

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Известия ТСХА, выпуск 1, 2010 год

УДК. 631.461.52:631.811.98:635.652

### ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА АЛЬБИТ НА СОДЕРЖАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ В РАСТЕНИЯХ ФАСОЛИ РАЗНЫХ СОРТОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИМБИОЗА

О.Г. ВОЛОБУЕВА, И.В. СКОРОБОГАТОВА, В.К. ШИЛЬНИКОВА

(Кафедра микробиологии, центр молекулярной биотехнологии)

**В условиях полевого опыта исследовали влияние биопрепарата альбит на содержание и соотношение фитогормонов, эффективность симбиоза и продуктивность растений фасоли разных сортов. Установлена сортовая отзывчивость на биопрепарат. У растений фасоли сорта Гелиада при обработке альбитом изменился уровень гормонов в сторону существенного увеличения содержания цитокининов в корнях с клубеньками на фоне повышения отношения ЦК/АБК и ГК+ЦК+ИУК/АБК, что сопровождалось увеличением нитрогеназной активности и урожайности растений.**

*Ключевые слова:* биопрепараты, фитогормоны, ризобии, симбиотическая азотфиксация, гормональный баланс, нитрогеназная активность.

В последние годы интерес исследователей направлен на глубокое изучение роли фитогормонов в сложных динамических системах микроорганизмов - симбионт - растение - хозяин и выяснение природы и характера взаимодействия микро- и макроорганизма. Этому способствует, в частности, использование в сельском хозяйстве биопрепаратов для ускорения прорастания семян и повышения урожайности с.-х. культур. В настоящее время в с.-х. практику широко внедряются новые биопрепараты, такие как альбит, агрофил\*, азоризин\*, флавобактерин\*, ризоагрин\*, мизорин\* и др. Их механизм действия на симбиотическую систему бобовых растений неизвестен. Возможно, эти биопрепараты могут нарушить надежность

взаимоотношений растения-хозяина и ризобий с их микропартнером, а может быть через воздействия на гормональный баланс макросимбионта оказать и стимулирующий эффект.

В основе функционирования клубеньков бобовых растений лежат многочисленные химические реакции обмена веществ, являющиеся результатом взаимосогласования и взаимоконтроля в системе макро- и микросимбионта. Для более глубокого понимания механизмов воздействия на систему симбиотической азотфиксации организма хозяина необходимо знать гормональные процессы, происходящие с первых моментов взаимодействия макро- и микросимбионта, влияющие на формирование и длительность биосуществования клу-

\* Препараты отсутствуют в «Госкаталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ на 2009 г.».

беньков. Выяснение в виде каких биомолекул проявляются сигналы, чьи они и какие из них в большей или меньшей степени контролируют эффективный симбиоз [17], возможно, поможет охарактеризовать полнее гормональный статус растений и спектр биологически активных веществ, синтезируемых ризобиями в период инфицирования растения и установления симбиоза [15, 18, 20].

Цель работы — изучение содержания и соотношения фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками растений фасоли в фазу цветения (период наиболее активной азотфиксирующей активности) при действии альбита.

### Объекты и методы

Полевые исследования проводили в 2006–2008 гг. в ГНУ ВНИИ зернобобовых культур (Орловская обл.) с растениями фасоли сортов Гелиада и Шоколадница. Почва темно-серая, лесная, среднесуглинистая, подстилаяемая лесовидным суглинком, средней окультуренности (содержание гумуса по Тюрину — 5,4%, легкогидролизуемого азота по Коновой — 125 мг/кг почвы, подвижного фосфора по Кирсанову — 195, обменного калия по Кирсанову — 179 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки — 6,0, гидролитическая кислотность 4,6 мгэкв/100 г почвы). Повторность 4-кратная, расположение вариантов рендомизированное, площадь делянки 4,5 м<sup>2</sup>.

Семена фасоли замачивали в течение 3 ч в растворе биопрепарата альбита в концентрации 10<sup>-6</sup> М, затем семена подсушивали, непосредственно перед посевом обрабатывали ризоторфином. Схема опыта: 1-й вариант — контроль, без обработки; 2-й — обработка ризоторфином; 3-й — альбитом на фоне инокуляции ризоторфином.

Ризоторфин (*R. phaesoli*, штамм 700), получен из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-

Петербург). Биопрепарат ризоторфин рекомендуется для предпосевной обработки семян бобовых растений. Биопрепарат представляет собой увлажненную сыпучую массу твердофазного субстрата, насыщенную клубеньковыми бактериями, которые, проникая в корни, образуют клубеньки, вступают в симбиоз с растением. Применение ризоторфина обеспечивает высокую эффективность фиксации молекулярного азота симбиотической системой, увеличение содержания высококачественного белка в продукции, снижение содержания нитратов в зеленой массе, увеличение урожая бобовых на 10—40% [19].

Биопрепарат альбит разработан в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрябина РАН (Пущино) совместно с научно-производственной фирмой ООО «Альбит» [1]. Альбит содержит очищенные действующие вещества из клеток *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*, которые в природных условиях обитают в ризосфере растений, стимулируют их рост и повышают устойчивость к болезням. Биопрепарат обладает полифункциональным действием, проявляющимся в индукции роста растений и активизации микроорганизмов ризопланы и ризосферы растений [2].

Гелиада — сорт зерновой фасоли селекции ВНИИЗБК, раннеспелый, детерминантного типа развития, стебель обычный, расположение боковых ветвей плотное, высокоурожайный, технологичен (пригоден для уборки прямым комбайнированием). Вкусовые качества хорошие, устойчив к основным заболеваниям фасоли. Отличительной особенностью сорта являются: высокая завязываемость бобов на растении и их озерненность, а также низкая травмируемость семян при обмолоте.

Шоколадница — сорт зерновой фасоли селекции ВНИИЗБК, среднеспелый, стебель детерминантный,

заканчивается нутирующей верхушкой, устойчив к полеганию. Сорт отличается равномерным созреванием бобов на растении, высокой продуктивностью, компактным расположением боковых ветвей к главному стеблю, высоким прикреплением нижних бобов, быстрой развариваемостью семян, устойчивостью к основным заболеваниям фасоли.

Содержание фитогормонов (ИУК — индолилуксусная кислота, ЦК — цитокинины, АБК — абсцизовая кислота) в листьях, стеблях, корнях с клубеньками определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по методике, разработанной в лаборатории регуляторов роста и развития с.-х. растений РГАУ - МСХ А имени К.А. Тимирязева [16]. Биологическую активность ГК (гибберелловая кислота) определяли по росту гипокотилей салата сорта Берлинский. Содержание ГК — по калибровочной кривой, для построения которой использовали гибберелловую кислоту (Россия). Содержание фитогормонов проводили в вариантах с обработкой ризоторфином и альбитом.

Условия хроматографирования для определения ИУК: детектор флуоресцентный RF — 350 (Shimadzu), Em — 350 nm, Ex — 280 nm, колонка LichrosorbRP— 18,6 мкм, 4 x 250. Подвижная фаза — 40%-й водный раствор метанола, скорость потока — 0,5 мл/мин, время удерживания — 12 мин. Идентификацию ИУК проводили сравнением времени удерживания синтетической ИУК (Sigma) с природной. Минимальная регистрируемая концентрация ИУК составила 10,0 нг в аликвоте пробы (50 мкл).

Условия хроматографирования для определения АБК: детектор ультрафиолетовый (модель ВТ 3030), длина волны 254 nm, колонка Lichrosorb RP-18,6 мкм, 4 x 250. Подвижная фаза — 40%-й водный раствор метанола, скорость потока — 0,5 мл/мин, время удерживания АБК — 18 мин.

АБК идентифицировали, сравнивая время удерживания синтетической АБК (Calbiochem) с природной. Минимальная регистрируемая концентрация АБК составила 10,0 нг в аликвоте пробы (50 мкл).

Условия хроматографирования для определения цитокининов: детектор ультрафиолетовый (модель ВТ 3030), длина волны 268 nm, колонка Lichrosorb RP-18,6 мкм, 4 x 250. Подвижная фаза: ацетонитрил — вода - уксусная кислота (V/V — 55:44:1), скорость потока — 0,7 мл/мин, время удерживания — 15 мин. Зеатин идентифицировали, сравнивая время удерживания синтетического зеатина (Calbiochem) с природным. Минимальная регистрируемая концентрация зеатина составила 25,0 мг в аликвоте пробы (50 мкл).

Ошибка определения содержания фитогормонов не превышала 20%.

Содержание фитогормонов определяли в фазу цветения — период наиболее высокой азотфиксирующей активности у фасоли. В процессе вегетации проводили фенологические наблюдения за динамикой роста и развития растений фасоли, учитывали массу и количество клубеньков. Активность нитрогеназы в клубеньках определяли на газовом хроматографе «Цвет — 106» [11]. Проводили учет урожая и анализ его структуры. Статистическую обработку результатов проводили согласно [3] с использованием программы Statistica for Microsoft Windows.

### Результаты и их обсуждение

Установлено увеличение содержания ИУК в корнях с клубеньками растений фасоли сортов Гелиада и Шоколадница по сравнению с уровнем ИУК в листьях при обработке ризоторфином. Вероятно, это связано с тем, что сами клубеньковые бактерии активно участвуют в синтезе ИУК. Ауксины ризобий в дополнении к ауксинам растений меняют ритми-

ку клеточного деления. С действием ауксинов связано удаление кальция из клеточной оболочки, которое влечет за собой увеличение пластичности и способности ее к растяжению. Существенная функция этого соединения связана в значительной степени с его способностью при местном повышении содержания вызывать приток и перераспределение пластических веществ, необходимых для осуществления интенсивного нарастания ткани. Установлено, что ИУК активизирует сукцинатдегидрогеназу, стимулирует превращение лимонной кислоты в янтарную, фумаровую и яблочную, а эти кислоты совместно с ИУК играют особую роль в усилении и ускорении роста [4, 6]. Ауксин, содержащийся в корнях, является как продуктом собственного синтеза, так и результатом притока из надземной

части макросимбионта [8, 9, 13, 14]. Поэтому, можно полагать, что часть ИУК транспортировалась из листьев в корни (табл. 1, 2).

Проявились сортовые особенности растений фасоли на действие биопрепарата альбит. Содержание ИУК в корнях с клубеньками у сорта Гелиада под влиянием альбита снизилось почти в два раза. Возможно, это связано с конкуренцией клубеньковых бактерий и бактерий, входящих в состав биопрепарата альбит за метаболиты. Однако при совместной обработке альбитом и ризоторфином фасоли этого сорта наблюдалось увеличение надземной массы и высоты растений, количества и массы клубеньков и значительное увеличение активности нитрогеназы (табл. 3). Уместно также обратить внимание и на эффект ризобактерий альбита, возможно, ока-

Т а б л и ц а 1

**Содержание фитогормонов в растениях фасоли сорта Гелиада (нг/г сырой массы)**

Вариант	Органы растений	Фитогормоны			
		ИУК	ЦК	ГК	АБК
Ризоторфин	Листья	5,3	116	6,9	10,3
	Стебли	—	275	13,2	3,4
	Корни с клубеньками	13,3	31	21,1	20,6
Альбит + ризоторфин	Листья	5,3	211	10	24,1
	Стебли	—	117	16,3	3,5
	Корни с клубеньками	6,4	189	6,9	10,4

П р и м е ч а н и е . Здесь и в других таблицах прочерк — содержание гормона ниже уровня чувствительности хроматографа.

Т а б л и ц а 2

**Содержание фитогормонов в растениях фасоли сорта Шоколадница (нг/г сырой массы)**

Вариант	Органы растений	Фитогормоны			
		ИУК	ЦК	ГК	АБК
Ризоторфин	Листья	5,7	272	4,7	10,3
	Стебли	—	450	4,8	6,9
	Корни с клубеньками	13,2	217	4,8	10,3
Альбит + ризоторфин	Листья	5,3	167	—	10,3
	Стебли	—	62	—	3,5
	Корни с клубеньками	20,1	39	14,9	—

Рост и азотфиксирующая активность растений фасоли

Показатель	Контроль		Ризоторфин		Альбит + ризоторфин	
	Гелиада	Шоколадница	Гелиада	Шоколадница	Гелиада	Шоколадница
Надземная масса, г/раст.	14,8±1,01	12,7±1,02	15,9±1,03	13,2±1,07	20,1±1,03	14,2±1,01
Высота растений, см	30,1±1,01	29,7±1,02	33,5±0,5	30,5±1,5	39,5±0,35	26±1,1
Масса корней с клубеньками, г/раст.	1,7±1,5	1,97±0,8	1,92±1,4	2,03±2,02	1,86±1,3	2,20±1,2
Количество клубеньков на одно растение	9±1,1	20±1,5	10±1,2	23±1,5	16±1,02	18±1,2
Масса клубеньков, мг/раст.	39±1,2	85±1,5	41±1,4	90±2,5	65±2,1	31±2,2
Активность нитрогеназы, мкг N на раст/ч	4,75±0,02	4,48±0,05	5,1±0,02	7,7±0,05	14,2±0,03	2,52±0,05

зывающих влияние на метаболизм клубеньковых бактерий. Кроме того, вероятно связь с видоизменениями органогенеза у растений, с процессами пролиферации и дифференциации в них, так как под воздействием соответствующих возбудителей (в нашем случае ризобий и ризобактерий) у растений создается «особая патогенная ситуация» [12], характеризующаяся изменениями клеток и тканей и, в свою очередь, приводящими к морфологическим преобразованиям органов растения-хозяина.

У сорта Шоколадница содержание ИУК в корнях с клубеньками под влиянием альбита повысилось в 1,5 раза. Возможно, этот эффект был вызван положительным влиянием ризобактерий альбита, усилившим активность клубеньковых бактерий. При этом происходило незначительное увеличение надземной массы растений и уменьшение таких показателей, как высота растений, масса и количество клубеньков, масса корней с клубеньками и значительное уменьшение активности нитрогеназы. Надо полагать, что в этом случае проявились сортовые особенности растений.

Ауксины, кроме функции регуляции роста, необходимы также для реализации активности цитокининов. Цитокинины стимулируют обра-

зование клубеньков у растений под влиянием *Agrobacterium tumefaciens* [4]. Известно [8], что высоковирулентные штаммы *Rhizobium* обладают повышенной способностью продуцировать цитокинины, и именно им отводится важная роль в формировании клубенька. Цитокинины повышают аттрагирующую способность клеток макросимбионта, что обусловлено их влиянием на функциональную активность клеточных мембран [9, 29].

Наибольшее содержание ЦК у растений фасоли сорта Гелиада при обработке альбитом и ризоторфином наблюдалось в корнях с клубеньками и в листьях. Этот факт подтверждает, что основным местом синтеза ЦК служат апикальные меристемы корней, оказывающие влияние на развитие и функционирование ассимиляционного аппарата [6, 26, 28]. Возможно, наибольшее содержание ЦК в корнях с клубеньками объясняется тем, что некоторые бактерии, ассоциированные с растениями, способны синтезировать большие количества фитогормонов, в т.ч. цитокининов [8, 14]. При этом наблюдалось увеличение надземной массы и высоты растений, количества и массы клубеньков и значительное повышение активности нитрогеназы. У сорта Шоколадница

обработка альбитом способствовала снижению содержания цитокининов во всех органах растения, незначительному увеличению надземной массы растений и уменьшению таких показателей, как высота растений, масса и количество клубеньков, масса корней с клубеньками и активность нитрогеназы.

Содержание гиббереллинов выше в листьях и стеблях растений фасоли сорта Гелиада при обработке альбитом и ниже в корнях с клубеньками. У сорта Шоколадница при обработке альбитом снизилось содержание ГК в листьях и стеблях и повысилось в корнях с клубеньками в 3 раза.

Содержание АБК у сорта Гелиада под влиянием альбита повышалось в листьях (в 2 раза), не изменялось в стеблях и уменьшалось (в 2 раза) в корнях с клубеньками. У сорта фасоли Шоколадница при обработке альбитом содержание АБК в листьях не менялось, но уменьшалось в стеблях (в 2 раза) и в корнях с клубеньками. АБК — ингибитор роста, играющий ведущую роль в регулировании покая, тормозит ростовые процессы в растении. Торможение роста сопровождается подавлением синтетических процессов и ускорением старения тканей. АБК выступает антагонистом ИУК, ЦК и ГК. Предполагают [25], что действие АБК может блокировать

другие фитогормоны. Антагонизм ЦК и АБК отмечен в ряде работ [10, 22].

У сорта фасоли Гелиада под влиянием альбита наблюдалось повышение активности нитрогеназы. Это происходило на фоне повышения ЦК в листьях и корнях с клубеньками и снижения ИУК, ГК и АБК в корнях с клубеньками и повышения ГК и АБК в листьях и стеблях.

У сорта фасоли Шоколадница обработка ризоторфином привела к увеличению азотфиксирующей активности растений по сравнению с контролем. Это наблюдалось на фоне повышения ГК в листьях и стеблях; АБК — в стеблях и корнях с клубеньками; ЦК — в листьях, стеблях и корнях с клубеньками и снижения ГК и ИУК в корнях с клубеньками. Биопрепарат альбит снижал эффективность симбиоза и урожайность растений фасоли сорта Шоколадница (табл. 4).

Вероятно, нитрогеназа служит мишенью для разнообразных регуляторных воздействий [14]. Для действия нитрогеназы необходима энергия, освобождающаяся при гидролизе АТФ. Побочным субстратом нитрогеназы служат протоны, т.е. нитрогеназа одновременно выполняет роль гидрогеназ, на что затрачивается большое количество восстановителя и энергии. Поэтому биосинтез нитрогеназы, а также снабжение её восста-

Т а б л и ц а 4

**Анализ структуры урожая фасоли сортов Гелиада и Шоколадница**

Показатель	Контроль		Ризоторфин		Альбит + ризоторфин	
	Гелиада	Шоколадница	Гелиада	Шоколадница	Гелиада	Шоколадница
Масса снопа, г/м <sup>2</sup>	549±7,1	419±7,2	750±9,1	758±9,1	1032±9,01	1053±9,3
Высота растений, см	45±1,3	48±1,5	50±2,3	50±1,5	53±2,3	53±3,2
Число бобов, шт/раст.	10±1,08	10±0,7	11±1,09	12±0,7	15±1,2	16±1,8
Масса бобов, г/раст.	17±1,2	18,6±1,2	19±1,4	26,4±2,2	20,97±1,5	19,4±1,2
Число семян, шт/раст.	28±1,7	32±1,8	32±1,8	56±3,01	35±1,9	37±2,03
Масса семян, г/раст.	13±1,07	10±1,5	14,6±1,2	22,6±2,3	16,87±1,3	16,2±1,3
Урожайность, т/га	1,57±1,5	1,02±1,4	1,89±1,1	2,57±1,4	2,06±1,3	1,24±1,2

НСР<sub>05</sub> для сорта Гелиада 1,7; НСР<sub>05</sub> для сорта Шоколадница 1,4

новителем и энергией требуют значительных метаболических затрат, что может находиться под контролем фитогормонов.

В регуляции роста и развития растительных организмов важную роль играет соотношение фитогормонов [5, 11, 20]. Сравнение показателей активности нитрогеназы с таковыми по содержанию и соотношению четырех основных групп фитогормонов показало, что данный процесс зависит от соотношения фитогормонов (табл. 5). Так, наибольший показатель активности нитрогеназы у сорта фасоли Гелиада при обработке альбитом наблюдался на фоне наивысшего соотношения ЦК/АБК в корнях с клубеньками и в надземных органах; ГК/АБК — в стеблях и ГК+ЦК+ИУК/АБК — в корнях с клубеньками. Возможно, повышение нитрогеназной активности у сорта Гелиада под влиянием альбита связано с увеличением цитокининов в корнях с клубеньками.

Обработка альбитом фасоли сорта Шоколадница привела к незначительному увеличению надземной массы растений и снижению таких показателей, как высота растений, масса корней с клубеньками, количество и масса клубеньков и значитель-

ному уменьшению активности нитрогеназы. Снижение азотфиксирующей активности растений фасоли сорта Шоколадница при обработке альбитом наблюдалось на фоне уменьшения соотношения ЦК/АБК, ГК/АБК в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, снижения соотношений ИУК/АБК — в корнях с клубеньками и ГК+ЦК+ИУК/АБК — в листьях, стеблях и корнях с клубеньками.

Таким образом, в зависимости от органа растения изменяется не только содержание отдельных гормонов, но и их соотношение. Высокий уровень цитокининов в период наивысшей азотфиксирующей активности растений фасоли в листьях, стеблях и корнях с клубеньками говорит об интенсивности процессов метаболической деятельности в этих органах.

Анализ структуры урожая фасоли показал, что данные азотфиксирующей активности растений коррелируют с показателями урожайности. Наивысший урожай (2,57 т/га) отмечен у сорта Шоколадница при обработке ризоторфином. Совместная обработка альбитом и ризоторфином приводила к увеличению урожая фасоли сорта Гелиада. Альбит снижал урожайность у сорта Шоколадница.

Таблица 5

Соотношение фитогормонов в органах растений фасоли

Вариант	Сорт	Орган растения	Соотношение фитогормонов			
			ЦК/АБК	ГК/АБК	ИУК/АБК	ГК+ЦК+ИУК/АБК
Ризоторфин	Гелиада	Листья	11,3	0,7	0,5	12,5
		Стебли	79,9	3,8	—	83,8
		Корни	1,5	1	0,6	3,2
	Шоколадница	Листья	26,3	0,5	0,6	27,3
		Стебли	65,3	0,7	—	66
		Корни	20,9	0,5	1,3	22,7
Альбит + ризоторфин	Гелиада	Листья	8,7	0,4	0,2	9,4
		Стебли	33,4	4,7	—	38,1
		Корни	18,3	0,7	0,6	19,5
	Шоколадница	Листья	16,2	—	0,5	16,7
		Стебли	18	—	1,6	19,5
		Корни	—	—	—	—

## Выводы

1. Установлены сортовые особенности в реакции растений фасоли на действие альбита. Наиболее отзывчивым на действие биопрепарата оказался сорт Гелиада. Совместная обработка альбитом и ризоторфином привела к повышению нитрогеназной активности и урожайности растений этого сорта на фоне изменения эндогенного уровня гормонов: возросло содержание ГК, АБК, ЦК в листьях; ГК — в стеблях; ЦК — в корнях с клубеньками.

2. Альбит способствовал снижению эффективности симбиоза и урожайно-

сти растений сорта Шоколадница. При обработке ризоторфином повысилось содержание ИУК, ЦК, ГК в листьях; ЦК, АБК — в стеблях и ЦК — в корнях с клубеньками у сорта Шоколадница; увеличилась нитрогеназная активность и урожайность растений по сравнению с контролем.

3. Стереотип реакций каждого сорта растений фасоли на воздействие одного и того же вида возбудителя (*Rhizodium*) характеризуется устойчивостью, что подтверждает надежность взаимоотношений исследуемых систем.

## Библиографический список

1. *Алехин В.Г., Злотников А.К.* Биопрепарат Альбит: результаты и особенности применения // Главный агроном, 2007. № 3. С. 55-59.
2. *Дурынина Е.П., Пахненко О.А., Злотников А.К. и др.* Влияние биопрепарата альбит на продуктивность ячменя и содержание биофильных элементов в урожае // Агрохимия, 2006. № 1. С. 49-54.
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985.
4. *Звягинцев Д.Г.* Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ, 1987.
5. *Курапов П.Б.* Гормональный баланс растений: Автореф. докт. дис. М., 1996.
6. *Кулаева О.Н.* Цитокинины. Их структура и функции. М.: Наука, 1973.
7. *Ломин С.Н., Романов Г.А.* Анализ гормон-рецепторного взаимодействия. Теоретические и практические аспекты // Физиология растений, 2008. Т. 55. № 2. С. 283-299.
8. *Мишиустин Е.Н., Шильникова В.К.* Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. М., 1973.
9. *Медведев С.С.* Физиология растений. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004.
10. *Нефедьева Е.Э., Мазей Н.Г., Хрянин В.Н.* Изменение гормонального баланса в прорастающих семенах после обработки импульсным давлением // Физиология растений. 2005. № 1. С. 146-150.
11. *Орлов В.П., Орлова И.Ф., Щербина Е.А. и др.* Методика оценки активности симбиотической азотфиксации селекционного материала зернобобовых культур ацетиленовым методом. Орел, 1984.
12. *Полевой В.В.* Фитогормоны. JL, 1982.
13. *Полевой В.В.* Роль ауксина в системах регуляций растений. JL: Наука, 1986.
14. *Пиневиц А.В.* Микробиология. Биология прокариотов. СПб.: Изд-во СПбУ, 2007.
15. *Романов Г.А.* Рецепторы фитогормонов // Физиология растения, 2002. Т. 49. № 1. С. 615-625.
16. *Скоробогатова И.В., Захарова Е.В., Карсункина Н.П. и др.* Изменение содержания фитогормонов в проростках ячменя в онтогенезе и при внесении регуляторов, стимулирующих рост // Агрохимия, 1999. № 8. С. 49-53.
17. *Симаров Б.В., Аронштам А.А., Новикова Н.И. и др.* Генетические основы селекции клубеньковых бактерий. JL, 1990.
18. *Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Шишова М.Ф.* Фитогормоны водорослей // Физиология растений, 2007. Т. 54. № 2. С. 186-194.
19. *Тихонович И.А.* Биопрепараты в сельском хозяйстве. М., 2005. С. 29-35.



20. Хмель И.А. Quorum — sensing регуляция экспрессии генов: фундаментальные и прикладные аспекты, роль в коммуникации бактерий // Микробиология, 2006. Т. 73. № 4. С. 457-464.
21. Шевелуха В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе. М.: Колос, 1992.
22. Якушкина Н.И. Физиологические особенности гормональной регуляции роста растений на разных этапах онтогенеза и в различных условиях среды // Влияние антропогенных факторов на функционирование биоценозов и их отдельные компоненты. М.: МГОУ, 2005. С. 5-42.
23. Berna A., Bernier F. Regulated expression of a wheat germin gene in tobacco: oxalate oxidase activity and apoplastic localization of the heterologous protein // Plant Mol. Biol, 1997.
24. Nutman P.S. Improving nitrogen fixation in legumes by plant breeding; the relevance of host selection experiments in red clover and subterranean clover // Plant and Soil, 1984. Vol. 82. P. 285-301.
25. Bano A., Hilman I.R. Endogenous free and conjugated abscisic acid in *Faba vulgaris* vicia faba and *Alnus gulinosa* // Crop. Res. 1989. V. 29. № 2. P. 65-76.
26. Mercier H., Kerbauy G.B. Effects of Nitrogen Source on Growth Rates and Levels of Endogenous Cytokinins and Chlorophyll in Protocorms of *Epidendrum conopseum* // Plant Physiol. 1991. V. 138. P. 195-199.
27. Hossain B., Hirata N., Nagatomo Y., Suiko M., Takaki H., Zinc Nutrition and Levels of Endogenous Indole-3-Acetic Acid in Radish Shoots // J. Plant Nutr., 1998. V. 21. P. 1113-1128.
28. Vysotskaya L.B., Timergalina L.N., Simonyan M.V., Veselov S. Yu., Kudoyarova G.R. Growth Rate, IAA and Cytokinin Content of Wheat Seedlings after Root Pruning // Plant Growth Regul, 2001. V. 33. P. 51-57.
29. Hwang I., Sakakibara H., Cytokinin Biosynthesis and Perception // Physiol. Plant., 2006. V. 126. P. 528-539.
30. Franklond D., Wareing P.F. Effect of gibberellic acid on hypocotyle growth of lettuce seedling // Natura, 1990. V. 185. № 4708. P. 255-256.

Рецензент — д. б. н. И.Г. Тараканов

## SUMMARY

Biopreparation Albit effect on both content and ratio of phytohormones, symbiosis effectiveness, productivity of *Phaseolus* various varieties, has been tested under conditions of field experiment. Varietal responsiveness to this biopreparation has been determined. Treating kidney beans of Geliada variety with Albit changed the hormone level, increasing considerably cytokinins content in both roots and tubercles against the background of an increase in the ratio of cytokinins/abscisic acid and gibberellic acid + cytokinins + indoleacetic acid/abscisic acid, which led to both nitrogenase activity and crop-producing power increase.

*Key words:* biopreparations, phytohormones, rhizobia bacteria, symbiotic nitrogen fixation, hormonal balance, nitrogenase activity.

**Волбуева Ольга Гавриловна** — к. б. н., РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 976-09-66.

**Скоробогатова Ирина Витальевна** — к. б. н., РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева.

**Шильникова Викторина Кузьминична** — д. б. н., РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 976-09-66.