гранул биофосфорных удобрений (концентрация компонентов, %)**

Гранулы	Высушенная биомасса	Фосфоритная руда	Глюкоза	Стеарат натрия	Связующая добавка	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Без микробов	0	99	0	0	1	14,85
<i>Ps. seracia</i> E-37	4,88	70,81	14,65	7,32	2,34	10,6
Ассоциация микроорганизмов	4,88	70,81	14,65	7,32	2,34	10,6

Мелкоделяночные испытания вариантов биофосфорных удобрений проводили в открытом грунте в п. Оболенск (Серпуховской р-н Московской обл.) летом 2002 г. Для усреднения состава исходной почвосмеси использовали миксер — чистую бетономешалку. Было подготовлено 20 опытных деленок площадью 4 м<sup>2</sup> каждая (по 4 деланки на вариант). Каждая деланка представляла собой индивидуальный короб размером 2 х 2 м и глубиной 0,35 м, засыпанный почвосмесью. Расстояние между коробами 0,5 м. На участке, выделенном под опыт, с целью сглаживания пестроты почвенного плодородия короба-деланки устанавливали на песчаную подушку-насыпь высотой 0,4 м.

Агрохимические анализы почвы выполняли перед закладкой опыта и в период основных фаз развития растений (полные всходы, кущение, колошение) общепринятыми методами: валовое содержание азота по Кьельдалю, подвижные фосфаты по Кирсанову и подвижный калий по Масловой. Величина pH исходной почвы составляла 6,4.

Минеральные удобрения вносили в соответствии с результатами анализа состава исходной почвы и потенциальным урожаем. На каждую деланку внесли по 123,5 г NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> и 80 г K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, а также смесь микроэлементов Прянишникова. Схема опыта: I — без внесения фосфатов (контроль); II — 110,6 г двойного суперфосфата (ДСФ); III — 342,63 г гранул без микроорганизмов; IV — 479,10 г гранул с *Ps. seracia* E37; V — 479,10 г гранул с ассоциацией микроорганизмов. В вариантах с внесением фосфора содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на деланку составляло 50,88 г. Все удобрения вносили перед посевом вручную с последующей перекопкой на глубину 15–20 см.

В качестве тест-культуры использовали ячмень сорта Гонор (семена первой репродукции, сортовая чистота — 98%, всхожесть — 97%). Посев проводили калиброванными семенами из расчета 490 шт/м<sup>2</sup> с междурядьями 15 см, в ряду 1,3–1,5 см, глубина заделки 4 см. К сожалению, из-за сложившихся неблагоприятных погодных условий (резкие перепады ночных и дневных температур, дождливая погода) во избежание потери растений было принято решение об уборке ячменя в фазе молочной спелости. Уборку проводили вручную.

Поскольку неблагоприятные погодные условия не позволили получить данные по урожайности и качеству зерна, в качестве критериев при сравнении различных вариантов рассматривали высоту растений по фазам развития, количество продуктивных побегов (кустистость) и среднюю массу растений на деланке.

Биометрические замеры показали, что применение биогранул способствовало более интенсивному росту и развитию растений по сравнению с контролем и практически не уступало по эффективности варианту с внесением двойного суперфосфата (табл. 2). В вариантах с применением биогранул кустистость повысилась в 1,7–1,9 раза, что в конечном итоге способствовало общему увеличению массы растений ячменя по сравнению с контролем (рис. 1). По степени кустистости биогранулы также не уступали ДСФ. Применение гранул фосфорной руды без микроорганизмов (вариант III) оказалось малоэффективным.

Максимальное поступление питательных веществ в растение, в т.ч. фосфора, происходит в фазе молочной-восковой спелости, что соответствует полученным данным изменения содержания фосфора в почве в течение вегетационного периода (рис. 2). Фосфор более интенсивно потреблялся растениями ячменя в вариантах с биогранулами и двойным суперфосфатом. Изменения содержания калия и азота в процессе испытаний были практически одинаковыми во всех вариантах. Следовательно, внесенные биофосфорные удобрения не оказывали существенного влияния на динамику потребления растениями ячменя этих элементов.

Проведенные испытания позволяют сделать вывод, что разработанные экспериментальные образцы биофосфорных удобрений (варианты IV и V) способствуют более

интенсивному усвоению подвижного фосфора растениями в течение всего периода вегетации, положительно влияют на рост и развитие культуры ячменя в целом. При этом динамика потребления растениями азота и калия не нарушается. Биофосфорные удобрения проявили эффективность, не уступающую химическим удобрениям (двойной суперфосфат). По нашему мнению, производство и применение биофосфорных удобрений значительно снижает риск загрязнения окружающей среды.

**Таблица 2. Биометрические показатели растений ячменя в разные фазы развития**

Вариант	Высота растений, см				Продуктивная кустистость
	Полные всходы	Кущение	Выход в трубку	Начало колошения	
I	13,3±0,9	23,5±2,4	37,8±4,2	62,2±5,4	1,7±0,2
II	15,4±1,4	28,9±2,9	43,6±5,2	75,2±8,9	3,1±0,3
III	13,8±1,0	25,9±1,9	39,1±3,7	65,0±6,7	1,9±0,2
IV	15,0±1,3	29,1±3,2	41,6±4,7	67,8±7,5	2,9±0,3
V	15,1±1,3	27,5±3,5	42,4±4,8	69,8±9,6	3,2±0,3

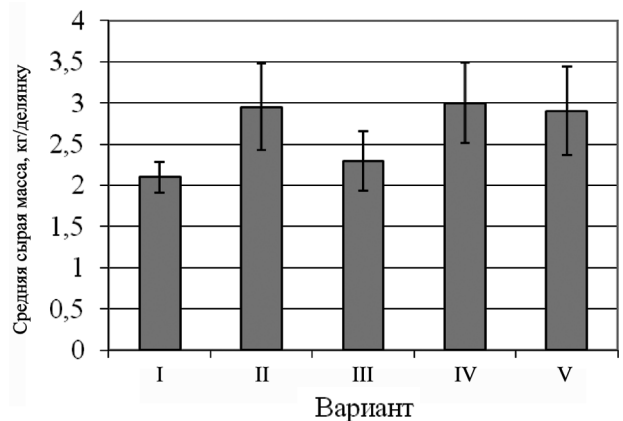


Рис. 1. Средняя сырая масса растений ячменя

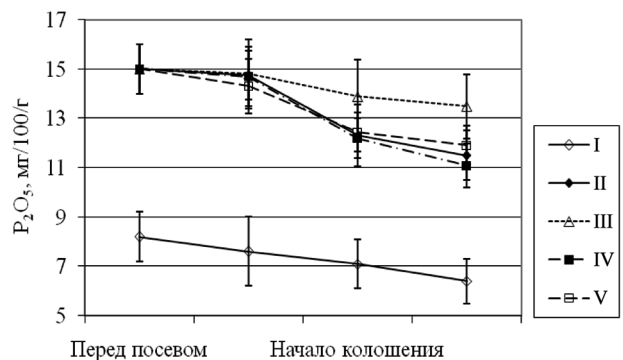


Рис. 2. Содержание фосфора в течение вегетационного периода

Мы считаем, что для окончательных выводов необходимо провести дальнейшие исследования, включающие сбор данных по величине и качеству урожая, а также пролонгированному действию (2–3-летний эксперимент) с целью определения динамики последствия фосфорного биогранулята в полевых условиях. Дальнейшая оптимизация технологии приготовления и применения биофосфорных удобрений позволит наработать опытно-промышленную партию и провести их широкомасштабные исследования, включая крупноделяночные производственные испытания в полевых условиях.

