

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ (PGPR)**Каримова Л.З., Нижегородцева Л.С., Колесар В.А., Климова Л. Р.,
Кадырова Ф.З., Сафин Р.И.**

Реферат. На серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан были изучены различные штаммы ризосферных бактерий, способствующие росту растений (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria – PGPR). Исследованы как промышленно выпускающие биопрепараты на основе PGPR, так и экспериментальные штаммы. Объектами исследований выступали яровые сельскохозяйственные культуры – яровой ячмень, горох и гречиха. Изучаемые новые штаммы применялись для обработки семян перед посевом с нормами расхода 0,5 л/т и 1,0 л/т при расходе рабочей жидкости 10 л/т. На яровом ячмене наиболее сильное положительное влияние на снижение поражения корневыми гнилями оказал *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 В. Наибольшие значения урожайности были при применении *Pseudomonas putida* RECB-14В и *Bacillus subtilis* RECB – 95 В. В обоих вариантах отмечались более высокая урожайность, чем при применении стандартного биопрепарата Ризоплан. С точки зрения накопления в зерне белка выделись варианты с *Bacillus subtilis* RECB – 95 В (1,0 л/т) и *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 В (1,0 л/т). На горохе наименьшее поражение корневыми гнилями было при использовании *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 В (0,5 л/т) и *Pseudomonas putida* RECB-14В в обоих нормах расхода. Наибольшая урожайность была при использовании *Bacillus subtilis* RECB – 95 В (1,0 л/т). Применение всех биопрепаратов не оказало положительного действия на увеличение содержания в семенах белка. На гречихе предпосевная обработка семян биопрепаратами практически не оказала положительного влияния на формирование урожая и содержание в зерне белка.

Ключевые слова: биопрепараты, ризосферные бактерии, обработка семян, яровой ячмень, горох, гречиха.

Введение. В последние годы все большее значение при изучении продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур к стрессовым факторам уделяется изучению характера отношения между растениями и сообществом микроорганизмов (микробиомом), населяющим те или иные его органы (корни, листья, плоды и т.д.). Наиболее изученными микроорганизмами данной группы являются ризосферные (корнеобитающие) бактерии, обладающие свойствами стимуляции роста растений (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria* – PGPR). Влияние таких бактерий на растительный организм многообразно и охватывает такие физиологические процессы, как регулирование гормонального статуса, особенности минерального питания, устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам, а также взаимодействие с другими группами (в том числе и фитопатогенными) микроорганизмов [1].

В настоящее время описаны и изучены большое количество бактерий, относящихся к данной группе, важнейшими из которых являются представители родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Azobacter*, *Variovorax*, *Azospirillum*, *Serratia* (Glick, 2012). К числу PGPR относятся и эндофитные бактерии корневой системы, образующие с растениями прочные мутуалистические ассоциации [2]. С учетом характера влияния PGPR на рас-

тения они являются ценным источником для разработки новых биопрепаратов, в том числе и для управления продуктивностью растений в условиях глобальных изменений климата [3].

С точки зрения стимуляции под влиянием PGPR роста растений, основным механизмом такого действия выступает их положительное влияние на образование различных фитогормонов [4,5,6]. Так, достаточно давно и подробно изучено влияние данных бактерий на синтез ауксинов, что приводит к стимуляции роста и развития корней растений, в том числе на их ветвление, глубину проникновения и развитие корневых волосков [7]. Такое влияние оказывает положительное влияние на засухоустойчивость и минеральное питание растений. Причем данный эффект затрагивает не только корневую систему, но и надземные органы [8]. Стимулирование образования растениями цитокинов, отмечаемое для некоторых видов PGPR, способствует росту надземной биомассы [9]. Аналогичный эффект оказывают PGPR и на гиббереллины [10]. Влияние ризосферных бактерий на растительный гормон этилен, носит сложный и многогранный характер [10]. Среди фитогормонов, выделяемых PGPR особое значение, имеет абсцизовая кислоты (АБК), играющая важную роль в устойчивости растений к засухе [11], что дает возможность к разработке биопрепаратов для повышения засухоустойчивости растений [12].

На основе анализа влияния PGPR на рост и развитие растений их обычно подразделяют на биоудобрения (увеличивающие доступность элементов питания для растений), фитостимуляторы (продуценты фитогормонов), ризоремедиаторы (разрушающие органические поллютанты) и биопестициды (контролирующие болезни через образование антибиотиков и антигрибных метаболитов) [13]. Вместе с тем большинство таких препаратов обладают комплексным действием и оказывают многогранное положительное влияние на растения. В связи с этим поиск новых активных штаммов данных микроорганизмов имеет важное научное и практическое значение.

Условия, материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2018 году на кафедре общего земледелия, селекции и защиты растений ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ». Лабораторные исследования проводились на базе агроэкологического центра Казанского государственного аграрного университета.

Объектом исследований были сорт ярового ячменя Раушан, горох сорта Варис и гречиха сорта Батыр.

На изучаемых культурах проводились исследования по оценке эффективности обработки семян различными ризосферными бактериями. Изучались следующие варианты: 1. Контроль – без обработки семян; 2. Ризоплан (*Pseudomonas fluorescens* штамм AP-33) – стандартный биопрепарат, 0,5 л/т; 3. *Pseudomonas putida* штамм RECB – 14 В, 0,5 л/т; 4. *Pseudomonas putida* штамм RECB – 14 В, 1,0 л/т; 5. *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 В, 0,5 л/т; 6. *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 В, 1,0 л/т; 7. *Bacillus subtilis* RECB – 95 В, 0,5 л/т; 8. *Bacillus subtilis* RECB – 95 В, 1,0 л/т. Экспериментальные штаммы были получены из коллекции. В качестве биологических агентов контроля изучались штаммы из коллекции

Казанского государственного аграрного университета.

Расход рабочей жидкости при обработке семян – 10 л/т. Почва опытных участков – серая лесная среднесуглинистая. Агротехнологии возделывания изучаемых сельскохозяйственных культур в соответствии с рекомендациями для Предкамья Республики Татарстан. В мае и июне 2018 года отмечались слабые засушливые явления. В июле условия были благоприятными для роста и развития растений.

На заложенных опытах проводился комплекс учетов и наблюдений за формированием урожая, развитием болезней. Проводилось определение содержания белка в зерне. Обработка данных осуществлялась по общепринятым методикам [Доспехов].

Анализ и обсуждение результатов исследований.

На яровом ячмене обработка семян бактериальными препаратами оказала влияние на динамику поражения растений корневыми гнилями (табл. 1).

Результаты оценки показали, что среди изучаемых штаммов ризосферных бактерий наиболее сильное положительное влияние на снижение поражения ярового ячменя корневыми гнилями оказал *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 В. В данном варианте, при применении нормы 1,0 л/т семян, в среднем за все учеты, развитие болезни снизилось в 3,5 раза к контролю и в 2,5 раза к показателям для стандартного биопрепарата Ризоплан. Аналогичные результаты, но в меньшей степени были получены при использовании *Bacillus subtilis* RECB-95В с нормой 1,0 л/т. Для других экспериментальных штаммов показатели развития болезни уступали или были на уровне стандарта.

Данные по урожайности и содержанию белка в зерне ярового ячменя представлены в табл. 2.

Таблица 1 – Развитие (%) корневых гнилей ячменя по фазам вегетации в зависимости от обработки семенного материала, 2018 г.

| Вариант | Всходы | Кущение | Колошение-цветение | Молочная спелость | Среднее |
|--|--------|---------|--------------------|-------------------|---------|
| Контроль | 3,9 | 4,7 | 8,4 | 12,0 | 7,3 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> штамм AP-33 | | | | | |
| Ризоплан | 2,5 | 3,1 | 5,8 | 9,7 | 5,3 |
| <i>Pseudomonas putida</i> RECB-14В | | | | | |
| 0,5 л/т | 1,9 | 4,2 | 7,9 | 11,2 | 6,3 |
| 1,0 л/т | 0 | 7,1 | 11,6 | 13,4 | 8,0 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> RECB – 44 В | | | | | |
| 0,5 л/т | 1,7 | 3,0 | 4,9 | 7,6 | 4,3 |
| 1,0 л/т | 0 | 0 | 3,8 | 4,4 | 2,1 |
| <i>Bacillus subtilis</i> RECB – 95 В | | | | | |
| 0,5 л/т | 1,6 | 4,2 | 9,3 | 11,3 | 6,6 |
| 1,0 л/т | 0 | 3,5 | 4,3 | 6,9 | 3,7 |

Таблица 2 – Урожайность ячменя (т/га) и содержание в зерне белка (%) при применении биопрепаратов, 2018 г.

| Вариант | Урожайность, т/га | Прибавка к контролю, т/га | Прибавка к стандартному биопрепарату, т/га | Содержание сырого протеина на сухую массу зерна, % |
|--|-------------------|---------------------------|--|--|
| 1. Контроль | 2,08 | | | 12,43 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> штамм AP-33 | | | | |
| Ризоплан | 2,24 | 0,16 | | 12,25* |
| <i>Pseudomonas putida</i> RECB-14B | | | | |
| 0,5 л/т | 2,16 | 0,08 | | 9,45 |
| 1,0 л/т | 2,72 | 0,64 | 0,48 | 12,43* |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> RECB – 44 B | | | | |
| 0,5 л/т | 2,13 | 0,05 | | 12,25* |
| 1,0 л/т | 2,29 | 0,21 | 0,05 | 14,35 |
| <i>Bacillus subtilis</i> RECB – 95 B | | | | |
| 0,5 л/т | 2,58 | 0,50 | 0,34 | 14,35 |
| 1,0 л/т | 2,65 | 0,57 | 0,41 | 13,65* |
| НСР ₀₅ | 0,14 | | | |

Примечание: * – разница недостоверна к показателям в контроле при P=0,05.

Результаты определения урожайности показали, что наибольшие значения были при применении для обработки семян *Pseudomonas putida* RECB-14B и *Bacillus subtilis* RECB – 95 B. В обоих вариантах отмечалось более высокая урожайность, чем при применении стандартного биопрепарата Ризоплан. С точки зрения накопления в зерне белка выделены варианты с *Bacillus subtilis* RECB – 95 B (1,0 л/т) и *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 B (1,0 л/т).

Таким образом, с учетом влияния на устойчивость растений к корневым гнилям, урожайность и качество зерна, на яровом ячмене преимущество имела бактерия *Bacillus subtilis* RECB – 95 B при норме расхода 1,0 л/т.

Обработка семян гороха изучаемыми биопрепаратами отразилась на поражении растений корневыми гнилями (табл. 3).

Использование всех вариантов обработки семян гороха привело к снижению поражения растений корневыми гнилями в период всходов, но с точки зрения биологической эффективности контроля данного микоза, преиму-

щество (в сравнении со стандартным биопрепаратом) имели *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 B (0,5 л/т) и *Pseudomonas putida* RECB-14B в обоих нормах расхода.

Результаты определения урожайности и содержания в зерне гороха белка представлены в табл. 4.

Обработка семян биопрепаратами оказала положительное влияние на урожайность гороха. Наиболее заметным (в сравнении со стандартом) данный эффект был при использовании *Bacillus subtilis* RECB – 95 B (1,0 л/т). Несколько слабее влияние на урожайность было у *Pseudomonas putida* RECB-14B. Использование *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 B не оказало существенного влияния в сравнении с Ризопланом на урожайность гороха. Применение всех биопрепаратов не оказало положительного действия на увеличение содержания в семенах белка, а в варианте с *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 B отмечалось даже падение данного показателя к значениям в контроле.

Таблица 3 – Поражение корневыми гнилями растений гороха в фазу полных всходов, 2018 г

| Вариант | Распространенность, % | Развитие болезни, % | Биологическая эффективность, % |
|--|-----------------------|---------------------|--------------------------------|
| Контроль | 16,7 | 2,1 | |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> штамм AP-33 | | | |
| Ризоплан | 10,0 | 0,3 | 88,1 |
| <i>Pseudomonas putida</i> RECB-14B | | | |
| 0,5 л/т | 0,2 | 0,1 | 95,7 |
| 1,0 л/т | 0,1 | 0,1 | 97,6 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> RECB – 44 B | | | |
| 0,5 л/т | 0,1 | 0,01 | 99,5 |
| 1,0 л/т | 10,0 | 0,3 | 88,1 |
| <i>Bacillus subtilis</i> RECB – 95 B | | | |
| 0,5 л/т | 9,1 | 2,0 | 1,0 |
| 1,0 л/т | 9,1 | 0,3 | 88,1 |

Таблица 4 – Урожайность (т/га) и содержание в зерне гречихи белка (%) при применении биопрепаратов, 2018 г.

| Вариант | Урожайность, т/га | Прибавка к контролю, т/га | Прибавка к стандартному биопрепарату, т/га | Содержание сырого протеина на сухую массу зерна, % |
|--|-------------------|---------------------------|--|--|
| 1. Контроль | 1,63 | | | 17,15 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> штамм AP-33 | | | | |
| Ризоплан | 0,97 | | | 13,13 |
| <i>Pseudomonas putida</i> RECB-14B | | | | |
| 0,5 л/т | 1,38 | | 0,41 | 13,30 |
| 1,0 л/т | 1,60 | | 0,63 | 14,18 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> RECB – 44 B | | | | |
| 0,5 л/т | 1,18 | | 0,21 | 13,13 |
| 1,0 л/т | 1,09 | | 0,12 | 14,18 |
| <i>Bacillus subtilis</i> RECB – 95 B | | | | |
| 0,5 л/т | 1,11 | | 0,14 | 14,35 |
| 1,0 л/т | 1,53 | | 0,57 | 13,30 |
| НСР ₀₅ | 0,14 | | | |

Примечание: * – разница недостоверна к показателям в контроле при P =0,05.

Таблица 5 – Урожайность (т/га) и содержание в зерне гречихи белка (%) при применении биопрепаратов, 2018 г.

| Вариант | Урожайность, т/га | Прибавка к контролю, т/га | Прибавка к стандартному биопрепарату, т/га | Содержание сырого протеина на сухую массу зерна, % |
|--|-------------------|---------------------------|--|--|
| 1. Контроль | 1,63 | | | 17,15 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> штамм AP-33 | | | | |
| Ризоплан | 0,97 | | | 13,13 |
| <i>Pseudomonas putida</i> RECB-14B | | | | |
| 0,5 л/т | 1,38 | | 0,41 | 13,30 |
| 1,0 л/т | 1,60 | | 0,63 | 14,18 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> RECB – 44 B | | | | |
| 0,5 л/т | 1,18 | | 0,21 | 13,13 |
| 1,0 л/т | 1,09 | | 0,12 | 14,18 |
| <i>Bacillus subtilis</i> RECB – 95 B | | | | |
| 0,5 л/т | 1,11 | | 0,14 | 14,35 |
| 1,0 л/т | 1,53 | | 0,57 | 13,30 |
| НСР ₀₅ | 0,14 | | | |

Примечание: * – разница недостоверна к показателям в контроле при P =0,05.

Таким образом, наиболее эффективным вариантом обработки семян гороха был – *Bacillus subtilis* RECB – 95 B при норме расхода 1,0 л/т.

Предпосевная обработка семян гречихи биопрепаратами практически не оказала положительного влияния на формирование урожая и содержание в зерне белка (табл. 5).

Выводы. Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее выраженное положительное влияние при применении для обработки семян ризосферные бактерии оказали на яровом ячмене и горохе. На гречихе положительный эффект применения

изучаемых штаммов не проявлялся, что по всей видимости, обусловлено особенностями корневых выделений данной культуры, способных оказывать негативное влияние на микроорганизмы. На ячмене и горохе преимуществом обладал вариант *Bacillus subtilis* RECB – 95 B при норме расхода 1,0 л/т. Необходимо отметить, что *Pseudomonas fluorescens* RECB – 44 B эффективно подавлял развитие корневых гнилей и на ячмене, и на горохе, но не оказал существенного положительного влияния как на урожайность, так и на накопление в урожае белка.

Исследование проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Номер договора субсидии № 14.610.21.0017. Уникальный идентификатор проекта - RFMEFI61017X0017.

Литература

1. Chaparro, J. M. Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development/ Chaparro, J. M., Badri, D. V., and Vivanco, J. M.// ISME J. – 2013. – Vol.8. – P.790–803. doi:10.1038/ismej.2013.196.
2. Glick, B.R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. – Hindawi Publishing Corporation, Scientifica: Waterloo, Canada, 2012. – 15 p.
3. Vejan, P. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability– A Review/ P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran, S. Ismail, A. Nasrulhaq Boyce// Molecules. – 2016. – Vol.21. – P. 1-17/ doi:10.3390/molecules21050573
4. Цавкелова, Е.А. Гормоны и гормоноподобные соединения микроорганизмов / Е.А. Цавкелова, С.Ю. Климова, Т.А. Чердышев, А.И. Нетрусов //Прикладная биохимия и микробиология. – 2006. – Т.42, №3. – С.261-268.
5. Моргунов, В.В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение/ В.В. Моргунов, С.Я. Коць, Е.В. Кириченко//Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т.41., №3. – С.187-207.
6. Феоктистова, Н.В. Ризосферные бактерии // Н.В. Феоктистова, А.М. Марданова, Г.Ф. Хадиева, М.Р. Шарипова. – 2016. – Т. 158, кн. 2. – С. 207–224.
7. Casson, S.A. Genes and signaling in root development/ Casson S.A., Lindsey K. // New Phytol. – 2003. – Vol. 158. – P. 11–38.
8. Ali, B. Auxin production by plant associated bacteria: impact on endogenous IAA content and growth of *Triticum aestivum* L./ Ali B., Sabri A.N., Ljung K., Hasnain S. // Letters in Applied Microbiology.– 2009. – Vol. 48. – P. 542–547.
9. Arkhipova, T.N. Cytokinin producing bacteria enhance plant growth in drying soil / Arkhipova T.N., Prinsen E., Veselov S.U., Martynenko E.V., Melentiev A.I., Kudoyarova G.R.// Plant Soil. – 2007. – V. 292. – P. 305–315.
10. Karadeniz, A. Auxin, gibberellin, cytokinin and abscisic acid production in some bacteria/ A. Karadeniz, S.F. Torcuoglu, S. Inan // World Journal of Microbiology & Biotechnology. – 2006. – Vol. 22. – P. 1061–1064.
11. Belimov, A.A. Rhizosphere bacteria containing ACC deaminase increase yield of plants grown in drying soil via both local and systemic hormone signaling/ A.A. Belimov, I.C. Dodd, N. Hontzeas, J.C. Theobald, V.I. Safronova W.J. Davies // New Phytologist. 2009. – Vol.181. – P. 413–423.
12. Maurel, C. Plant aquaporins: membrane channels with multiple integrated functions/ C.Maurel, L.Verdoucq, D.T. Luu, V.Santoni// Annual Review of Plant Biology. – 2008. – Vol. 59. – P. 595–624.
13. Кудоярова, Г.П. Образование фитогормонов почвенными и ризосферными бактериями как фактор стимуляции роста растений /Г.П. Кудоярова, И.К. Курдиш, А.И. Мелентьев //Известия Уфимского научного Центра РАН. – 2011. – №3-4. – С.5-16.
14. Somers, E. Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet / E. Somers, J.Vanderleyden, and M.Srinivasan // Crit. Rev. Microbiol. – 2004. – Vol.30. – P.205-240.

Сведения об авторах:

Каримова Лилия Зяудатовна – кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. доцента кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Нижегородцева Любовь Степановна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцента кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Колесар Валерия Александровна – кандидат биологических наук, и.о. доцента кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Климова Лилия Рафкатовна – аспирант кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Кадырова Фануся Загитовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Сафин Радик Ильясович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL CROPS USING BIOLOGICAL PRODUCTS BASED ON RHISOSPHERIC BACTERIA (PGPR)

Karimova L.Z., Nizhegorodtseva L.S., Kolesar V.A., Klimova L.R., Kadyrova F.Z., Safin R.I.

Abstract. Various strains of rhizospheric bacteria that promote plant growth (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria - PGPR) were studied on gray forest soils of Kama region of the Republic of Tatarstan. Investigations were held both PGPR-based biologics and experimental strains. The objects of research were spring crops - spring barley, peas and buckwheat. The studied new strains were used for seed treatment before sowing with a flow rate of 0.5 litre per hectare and 1.0 litre per hectare at a flow rate of 10 litres per hectare. In spring barley, *Pseudomonas fluorescens* RECB-44 B had the strongest positive effect on reducing root rot damage. A high productivity was observed in both cases than with the standard biological product Rizoplan. From the point of view of accumulation in the protein grain, variants with *Bacillus subtilis* RECB - 95 B (1.0 litre per hectare) and *Pseudomonas fluorescens* RECB - 44 B (1.0 litre per hectare) were distinguished. On peas, the smallest root rot lesion was with *Pseudomonas fluorescens* RECB - 44 B (0.5 litre per hectare and *Pseudomonas putida* RECB-14B at both application rates. The highest yield was when using *Bacillus subtilis* RECB - 95 B (1.0 litre per hectare). The use of all biological products did not have a positive effect on the increase in protein content in seeds. In buckwheat, pre-sowing treatment of seeds with biological products practically did not have a positive effect on yield formation and protein content in grain.

Key words: biological products, rhizospheric bacteria, seed treatment, spring barley, peas, buckwheat.

References

1. Chaparro, J. M. Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development/ Chaparro, J. M., Badri, D. V., and Vivanco, J. M.// ISME J. – 2013. – Vol.8. – P.790–803. doi:10.1038/ismej.2013.196.
2. Glick B.R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. – Hindawi Publishing Corporation, Scientifica: Waterloo, Canada, 2012. – 15 p.
3. Vejan P. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability– A Review/ P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran, S. Ismail, A. Nasrulhaq Boyce// Molecules. – 2016. – Vol.21. – P. 1-17/ doi:10.3390/molecules21050573
4. Tsavkelova E.A. Hormones and hormone-like compounds of microorganisms. [Gormony i gormonopodobnye soedineniya mikroorganizmov]. / E.A. Tsavkelova, S.Yu. Klimova, T.A. Cherdyshev, A.I. Netrusov // *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. - Applied biochemistry and microbiology.* – 2006. – Vol.42, №3. – P. 261-268.
5. Morgun V.V. Growth-stimulating rhizobacteria and its practical use. [Roststimuliruyuschie rizobakterii i ikh prakticheskoe primeneniye]. / V.V. Morgun, S.Ya. Kots, E.V. Kirichenko // *Fiziologiya i biokhimiya kulturykh rasteniy. - Physiology and biochemistry of cultivated plants.* – 2009. – Vol.41., №3. – P. 187-207.
6. Feoktistova N.V. *Rizosfernye bakterii.* // *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya estestvennye nauki.* [Rhizospheric bacteria. // Scientific notes of Kazan University. Series: Natural Sciences]. N.V. Feoktistova, A.M. Mardanov, G.F. Khadieva, M.R. Sharipova. – 2016. – Vol. 158, book 2. – P. 207–224.
7. Casson, S.A. Genes and signaling in root development/ Casson S.A., Lindsey K. // *New Phytol.* – 2003. – Vol. 158. – P. 11–38.
8. Ali, B. Auxin production by plant associated bacteria: impact on endogenous IAA content and growth of *Triticum aestivum* L./ Ali B., Sabri A.N., Ljung K., Hasnain S. // *Letters in Applied Microbiology.*– 2009. – Vol. 48. – P. 542–547.
9. Arkhipova, T.N. Cytokinin producing bacteria enhance plant growth in drying soil / Arkhipova T.N., Prinsen E., Veselov S.U., Martynenko E.V., Melentiev A.I., Kudoyarova G.R.// *Plant Soil.* – 2007. – Vol. 292. – P. 305–315.
10. Karadeniz, A. Auxin, gibberellin, cytokinin and abscisic acid production in some bacteria/ A. Karadeniz, S.F. Topcuoglu, S. Inan // *World Journal of Microbiology & Biotechnology.* – 2006. – Vol. 22. – P. 1061–1064.
11. Belimov, A.A. Rhizosphere bacteria containing ACC deaminase increase yield of plants grown in drying soil via both local and systemic hormone signaling/ A.A. Belimov, I.C. Dodd, N. Hontzeas, J.C. Theobald, V.I. Safronova W.J. Davies // *New Phytologist.* 2009. – Vol.181. – P. 413–423.
12. Maurel, C. Plant aquaporins: membrane channels with multiple integrated functions/ C.Maurel, L.Verdoucq, D.T. Luu, V.Santoni// *Annual Review of Plant Biology.* – 2008. – Vol. 59. – P. 595–624.
13. Kudoyarova G.R. The formation of phytohormones by soil and rhizospheric bacteria as a factor in stimulating plant growth. [Obrazovanie fitogormonov pochvennymi i rizosfernymi bakteriyami kak faktor stimulyatsii rosta rasteniy]. / G.R. Kudoyarova, I.K. Kurdish, A.I. Melentev // *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo Tsentra RAN. - News of Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* – 2011. – № 3-4. – P. 5-16.
14. Somers, E. Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet / E. Somers, J.Vanderleyden, and M.Srinivasan // *Crit. Rev. Microbiol.* – 2004. – Vol.30. – P.205-240.

Authors:

Karimova Liliya Zyaudatovna – Ph.D. of Agricultural sciences, acting Associate Professor of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Nizhegorodtseva Lyubov Stepanovna - Ph.D.of Agricultural sciences, Associate Professor of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Kolesar Valeriya Aleksandrovna – Ph.D.of Biological sciences, acting Associate Professor of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Klimova Liliya Rafkatovna – post graduate student of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Kadyrova Fanusya Zagitovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Safin Radik Ilyasovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.