

УДК 581.1:58.07.071

ВЛИЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ ФИТОГОРМОНОВ, СИНТЕЗИРУЕМЫХ РИЗОСФЕРНЫМИ БАКТЕРИЯМИ

© 2011 г. М. Г. Соколова*, Г. П. Акимова*, О. Б. Вайшля**

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения РАН, Иркутск, 664033
e-mail: SokolovaMG@sifibr.irk.ru

**Томский государственный университет, Томск, 634050

Поступила в редакцию 18.03.2010 г.

Новые штаммы ризосферных микроорганизмов *Azotobacter chroococcum* Az d10, *Bacillus megaterium* P1-04 и *Bacillus mucilaginosus* B-1574 способны к синтезу цитокининов (ЦК) и индолилуксусной кислоты (ИУК). Обнаружено три формы ЦК: дигидрозеатинрибозид, изопентениладенозин, трансзеатинрибозид, соотношение между которыми было различно в трех бактериальных культурах. Инокуляция растений огурца (*Cucumis sativus* L.) приводила к повышению в них ЦК – на 35.6%, ИУК – на 21.3% и увеличивала прорастание семян, скорость роста, биомассу проростков, количество боковых корней и площадь распространения корневых волосков, что способствовало лучшему питанию растений. Соотношение ИУК/ЦК при бактериализации сдвигалось в сторону ЦК за счет возрастания их рибозидных форм, что, вероятно, и обуславливало стимуляцию роста.

Почвенные микроорганизмы находятся в тесных и многообразных взаимосвязях с корневой системой высших растений. Эффект от этого взаимодействия может быть различным [1]. Существуют ассоциативные бактерии, обитающие в прикорневой зоне, которые оказывают на растения значительное позитивное влияние [2, 3]. В последнее время активно изучаются стимулирующие рост растений ризобактерии [4–6], инокуляция которыми позволяет направленно регулировать состав и численность микрофлоры на корнях в соответствии с потребностями и возможностями растений [7, 8]. Применение бактериализации растений в настоящее время является одним из наиболее перспективных экологических направлений современного агропроизводства [4, 9].

Микроорганизмы могут способствовать росту и повышению устойчивости растений за счет синтеза ими фитогормонов, в частности ауксинов и цитокининов (ЦК) [10, 11]. Существует распространенное мнение о том, что свойство продуцировать фитогормоны присуще многим ризосферным микроорганизмам, хотя этому нет убедительных доказательств [12]. Отмечается, что корень является одним из органов растения, наиболее восприимчивых к колебаниям концентрации ауксина – индолилуксусной кислоты (ИУК) [13]. Экскреция фитогормонов часто помогает бактериям занять определенную экологическую нишу и повлиять на метаболизм растения в собственных интересах [14].

Инокуляция растений специфическими микробными препаратами с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур стано-

вится весьма привлекательной и уже используется в практике во многих регионах мира [2, 4, 15]. Прирост урожая, обусловленный бактериальной инокуляцией, связывают, помимо прочего, с продукцией микроорганизмами фитогормонов. По мнению некоторых авторов, микроорганизмы для инокуляции растений должны отбираться по способности синтезировать рострегулирующие вещества [16, 17].

Остается открытым вопрос относительно механизмов действия ассоциативных микроорганизмов на растения. Выяснение тонких механизмов формирования и функционирования уникальных биологических систем – ассоциаций бактерий и растений – представляет значительный фундаментальный интерес [1, 3]. Эти исследования необходимы также для решения практических задач дальнейшего улучшения эффективности применения бактериальных биопрепаратов в сельскохозяйственном производстве. Однако многие вопросы фитомикробных отношений на физиолого-биохимическом уровне остаются недостаточно изученными.

Цель работы – изучение возможности ризобактерий родов *Azotobacter* и *Bacillus* к синтезу фитогормонов (ИУК и ЦК) и их влияние на рост растений.

МЕТОДИКА

Объекты исследования. Новые штаммы ризосферных микроорганизмов *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* и *Bacillus mucilaginosus* были впервые выделены из серых лесных почв Западной Си-

бири в Томском госуниверситете. Это жидкие чистые культуры живых почвенных бактерий трех видов. Они являются нетоксичными, безопасными для человека и животных и используются как экологически чистые биологические удобрения [5].

Azotobacter chroococcum (штамм Az d10, ВКМ В-2272 Д) – культура свободноживущих почвенных азотфиксаторов [18]. Это новый уникальный штамм бактерий, преимуществом которого является способность к продуцированию фитогормонов и устойчивость к дельтаметрину. *A. chroococcum* поставляет аммонийную форму азота в ризосферу растений. Штамм селекционирован по способности продуцировать ИУК, ЦК, антибиотические вещества и возможности выдерживать такие концентрации дельтаметрина, которые используют в практике сельскохозяйственных работ, что позволяет применять эти бактерии совместно с пестицидами при прополке посевов.

Bacillus megaterium var. phosphaticum (штамм Р1-04, ВКМ В-2357 Д) – культура живых почвенных кислотообразующих бактерий [19], которая переводит фосфор из нерастворимой формы в доступную для растений и стимулирует процесс корнеобразования.

Bacillus mucilaginosus (ВКМ В-1574) – культура силикатных бактерий, способных выщелачивать кремний, другие макро- и микроэлементы из природных силикатов и поставлять их в ризосферу растений.

Определение ростстимулирующей активности биопрепаратов. Проводили модельные эксперименты по влиянию чистых культур ризосферных бактерий на ростовые параметры проростков огурца (*Cucumis sativus* L.) сорта “Изящный” (энергии прорастания семян, скорость роста корневых проростков) в кюветах на фильтровальной бумаге, смоченной растворами культур, проращивали по 100 семян огурца. Использовали несколько концентраций растворов чистых культур: 0.5; 1.0 и 2.0 мл/л. Рабочий раствор препаратов чистых культур, рекомендованный для полевых опытов – 0.5 мл/л. Титр бактерий в рабочем растворе 10^6 кл./мл (10^6 КОЕ/мл).

Определение содержания ЦК и ИУК. Использовали 45-дневные растения огурца. Выращивание растений проводили в почвенной культуре (чернозем выщелоченный – содержание гумуса 8.4%; рН солевой вытяжки 5.8; NH_4 – 14; NO_3 – 15; P_2O_5 – 70; K_2O – 80 мг/100 г почвы); при освещенности 40 Вт/м² и 14-часовом фотопериоде. В каждом варианте ставили контроль – стерильная почва и питательная среда; и опыт – стерильная почва и культура бактерий: рабочий раствор содержал не менее 10^6 КОЕ/мл. Почву поливали во всех вариантах объемом воды, составляющим 60% от полной влагоемкости почвы. Бактеризацию проводили по предварительно увлажненной почве, в день посад-

ки растений, на 7 и 15 сутки онтогенеза. Норма расхода препарата составляла 20 мл рабочего раствора на 100 г почвы.

Выделение фитогормонов из фильтрата культуральной жидкости. Бактериальные клетки осаждали из свежей 2-суточной культуры того или иного вида бактерий в рефрижераторной центрифуге (8000 г, 15 мин, 4°C). Супернатант депротеинизировали 96%-ным этанолом и центрифугировали (12000 г, 10 мин). Надосадочную жидкость использовали для определения количества гормонов. Пробы для определения ИУК подкисляли до рН 2.5 10%-ным раствором H_2SO_4 , затем метилировали эфирным раствором диазометана с последующим выпариванием спирта, эфира и диазометана.

Выделение фитогормонов из растительной ткани. Количество ИУК и ЦК определяли в третьем настоящем листе, закончившем рост. Материал фиксировали жидким азотом, экстрагировали горячим 70%-ным этанолом, упаривали экстракт до водного остатка и делили на две части: ИУК экстрагировали диэтиловым эфиром при рН 2.5, а ЦК – бутанолом при рН 8.0. Разделение фитогормонов проводили с помощью тонкослойной хроматографии на пластинках “Silufol UV-254” (Чехия): ИУК в системе растворителей этилацетат–хлороформ–уксусная кислота (100 : 100 : 1 по объему), ЦК – в дистиллированной воде. Для идентификации веществ на хроматограмме использовали стандартные образцы (“Serva”, Германия). После разделения гормонов вырезали интересующие зоны на пластинке и элюировали 96%-ным этанолом. Пробы для определения ИУК метилировали эфирным раствором диазометана.

Количественное определение фитогормонов. Использовали твердофазный иммуноферментный метод [20] с наборами ELISA (“Olchemim”, Чехия), позволяющими обнаружить от 0.01 до 10 пМ гормона в 50 мкл пробы. Определяли количество трансзеатинрибозида, дигидрозеатинрибозида, изопентиладенозина и ИУК. Оптическую плотность проб и концентрацию гормонов измеряли на многофункциональном анализаторе Victor (“Pribori Oy”, Финляндия).

Результаты обработаны статистически методом дисперсионного анализа. Опыты проводили в 3-кратной биологической повторности. В таблицах приведены средние арифметические величины и их стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ризосферные бактерии *A. chroococcum*, *B. megaterium* и *B. mucilaginosus* положительно влияли на ростовые процессы огурца. Всхожесть семян повышалась через 2 сут воздействия на 10–17%, через 3 сут – на 14–28%. Максимальное влияние бактериальные культуры оказали в концентрации 2 мл/л.

Таблица 1. Содержание ЦК (нг/мл) и ИУК (мкг/мл) в 2-суточной культуральной жидкости ризосферных бактерий

Фитогормон	<i>A. chroococcum</i>	<i>B. megaterium</i>	<i>B. mucilagenosus</i>
Дигидрозеатинрибозид	23.3 ± 0.53	18.6 ± 4.73	26.4 ± 1.07
Изопентениладенозин	10.5 ± 0.31	37.2 ± 2.52	34.2 ± 1.26
Трансзеатинрибозид	7.6 ± 0.09	6.2 ± 0.38	4.9 ± 0.28
Общее содержание ЦК	41.4 ± 0.62	62.0 ± 5.35	65.5 ± 1.68
ИУК	15.3 ± 0.64	12.0 ± 0.42	9.3 ± 0.35
Соотношение ИУК/ЦК	370 : 1	194 : 1	142 : 1

При бактеризации проростки огурца имели хорошо развитые боковые корни. Корни выглядели более объемными по сравнению с контролем, корневые волоски покрывали большую поверхность корня, область опушенности смещалась к кончику корня. Вероятно, это способствовало лучшему всасыванию минеральных веществ, что улучшало ростовые процессы в корне и в целом растении.

Бактеризация способствовала возрастанию массы корней. Прирост корня и скорость роста проростков повысились на 7.8% при обработке *A. chroococcum* в концентрации 2 мл/л. Совместное влияние трех культур на проростки было максимальным и достигало 42.6% при 2 мл/л.

Ранее нами показано [21], что ростстимулирующий эффект биопрепаратов на основе чистых культур *A. chroococcum*, *B. megaterium* и *B. mucilagenosus* активно проявлялся на растениях гороха (*Pisum sativum* L.), а также и при воздействии низкой температуры: все ростовые показатели бактеризованных проростков были выше контрольных. Инокуляция исследуемыми ассоциативными бактериями повышала устойчивость проростков гороха к гипотермии, способствовала восстановлению их роста и развития после действия холода. Кроме того, бактериальные биопрепараты, созданные на основе исследуемых штаммов микроорганизмов, являлись эффективным фактором увеличения урожайности различных овощных агрокультур (картофель, томаты, огурцы, морковь, капуста, свекла, лук-порей), они повышают устойчивость растений к грибным заболеваниям: существенно снижают пораженность картофеля грибной инфекцией паршой обыкновенной (*Streptomyces scabies*), снижают содержание нитратов в урожае, что повышает качество пищевой продукции, ускоряют созревание различных культур на 5–15 сут [22, 23].

Повышение урожая и устойчивости бактеризованных растений к различным биотическим и абиотическим воздействиям отмечали ряд исследователей [6–8, 11].

Увеличение площади поверхности корневой системы при инокуляции, по-видимому, не только способствует лучшему снабжению растений водой и минералами, но и благоприятствует размножению бактерий-колонизаторов [1]. Возможно,

скопление бактерий в ризосфере различных растений создает пленку на поверхности корней, при этом благоприятное воздействие бактерий может осуществляться за счет повышения питательных веществ в ризосфере в доступной для растений форме, подавления фитопатогенной микрофлоры. Кроме того, полезные микроорганизмы способны производить биологически активные вещества, что стимулирует рост растений [24].

В литературе отмечается, что бактериальные препараты могут способствовать стимуляции роста и повышению устойчивости растений за счет выделения микроорганизмами, входящими в их состав, биологически активных веществ фитогормональной природы, в частности ауксинов, гиббереллинов, ЦК [1, 10, 12, 16]. Как на один из факторов, повышающих устойчивость к биотическим и абиотическим воздействиям, указывают на гормональный баланс и особую роль в нем ЦК [25–27].

Штаммы ризобактерий, стимулирующих рост растений (plant growth-promoting rhizobacteria, **PGPR**) с нормальным уровнем образования ИУК способствуют удлинению у растений главного корня, развитию придаточных корней и увеличению количества корневых волосков. Мутанты PGPR с подавленным синтезом ауксина дефектны по позитивному влиянию на корневую систему растений [13, 28].

Поэтому нами исследовано содержание ауксинов и ЦК в культуральной жидкости и в растениях огурца после обработки ризосферными микроорганизмами.

В бактериальных средах обнаружено значительное количество ЦК и ИУК (табл. 1). При этом содержание ИУК, особенно в среде с *A. chroococcum*, было на несколько порядков выше (мкг/мл), чем ЦК (нг/мл).

Обнаружено три формы ЦК: дигидрозеатинрибозид, изопентениладенозин и трансзеатинрибозид. Соотношение между этими формами ЦК было различно в трех бактериальных средах. В культуре *A. chroococcum* было больше дигидрозеатинрибозид, в средах *B. megaterium* и *B. mucilagenosus* – изопентениладенозина. Содержание трансзеатинрибозид было существенно ниже во всех культуральных средах. Трансзеатинрибозид – это изомер

Таблица 2. Содержание ЦК и ИУК в растениях огурца (третий настоящий лист) через 45 сут после инокуляции бактериальными культурами (нг/г сырой массы)

Фитогормон	Контрольные растения	Растения после инокуляции	% к контролю
Дигидрозеатинрибозид	9.4 ± 0.21	13.5 ± 0.39	143.6
Изопентениладенозин	5.1 ± 0.19	4.9 ± 0.15	96.1
Трансзеатинрибозид	15.8 ± 0.83	22.7 ± 1.36	143.7
Общее содержание ЦК	30.3 ± 0.92	41.1 ± 1.42	135.6
ИУК	48.9 ± 2.12	59.3 ± 2.91	121.3
Соотношение ИУК/ЦК	1.6 : 1.0	1.4 : 1.0	

зеатинрибозид, который является активной формой ЦК именно у растений. Возможно, у бактерий в культуральной жидкости содержится цис-изомер, мы не изучали его содержание. Кроме того, известно, что ЦК образуются в результате распада т-РНК, возможно, поэтому трансзеатинрибозид у бактерий мало, а в листьях растений – больше, чем других форм ЦК.

При инфицировании растений огурца содержание фитогормонов и их соотношение (ИУК/ЦК) существенно менялось по сравнению с контролем (табл. 2). Инокуляция приводила к повышению уровня фитогормонов: общего содержания ЦК – на 35.6%, ИУК – на 21.3%. Уровень ЦК при бактериализации увеличивался за счет возрастания содержания в равной степени дигидрозеатинрибозид и трансзеатинрибозид – на 44%, а изопентениладенозина оставался без изменения.

Соотношение между формами ЦК в растениях отличалось от их соотношения в культуральных средах. В листьях огурца содержание изопентениладенозина было в 2–3 раза меньше, чем дигидрозеатинрибозид и трансзеатинрибозид. Соотношение ИУК/ЦК в растениях было во много раз ниже, чем в культуральных средах. Возможно, это связано с тем, что в растительном метаболизме, с одной стороны, ИУК активно используется, с другой стороны, большие количества этого гормона находятся в связанном виде. Очевидно, для растения физиологически оправдано иметь запасной пул ИУК в виде связанной формы, который может быть реализован растением при возникновении такой необходимости. Мы приводим данные о свободной, то есть активной форме ИУК.

Таким образом, количество фитогормонов в культуральных средах исследуемых микроорганизмов и в бактериализованных ими растениях огурца существенно различалось. Культуральные среды содержали на несколько порядков больше ИУК, чем ЦК. Содержание ИУК и ЦК в листьях огурца находилось примерно на одинаковом уровне. Кро-

ме того, обнаружены ЦК разных физиологических форм как в культуральных средах, так и в растениях огурца, причем их содержание и соотношение менялось при инокуляции.

Известно, что ауксины и ЦК – растительные гормоны, регулирующие у растений ряд процессов, связанных с их ростом и развитием: элонгацию клеточных стенок, клеточное деление, рост клеток, дифференцировку тканей, а также процесс фотосинтеза [25, 27]. Фитогормоны продуцируются не только растениями, но и многими микроорганизмами и грибами [10]. Молекулярные механизмы синтеза ИУК и ЦК, их генетический контроль у ассоциативных бактерий изучены мало, хотя считается, что эти гормоны играют существенную роль в формировании ассоциаций бактерий с растениями и оказывают стимулирующий эффект на их рост и развитие [2, 11].

Известно, что ЦК в клетке присутствуют в активной и неактивной форме. Рибозидные (транспортные) формы сами обладают определенной активностью и легко переводятся в более активные формы – свободные ЦК (зеатин, дигидрозеатин и изопентениладенин). В наших экспериментах повышалось содержание рибозидных форм ЦК в бактериализованных растениях огурца. По-видимому, инокуляция активировала синтез ЦК в корнях, которые затем перемещались в листья и способствовали активизации ростовых процессов в этих органах.

Одним из важнейших вопросов в исследовании растительно-микробных ассоциаций остается вопрос подбора и проверки наиболее эффективных и продуктивных штаммов бактерий [11, 15] при создании эффективных микробиологических препаратов для экологического агропроизводства. В частности, на наш взгляд, немаловажным является исследование предлагаемых для растениеводства биопрепаратов по способности бактерий, входящих в их состав, к синтезу рострегулирующих веществ – фитогормонов [10, 14, 17], что может служить критерием оценки практической эффек-

тивности подобных штаммов микробов и бактериальных препаратов.

В данной работе экспериментально показан ростостимулирующий эффект чистых культур ризосферных микроорганизмов: *A. chroococcum*, *B. megaterium* и *B. mucilaginosus*: бактериализация дает толчок семенам при прорастании и далее способствует поддержанию ростовых процессов на высоком уровне, повышается скорость роста проростков, количество боковых корней и корневых волосков, существенно снижается количество непроросших семян.

Ростстимулирующие свойства бактерий в изучаемой фито-микробной ассоциации объясняются способностью ризобактерий к синтезу биологически активных веществ гормональной природы. Показана способность исследуемых штаммов бактерий к синтезу ИУК и ЦК, содержание которых возрастало в листьях огурца при инокуляции. Обнаружено несколько форм ЦК как в культуральной жидкости, так и в растениях огурца. Соотношение ИУК/ЦК при бактериализации сдвигалось в сторону ЦК за счет их рибозидных форм, что, вероятно, и обуславливало стимуляцию роста.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что инокуляция исследуемыми ассоциативными бактериями повышает ростовые показатели растений за счет участия в этих процессах фитогормонов (ИУК и ЦК) как растений, так и синтезируемых микроорганизмами. Выяснено, что комплексное применение трех штаммов бактерий, вызывающих широкий спектр позитивных физиологических реакций у растений, является более эффективным [21, 22]. Как показывает практика, использование комплексных биоудобрений, включающих консорциум активных бактериальных штаммов, сочетающих в себе полезные свойства различных видов, способствует стабильному увеличению урожая (на 25% и более) и повышению устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам.

Данные культуры ризобактерий можно рекомендовать для обработки семян перед посадкой с целью стимуляции прорастания, повышения корнеобразования и улучшения дальнейшего роста растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кацы Е.И.* Молекулярная генетика ассоциативно-взаимодействия бактерий и растений. М.: Наука, 2007. 86 с.
2. *Vissey J.K.* // *Plant and Soil*. 2003. V. 225. № 2. P. 571–586.
3. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Ред. В.В. Игнатов. М.: Наука, 2005. 262 с.
4. *Завалин А.А.* Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: РАСХН, 2005. 301 с.
5. *Вайшла О.Б., Ведерникова А.А., Бондаренко А.П.* Микробиологические аспекты гипергенеза. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 288 с.
6. *Yang J., Klopffer J.W., Ryu C.-M.* // *Trends Plant Sci*. 2009. V. 14. № 1. P. 1–8.
7. *Дахмуш А.С., Кожемяков А.П.* // *Агрохимия*. 2007. № 1. С. 57–61.
8. *Курдиш И.К., Бега З.Т., Гордиенко А.С., Дыренко Д.И.* // *Прикл. биохимия и микробиология*. 2008. Т. 44. № 4. С. 442–447.
9. *Мачнева В.В., Семина С.А.* // *Плодородие*. 2007. № 6 (39). С. 19–20.
10. *Цавкелова Е.А., Климова С.Ю., Чердынцева Т.А., Нетрусов А.И.* // *Прикл. биохимия и микробиология*. 2006. Т. 42. № 2. С. 133–143.
11. *Архипова Т.Н., Веселов С.Ю., Меленьтьев А.И.* // *Биотехнология*. 2006. № 4. С. 50–55.
12. *Мишке И.В.* Микробные фитогормоны в растениеводстве. Рига: Зинатне, 1988. 151 с.
13. *Patten C.L., Glick B.R.* // *Appl. Environ. Microbiol.* 2002. V. 68. № 8. P. 3795–3801.
14. *Costacurta A., Vanderleyder J.* // *Crit. Rev. Microbiol.* 1995. V. 21. № 1. P. 1–18.
15. *Bashan Y.* // *Biotechnol. Adv.* 1998. V. 16. № 4. P. 729–770.
16. *Меленьтьев А.И.* Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus* Cohn в агроэкосистемах. М.: Наука, 2007. 120 с.
17. *Arshad M., Frankenberger W.* // *Plant and Soil*. 1991. V. 133. № 1. P. 1–8.
18. Патент РФ. 2004. № 2231546.
19. Патент РФ. 2006. № 2327737.
20. *Кудоярова Г.Р., Веселов С.Ю., Каравайко Н.Н., Гули-заде В.З., Чередова Е.П., Мустафина А.Р., Мошков И.Е., Кулаева О.Н.* // *Физиология растений*. 1990. Т. 37. № 1. С. 193–199.
21. *Соколова М.Г., Акимова Г.П.* // *Вестник Харьковского нац. аграрн. университета*. 2009. Т. 3(18). С. 55–63.
22. *Соколова М.Г., Акимова Г.П., Бойко А.В., Нечаева Л.В., Глянко А.К., Вайшла О.Б., Ведерникова А.А.* // *Агрохимия*. 2008. № 6. С. 62–67.
23. *Соколова М.Г., Акимова Г.П., Рудиковский А.В., Глянко А.К., Вайшла О.Б.* // *Плодородие*. 2008. № 1. С. 26–28.
24. *Fall R., Kinsenger R.F., Wheeler K.A.* // *Syst. Appl. Microbiol.* 2004. V. 27. № 3. P. 372–379.
25. *Чернядьев И.И.* // *Прикл. биохимия и микробиология*. 2009. Т. 45. № 4. С. 389–402.
26. *Соколова М.Г., Акимова Г.П., Нечаева Л.В.* // *Агрохимия*. 2005. № 5. С. 66–70.
27. *Веселов Д.С., Веселов С.Ю., Высоцкая Л.Б., Кудоярова Г.Р., Фархутдинова Р.Г.* Гормоны растений: регуляция концентрации, связь с ростом и водным обменом. М.: Наука, 2007. 158 с.
28. *Xie H., Pasternak J.J., Glick B.R.* // *Cur. Microbiol.* 1996. V. 32. № 2. P. 67–71.

Effect of Phytohormones Synthesized by Rhizosphere Bacteria on Plants

M. G. Sokolova^a, G. P. Akimova^a, and O. B. Vaishlya^b

^a Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, 664033 Russia
e-mail: SokolovaMG@sifibr.irk.ru

^b Tomsk State University, Tomsk, 634050 Russia

Received March 18, 2010

Abstract—New strains of rhizosphere microorganisms *Azotobacter chroococcum* Az d10, *Bacillus megaterium* PI-04, and *Bacillus mucilaginosus* B-1574 were found to be able to synthesize cytokinins (CKs) and indolylacetic acid (IAA). Three forms of CKs—dihydrozeatin riboside, isopentenyl adenosine, and *trans*-zeatin riboside—were identified, whose ratio was different in the three bacterial cultures. Inoculation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants increased the content of CKs and IAA in them by 35.6 and 21.3%, respectively, and also stimulated seed germination and increased the growth rate, the biomass of shoots, the number of lateral roots, and the root hair area, which ensured better plant nutrition. The IAA/CKs ratio shifted during bacterization towards CKs due to increase in the content of riboside forms, which apparently caused growth stimulation.