

УДК 631.811.98:631:559:633.16:631:81

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА АЛЬБИТ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ И СОДЕРЖАНИЕ БИОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УРОЖАЕ

© 2006 г. Е. П. Дурьнина, О. А. Пахненко, А. К. Злотников*, К. М. Злотников*

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения
119899, Москва, Воробьевы горы, 1, Россия

*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН
142290 Пущино, Московская обл., просп. Науки, 5, Россия

Поступила в редакцию 26.07.2005 г.

В условиях вегетационного опыта исследовали влияние биопрепарата альбит на поглощение биофильных элементов растениями ячменя на разных агрофонах. Показано, что применение биопрепарата обеспечивало нормальное развитие и повышение продуктивности растений (прибавка урожая зерна на 13–45% в зависимости от агрофона) при снижении удельного потребления ими биофильных элементов, особенно азота и калия. Относительные прибавки зерна были выше при малой и средней дозе азотных удобрений в составе НРК, увеличение дозы азотных и фосфорных удобрений снижало эффективность препарата. Калийные удобрения не препятствовали реализации позитивных свойств альбита при внесении калия до дозы $K_{1,5}$ включительно.

ВВЕДЕНИЕ

Биологически активные вещества природного происхождения относятся к числу наиболее перспективных препаратов, способных оказывать иммуно- и ростстимулирующее действие на растения. Механизм влияния реализуется в нескольких направлениях: через увеличение продуктивности, повышение адаптивных свойств, воздействие на параметры плодородия почвы.

Биопрепарат альбит создан на основе почвенных бактерий группы PGPR (plant growth promoting rhizobacteria), обладающих способностью стимулировать рост растений и повышать их устойчивость к болезням. На основе бактерий этой группы в нашей стране успешно используют биопрепараты планриз, псевдобактерин-2, агат-25К и др. Препарат разработан в научно-производственной фирме ООО Альбит совместно с Институтом биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН (пат. № 99118894) [1]. Препарат альбит – результат дальнейшего совершенствования уже применяемых и хорошо зарекомендовавших себя в производстве биопрепаратов агат-25 и агат-25К. Основное назначение препарата – стимуляция роста и повышение продуктивности растений.

Исследования физико-химических, биологических и экологических свойств препарата, выполненные в лабораторных, модельных и 240 полевых производственных опытах с основными сельскохозяйственными культурами (42 видов) в 23 регионах страны в последние годы показали перспективность его применения для предпосевной обработки семян и внесения в виде внекорневой

подкормки в период вегетации [2]. Альбит на 10–25% повышает урожай зерновых, сахарной свеклы, подсолнечника, овощей, зернобобовых, капусты, кормовых трав. Биологическая эффективность препарата против корневых гнилей, сетчатой пятнистости, мучнистой росы, стеблевой ржавчины зерновых достигает 90–95%, что является высоким показателем для биопрепаратов [3, 4].

Установлено, что биопрепарат обладает полифункциональным действием, которое проявляется в индукции роста растений и активизации ассоциированной микрофлоры ризопланы и ризосферы растений [4]. Исследования показали, что позитивное влияние альбита реализуется в ряде физиологических процессов. Применение препарата на зерновых культурах повышает засухоустойчивость (водоудерживающую способность и жароустойчивость) на 10–30%, при этом заметно снижается интенсивность транспирации (на 30–65%) [5].

Для биопрепарата альбит характерны: высокая концентрация действующего вещества, практическая безвредность для окружающей среды, низкие нормы расхода для обработки семян и внекорневого внесения, возможность совместного внесения биопрепарата с химическими пестицидами, длительный срок хранения (до 3 лет при температуре от -10 до 25°C), полная совместимость препарата с водными растворами минеральных удобрений, гербицидами, инсектицидами и фунгицидами.

В отличие от многих пестицидов биопрепарат обладает выраженной ауксиновой активностью, которая в широком диапазоне разведений (от 0.1

Таблица 1. Схема обработки ячменя препаратом альбит

Вариант обработки альбитом	Предпосевная обработка зерна, мл альбита/кг зерна	Обработка во время вегетации, мл альбита/л рабочего раствора	
		в фазу кущения	в фазу трубкования
Без обработки	Обработка дистиллированной водой		
A ₁	15	50	50
A ₂	30	100	100
A ₃	60	200	200

до 2 г/л) сопоставима с действием 10^{-6} М раствора индолил-3-уксусной кислоты (**ИУК**). Один из реальных механизмов позитивного влияния альбита на рост и продуктивность растений – индукция поглощения азота, фосфора и калия из почвы и внешних удобрений.

Цель работы – изучение влияния альбита на поглощение биогенных элементов растениями ячменя, установление оптимальных концентраций данного препарата для обработки семян и внекорневой подкормки, определение его эффективности при различных уровнях минерального питания.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Вегетационные опыты по изучению воздействия препарата альбит на растения ячменя проводили на факультете почвоведения МГУ в 1999–2000 гг. Использовали вегетационные сосуды, содержавшие 6 кг почвы, повторность опытов пятикратная, высевали по 20 растений на сосуд. Для опытов использовали дерново-подзолистую среднесуглинистую слабокультуренную почву, взятую со стационарного участка УОПЭЦ МГУ (Солнечногорский р-н Московской обл., с. Чашниково). Агрохимические показатели исходной почвы: pH_{KCl} 5.3; азот легкогидролизуемый – 4.1, P_2O_5 – 10.2, K_2O – 12.3 мг/100 г почвы, содержание гумуса 1.57%.

В опыте варьировали четыре фактора роста растений: дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений в составе NPK и схему применения альбита. Дозы минеральных удобрений составляли 0, 0.05, 0.1, 0.15 г д.в./кг почвы. За оптимальный принимали вариант с внесением полного минерального удобрения NPK в дозах 0.1 г д.в./кг почвы, т.е. в соотношении 1 : 1 : 1, что соответствовало методическим рекомендациям [6]. Дефицит по азоту, фосфору и калию создавали, исключив из полной дозы соответствующего элемента 0.5 нормы, а избыток – увеличивая полную дозу на 0.5 нормы. Таким образом, каждый из элементов в составе NPK был использован в соотношениях

0.5, 1 и 1.5 к двум другим элементам, например, для азота: 0.5 : 1 : 1, 1 : 1 : 1, 1.5 : 1 : 1.

Биопрепарат альбит применяли по схеме, предусматривавшей трехразовую обработку растений в дозах, соответствовавших каждому из вариантов A₁, A₂, A₃ (табл. 1).

После 30-мин инкубации с препаратом семена подсушивали на воздухе. Внекорневую подкормку препаратом проводили в фазы полного кущения и трубкования микроопрыскивателем ЧЕИ-3, доза разового впрыска 0.9 мл.

При обработке растений во время вегетации использовали дозы препарата, эквивалентные 15, 30 и 60 г/га (варианты A₁, A₂, A₃ соответственно). Влажность почвы (60% ПВ) контролировали весовым методом и поддерживали систематическим поливом, срок вегетации ячменя – 90 сут.

Для проведения анализов образцы зерна и соломы размалывали на мельнице “Пируэт”. Мокрое озоление материала проводили смесью перекиси водорода с селен-серной кислотой. Содержание азота, фосфора и калия определяли последовательно из одной навески по [7]. Содержание азота определяли на анализаторе АДМ-300 колориметрическим методом по индофенольной зелени, фосфора – ванадиево-молибдатным методом, содержание калия – на пламенном фотометре “ФЛАФО”. Статистическую обработку данных проводили в программном пакете Statistica 4.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Препарат альбит испытывали на двух агрофонах: на почве без удобрений и при внесении в почву полного минерального удобрения NPK (1 : 1 : 1) (табл. 2). На почве без удобрений значительная прибавка зерна получена при применении альбита в вариантах A₁ и A₂.

При оптимальном питании наибольшую абсолютную и относительную прибавку урожая зерна также обеспечивало применение альбита в варианте A₁ – 39% к контролю. При этом относительная прибавка зерна была близкой к варианту без удобрений, а относительная прибавка соломы

оказывалась примерно вдвое меньше, т.е. при оптимальном питании позитивное влияние альбита сказывалось в большей мере на формировании генеративных органов растения.

Анализ качества зерна и соломы показал, что содержание основных элементов в главной и побочной продукции при использовании альбита осталось в пределах нормы [8]. Интенсивный прирост биомассы под действием альбита (вариант А₁) на обоих фонах привел к некоторому снижению содержания азота в зерне, а при оптимальном питании – как в зерне, так и в соломе, по принципу ростового разбавления. Применение препарата в варианте А₂ увеличивало содержание азота до исходного.

Сравнительный анализ всех вариантов опыта показал, что максимальный относительный вынос биофильных элементов с урожаем как зерна, так и соломы отмечен в варианте А₁ при любом из использованных агрофонов (табл. 3).

За счет препарата в биологическом урожае на почве без удобрений вынос азота увеличивался на 43, фосфора – на 33, калия – на 38%, а при оптимальном питании соответственно на 25, 47 и 18%. Более низкие относительные показатели по фону удобрений указывали на то, что основная масса биопродукции формировалась за счет выноса элементов из минеральных удобрений, а не из почвы. Существенно, что при обработке альбитом снижался расход азота и калия на единицу зернопродукции: для почвы контроля он составил для азота 93% от исходного, для почвы с удобрениями – 88%; более экономно расходовался и калий.

Анализ элементного состава зерна (табл. 4) показал, что по всем вариантам опыта он был в пределах нормы [8]. Содержание азота в зерне изменялось от 3.01 до 3.94% в зависимости от фона удобрений и доз биопрепарата. Белковость зерна возрастала с увеличением доз альбита: на почве без удобрений на 0.5, при внесении удобрений – на 0.8%.

Сравнительная оценка выноса и содержания азота показала, что наибольшую стимуляцию ростовых процессов ячменя наблюдали в варианте А₁, а синтез белковых веществ в зерне – в варианте А₂, при относительно близких величинах его накопления в вегетативной массе. В связи с этим целесообразно применять более низкую дозу препарата в начальные фазы вегетации и увеличивать ее при обработке в фазу колошения для повышения содержания белка в зерне.

На почве без удобрений внесение биопрепарата увеличивало содержание фосфора в зерне и соломе ячменя. Содержание фосфора изменялось от 0.44 до 0.53% в зерне и от 0.18 до 0.31% в соломе. При этом в зерне на любом из использованных агрофонов доля фосфора повышалась с увеличением дозы альбита, а в соломе этот эффект

Таблица 2. Влияние биопрепарата альбит на урожай зерна и соломы ячменя

Вариант удобрения	Вариант обработки препаратом альбит				НСП ₀₅ , г/сосуд
	контроль	А ₁	А ₂	А ₃	
Без удобрений					
зерно	5.6	$\frac{7.6}{36}$	$\frac{6.8}{21}$	$\frac{5.2}{(-7)}$	0.3
солома	5.4	$\frac{9.5}{67}$	$\frac{8.0}{59}$	$\frac{6.7}{53}$	0.4
Оптимальная доза NPK					
зерно	17.5	$\frac{24.4}{39}$	$\frac{21.0}{20}$	$\frac{19.5}{11}$	0.7
солома	18.7	$\frac{22.3}{33}$	$\frac{20.4}{24}$	$\frac{16.6}{11}$	1.4

Примечание. Над чертой – г/сосуд, под чертой – прибавка урожая зерна, % относительно контроля.

Таблица 3. Влияние препарата альбит на вынос биоэлементов зерном и соломой ярового ячменя, мг/сосуд

Элемент	Вариант обработки препаратом альбит				НСП ₀₅
	контроль	А ₁	А ₂	А ₃	
Без удобрений					
Зерно					
N	182	229	218	178	19
P	25	37	33	28	2.5
K	27	33	32	28	2.6
Солома					
N	116	197	177	151	16
P	8	17	16	15	1.2
K	170	264	228	225	17
Оптимальная доза NPK					
Зерно					
N	638	788	796	768	70
P	96	134	121	118	8.9
K	107	128	117	118	9.4
Солома					
N	443	565	515	562	35
P	46	74	69	61	4.1
K	888	1050	1026	1021	53

Таблица 4. Влияние препарата альбит на содержание N, P и K в зерне, % на абсолютно сухое вещество

Элемент	Вариант обработки препаратом альбит				HCP ₀₅
	контроль	A ₁	A ₂	A ₃	
Без удобрений					
N	3.26	3.01	3.21	3.42	0.17
P	0.44	0.48	0.49	0.53	0.03
K	0.45	0.43	0.47	0.53	0.03
Оптимальная доза NPK					
N	3.74	3.23	3.72	3.94	0.19
P	0.55	0.55	0.56	0.61	0.04
K	0.61	0.59	0.55	0.45	0.02

наблюдался только на почве без удобрений. Известно, что содержание фосфора практически не влияет на биохимические и технологические свойства зерна. В данном случае преимущество альбита реализовалось в процессе синтеза биомассы: при низком уровне внесения препарата (вариант A₁) накопление фосфора в урожае зерна возросло на почве без удобрений на 48, а на фоне NPK – на 40%.

Альбит практически не влиял на концентрацию калия в зерне и соломе, но в связи с увеличением продуктивности заметно повышался вынос этого элемента из почвы. Вынос калия соломой

на почве без удобрений повышался на 55, на почве с удобрениями – на 18%. Таким образом, позитивное действие биопрепарата реализовалось как при малой, так и при повышенной дозах калийных удобрений.

Установленные закономерности позитивного действия альбита на биоэлементный состав зерна, соломы и вынос биоэлементов биомассой ячменя сохранялись и при изменении уровня обеспеченности растений азотом, фосфором и калием за счет изменения доли соответствующих удобрений в составе NPK (табл. 5, 6).

Частичное устранение дефицита по азотному питанию за счет биопрепарата и синергическое взаимодействие азот-калий обеспечивало большие прибавки зерна, чем влияние изменения доз фосфорных удобрений.

Высокая доза калийных удобрений не ограничивала действие альбита. Максимальный урожай зерна был получен при внесении удобрений в дозе N₁P₁K_{1.5}, при этом от применения препарата прибавка зерна составила 22%, а соломы – 21%. На фоне внесения NPK под влиянием альбита относительный прирост урожая зерна был выше, чем урожая соломы.

С повышением дозы азотных и фосфорных удобрений (с 0.05 до 0.1 г д.в./кг почвы) эффективность препарата альбит увеличилась (рисунок), а повышение доз до N_{0.15} и P_{0.15} не привело к дополнительной прибавке урожая. Следовательно, альбит был более эффективен при оптимальных дозах азотных и фосфорных удобрений.

Таблица 5. Изменение элементного состава зерна ячменя под влиянием препарата альбит в варианте A₂ при разных дозах азота и фосфора в составе NPK-удобрения, % на абсолютно сухую массу

Элемент	Доза, г/кг почвы							
	N			HCP ₀₅	P			HCP ₀₅
	0.05	0.1	0.15		0.05	0.1	0.15	
Без обработки								
N	3.04	3.74	3.65	0.20	3.72	3.78	3.83	0.17
P	0.55	0.53	0.55	0.03	0.52	0.55	0.57	0.03
K	0.61	0.60	0.51	0.04	0.58	0.60	0.59	0.04
Обработка альбитом								
N	3.56	3.72	3.61	0.12	4.05	3.93	4.01	0.24
P	0.53	0.56	0.54	0.03	0.52	0.52	0.53	0.02
K	0.56	0.55	0.53	0.02	0.55	0.58	0.53	0.04

Примечание. Дозы N при дозах P и K, равных 0.1 г/кг почвы, дозы P при дозах N и K, равных 0.1 г/кг почвы.

Таблица 6. Доля дополнительного поступления элементов в урожай за счет действия препарата альбит при разных дозах азотных удобрений в составе NPK, % от соответствующего контроля

Элемент	Доза N, г/кг почвы, при P и K, равных 0.1 г/кг почвы		
	0.05	0.1	0.15
Зерно			
N	70	23	12
P	42	31	10
K	33	26	18
Солома			
N	45	42	29
P	17	32	19
K	25	20	34

Таким образом, альбит в вариантах A_1 и A_2 обеспечил нормальное развитие растений ячменя, дал значимую прибавку биомассы, конкретные величины которой зависели от исходного плодородия почвы и дозы вносимых минеральных удобрений. Прибавки зерна и соломы относительно контроля были выше на почве без удобрений или при малой дозе их внесения, а наибольшие абсолютные величины урожая получены на фоне оптимальных доз NPK.

Анализ биомассы ячменя показал, что под действием альбита в любом из вариантов повыша-

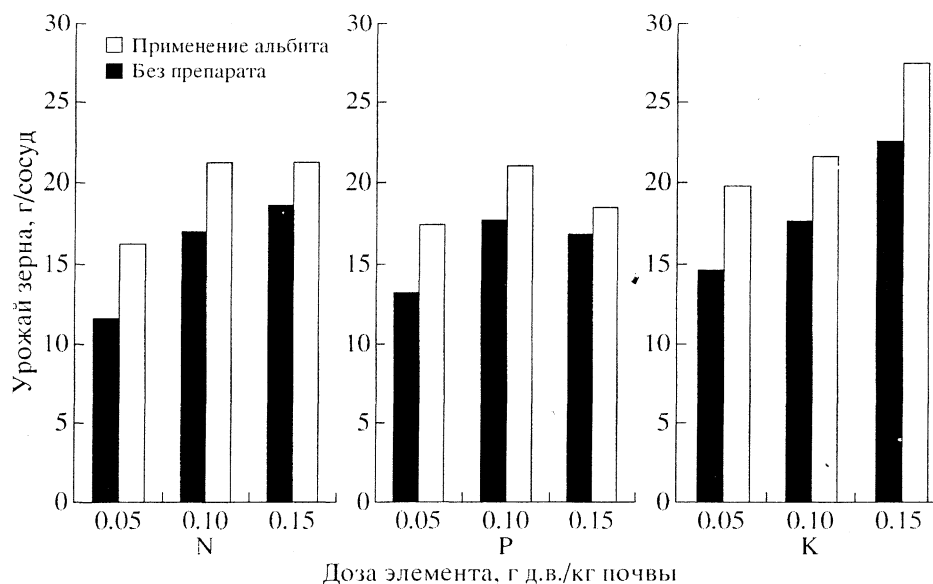
Таблица 7. Расход элементов питания на единицу зерна при обработке альбитом, мг/г

Вариант обработки альбитом	N	P	K
Без удобрений			
Без обработки	53.2	13.2	47.6
A_1	49.5	14.2	46.6
При оптимальном питании			
Без обработки	62.5	18.5	77.6
A_1	55.5	19.3	65.2

лось поступление в растения биофильных элементов. На почве без удобрений альбит заметно усиливал поступление азота и калия, а при внесении минеральных удобрений (NPK) – также и фосфора.

Поскольку в условиях эксперимента лучшие результаты были получены при использовании малых доз биопрепарата (вариант A_1), расчет элементов питания на формирование 1 г зерна был выполнен для этого варианта (табл. 7).

Применение альбита снижало расход азота на единицу товарной продукции как на почве без удобрений – на 3.7 мг, так и при внесении NPK – на 7.0 мг, при этом затраты калия снижались на 11.4 мг, а расход фосфора несколько увеличивался, что, вероятно, было связано с усилением транспорта органических веществ из вегетативных органов в генеративные, а также синтезом белков и нуклеиновых кислот в зерне.



Влияние препарата "Альбит" (вариант A_2) на фоне разных доз азота, фосфора и калия в составе NPK при оптимальных дозах других элементов на урожай зерна ячменя.

ВЫВОДЫ

1. Биопрепарат альбит на посевах ячменя при разных уровнях минерального питания и исходном плодородии почв повышал эффективность использования элементов питания растениями, увеличивая урожай зерна на 13–45%, соломы – на 21–49%.

2. Для предпосевной обработки семян препарат альбит целесообразно применять в концентрации 15–30 г/т зерна как для посевов на почве без удобрений, так и при внесении минеральных удобрений в оптимальной дозе. Применение препарата в этой концентрации на фоне NPK (1 : 1 : 1) обеспечило прибавку зерна 41%, с увеличением концентрации препарата прибавка снижалась до 13%.

3. Препарат альбит был более эффективен при малых и оптимальных дозах азотных и фосфорных удобрений.

4. Калийные удобрения не препятствовали реализации позитивных свойств альбита при внесении калия в дозе до $K_{1,5}$ включительно.

5. Биологический вынос элементов питания зерном и соломой показал, что альбит повышал поступление в растения биофильных элементов при всех уровнях внесения минеральных удобрений. Эффект дополнительного поступления биофильных элементов был постоянен и проявился на всех использованных агрофонах, но был заметно выше для азота и калия и менее выражен для фосфора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Препарат для повышения урожая растений и защиты их от фитопатогенов. Пат. № 99118894, РФ
2. Альбит. Информационные материалы о препарате. ООО НПФ Альбит, 2003. 75 с.
3. Злотников А.К., Умаров М.М. Влияние инокуляции ризосферной бактериальной ассоциации *Bacillus firmus* и *Klebsiella terrigena* на пораженность ярового ячменя фитопатогенными грибами // Тез. Международн. конф. "Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии". Москва, 21–23 апреля 1998 г. М., 1998. С. 302.
4. Злотников А.К., Багирова С.Ф., Гинс В.К. и др. Биопрепарат альбит для стимулирования роста и защиты растений // Идеи В.В. Докучаева и современные проблемы сельской местности. Москва–Смоленск, 2001. С. 147–161.
5. Zlotnikov K.M., Pustovoitova T.N., Zlotnikov A.K. Metabolites of *Pseudomonas aureofaciens* H16 and *Bacillus megaterium* PC2 increase drought resistance of spring wheat // Modern problems of microbial biochemistry and biotechnology / Ed. Kulaev I.S. Abstr. Int. Symp. Puschino, June 25–30, 2000. IBPM Puschino, 2000. P. 138–139.
6. Болдырев Н.К. Использование нормативных показателей в методе листовой диагностики для расчета норм удобрений на запланированный урожай // Агрохимия. 1983. № 4. С. 3–10.
7. Стандарты предприятия. Методы анализа кормовых растений и кормов. Всесоюзный научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса. М.: МСХ СССР, 1984. 223 с.
8. Дурьнина Е.П., Графская Г.А. Качество зерна ячменя при разовом и многократном применении удобрений // Влияние свойств почв и удобрений на качество растений. М.: Изд-во МГУ, 1978. С. 122–133.

Effect of Albit on the Yield of Barley and the Content of Biophilic Elements in Crop

E. P. Durykina, O. A. Pakhnenko, A. K. Zlotnikov*, and K. M. Zlotnikov*

Faculty of Soil Science, Moscow State University, Vorob'evy gory, Moscow, 119899 Russia

*Institute of the Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences,
pr. Nauki 5, Pushchino, Moscow oblast, 142290 Russia

The effect of the Albit biopreparation on the uptake of biophilic nutrients by barley plants was studied in a pot experiment under different fertilization conditions. It was shown that the application of the biopreparation ensured the normal development of crop and an increase in its yield (by 13–45% depending on fertilizing conditions) at the decrease in the specific consumption of biophilic nutrient, especially of nitrogen and potassium. The relative gain in the grain yield was smaller at the low and medium content of nitrogen in the NPK fertilizers; an increase in the rate of nitrogen and phosphorus fertilizers decreased the preparation efficiency. Potassium fertilizers did not affect the positive properties of Albit up to the $K_{1,5}$ rate.