

УДК: 576.851.256+631.36

САМАРАДОР ДИАЗОТРОФЛАР МАҲАЛЛИЙ ШТАММЛАРИНИНГ «АВАНГАРД» ШОЛИ НАВИНИНГ ЎСИШИ, РИВОЖЛАНИШИ ВА ҲОСИЛДОРЛИГИГА ТАЪСИРИ

Кади́рова Гулче́хра Хаки́мовна,
биология фанлари доктори, бош илмий ходим;
Шаки́ров Заир Саатович,
биология фанлари доктори, лаборатория мудир;
Абдуллаев Анвар Кадируллаевич,
биология фанлари номзоди, докторант;
Хамдамова Нигора Аъзам қизи,
кичик илмий ходим;
Сафаров Иброҳим Валиевич,
кичик илмий ходим;
Халилов Илҳом Маматкулович,
биология фанлари номзоди, докторант

Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Микробиология институти

Аннотация. Охирги йилларда озиқ-овқат маҳсулотларига бўлган эҳтиёжнинг ортиши қишлоқ хўжалиги экинларининг ҳосилдорлигини оширишни талаб этмоқда. Бунга эса фойдаланиладиган кимёвий ўғитлар миқдорининг оширилиши орқали эришилмоқда. Улардан нораціонал фойдаланиш натижасида тупроқ ва атроф-муҳитга жиддий салбий таъсир етказилмоқда. Ҳозирги кунда диазотрофлар кимёвий ўғитларга нисбатан потенциал экологик хавфсиз альтернатива ҳисобланади. Ўтказилган тадқиқот натижаларига кўра, шолининг «Авангард» нави уруғларига диазотрофларнинг ассоциацияси *A.brasilense* A13-5+A.*brasilense* A4-1+A. *chroococcum* I4+A*zotobacter* sp. 12+ *Nostoc calcicola* 25+A*baena* *variabilis* 21 билан ишлов бериш ўсимликнинг ўсиш ва шаклланиш жараёнларини тезлаштиради ва шולי ҳосилдорлиги 13,2% ошади (назорат вариантда шולי ҳосилдорлиги – 72,4 ц/га бўлганда). Самарадор диазотрофларнинг интродукцияланиши натижасида тупроқнинг потенциал азотфиксация фаоллиги 81,6% га ошди. Олинган натижаларни фаол маҳаллий диазотрофлар штаммлари асосида юқори самарадор ва экологик хавфсиз препаратлар ишлаб чиқариш мақсадига қўлаш республикамызда шолдан экологик тоза маҳсулот олишнинг зарур босқичларидан бири эканлигидан дарак беради.

Таянч тушунчалар: диазотрофлар, шולי, нав, ҳосилдорлик, *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Nostoc calcicola*, *Anabaena variabilis*.

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕСТНЫХ ШТАММОВ ДИАЗОТРОФОВ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ РИСА СОРТА «АВАНГАРД»

Кады́рова Гулче́хра Хаки́мовна,
доктор биологических наук, главный научный сотрудник;
Шаки́ров Заир Саатович,
доктор биологических наук, заведующий лабораторией;
Абдуллаев Анвар Кадируллаевич,
кандидат биологических наук, докторант;
Хамдамова Нигора Аъзам кизи,
младший научный сотрудник;

Сафаров Иброхим Валиевич,
младший научный сотрудник;
Халилов Илхом Маматкулович,
кандидат биологических наук, докторант

Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан

Аннотация. В последние годы в связи с увеличением спроса на продукты питания возникла потребность в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, что достигается за счет увеличения доз используемых химических удобрений. Их нерациональное использование приводит к серьезным негативным последствиям для почвы и окружающей среды. В настоящее время diaзотрофы являются потенциально экологически безопасной альтернативой химическим удобрениям. Согласно результатам исследования, обработка семян риса сорта «Авангард» ассоциацией diaзотрофов *A. brasilense* A13-S + *A. brasilense* A4-1 + *A. chroococcum* 14 + *Azotobacter* sp. 12 + *Nostoc calcicola* 25 + *Anabaena variabilis* 21 усиливает ростовые и формообразовательные процессы растений и увеличивает урожайность риса на 13,2% (при урожайности риса в контрольном варианте – 72,4 ц/га). При интродукции эффективных diaзотрофов потенциальная азотфиксирующая активность почвы повышается на 81,6%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование активных местных штаммов diaзотрофов с целью разработки на их основе высокоэффективных и экологически безопасных препаратов является необходимым этапом в получении экологически чистого риса.

Ключевые слова: diaзотрофы, рис, сорт, урожайность, *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Nostoc calcicola*, *Anabaena variabilis*.

INFLUENCE OF EFFECTIVE LOCAL DIAZOTROPH STRAINS ON GROWTH-DEVELOPMENT AND YIELD OF RICE OF «AVANGARD» VARIETY

Kadirova Gulchekhra Khakimovna,
Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher;
Shakirov Zair Saatovich,
Doctor of Biological Sciences, Head of Laboratory;
Abdullaev Anvar Kadirullaevich,
PhD, Doctoral Student;
Hamdamova Nigora Azam Kizi,
Junior Researcher;
Safarov Ibrohim Valievich,
Junior Researcher;
Khalilov Ilkhom Mamatkulovich,
PhD, Doctoral Student

Institute of Microbiology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Abstract. In recent years, due to increasing demand for food, there has been a need to increase crop yield, which is achieved by raising the doses of chemical fertilizers used. Their irrational use leads to serious negative consequences for the soil and the environment. Currently, diazotrophs are a potentially environmentally friendly alternative to chemical fertilizers. In this paper, processing of rice seeds of of “Avangard” variety by the association of diazotrophs *A. brasilense* A13-S + *A. brasilense* A4-1 + *A. chroococcum* 14 + *Azotobacter* sp. 12 + *Nostoc calcicola* 25 + *Anabaena variabilis* 21 increases the growth and shaping processes of plants and increases the yield of rice by 13.2% (when the yield of rice in the control version is 72.4 C/ha). When effective diazotrophs are introduced, the potential nitrogen-fixing activity of the soil increases by 81.6%. The results obtained indicate

that the use of active local strains of diazotrophs in order to develop highly effective and environmentally safe preparations is a necessary step in obtaining environmentally friendly rice products in our Republic.

Keywords: diazotrophs, rice, variety, yield, *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Nostoc calcicola*, *Anabaena variabilis*.

Введение

В последние годы в связи с увеличением спроса на продукты питания возникает необходимость повысить урожайность сельскохозяйственных культур, что достигается путем увеличения доз используемых химических удобрений. Их нерациональное использование приводит к серьезным негативным последствиям для почвы и окружающей среды. В настоящее время diazotrophы являются потенциально экологически безопасной альтернативой химическим удобрениям [1-3].

Рост и развитие растений – это физиологический процесс, который объединяет и отражает практически все стороны жизнедеятельности растительного организма. Влияние регуляторов роста на данные процессы изучено недостаточно. В ряде работ отмечается, что применение росторегулирующих препаратов отражается на онтогенезе риса и его зерновой продуктивности, но при этом, как правило, не анализируется их влияние на отдельные показатели роста и развития риса [4, 5].

Известно, что всхожесть и развитие семян можно повысить с помощью их предпосевной обработки diazotрофами. Обработка семян diazotрофами увеличивает проницаемость клеточной мембраны, ускоряет пробуждение и прорастание семян и тем самым способствует получению крепких и густых всходов [2, 3].

Снижение полевой всхожести семян риса, а также гибель проростков и всходов происходят в значительной мере из-за образования перекиси водорода в результате активизации окислительно-восстановительных процессов, происходящих при заливе посевов риса. Под действием diazotрофов увеличивается содержание каталазы, которая регулирует окислительно-восстановительные процессы, благодаря этому происходит более быстрое поглощение воды семенами, ускоряются процессы прорастания, что приводит к повышению всхожести семян и интенсивности их прорастания [6,7].

Цель работы – изучение влияния местных эффективных штаммов diazotрофов на рост-развитие и урожайность районированного сорта риса «Авангард» в производственно-полевых экспериментах.

Материалы и методы

Культивирование diazotрофов. Для получения микроаэрофильных накопительных культур штаммов рода *Azospirillum* использовали полужидкую малатную среду Доберейнер в модификации Калининской [8]. Культуры рода *Azotobacter* выращивали на среде Эшби следующего состава (г/л): маннит – 20,0; K_2HPO_4 – 0,2; $MgSO_4$ – 0,2; NaCl – 0,2; K_2SO_4 – 0,1; $CaCO_3$ – 5,0; pH=7,3. Цианобактерии культивировали на среде BG-11₀ без добавления азота [9]. Выращивание diazotрофов проводили при температуре 28 °C в течение 3-5 суток.

Проведение производственно-полевых испытаний. Полевые опыты по изучению влияния местных штаммов diazotрофов рода *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Nostoc* и *Anabaena* на всхожесть, рост-развитие и урожайность районированного сорта риса «Авангард» проводили на типичных сероземах (Ташкентская область) на площади 6 га производственно-учебного хозяйства Научно-исследовательского института рисоводства Академии наук Республики Узбекистан по схеме:

- 1) контроль без инокуляции;
- 2) опытный вариант: для инокуляции семян и обработки растений использовали 5 л/га суспензии 5-суточных культур ассоциации цианобактерий, азоспириллов и азотобактера с титром $3,2 \times 10^7$ кл/мл. Посевная площадь составляла 6 га. Агротехника проводилась общепринятым методом. На протяжении всего периода вегетации риса, обработанного diazotрофами, проводили фенологические наблюдения за развитием растений.

Определение потенциальной активности азотфиксации почв. Почвенные образцы из различных засоленных почв отбирали в сте-

рильные бумажные пакеты. Каждая из проб отбиралась из различных горизонтов почвы (0-30 см). Для определения потенциальной азотфиксации образцы почв весом 200 г (взятые обычно из 5 различных точек с 1 га сельскохозяйственных угодий) смешивали, сушили и измельчали в лабораторных условиях. Активность азотфиксации определяли в воздушно-сухих образцах почв. С этой целью 5 г освобожденной от корешков и просеянной через сито (диаметр ячеек 1 мм) почвы помещали в пенициллиновый флакон, вносили 2%-й раствор глюкозы в зависимости от массы абсолютно сухой почвы и увлажняли стерильной водопроводной водой. Влажность почвы составляла 80% от возможной (полной) влагоемкости. Флакон закрывали ватной пробкой и инкубировали в течение суток при 28 °С, повторность опытов – 3-кратная. Через сутки инкубации образцов в термостате флакон плотно закрывали резиновой пробкой, вводили внутрь флакона шприцем ацетилен до концентрации 10 объемных %, далее флакон помещали в термостат на 1 час.

Потенциальную активность азотфиксации определяли в мкмольх фиксированного молекулярного азота в пересчете на 1 кг почвы и 1 ч инкубации в ацетилене [10].

Результаты и обсуждение

Ранее нами была изучена ростостимулирующая активность местных штаммов diazotрофов на всхожесть и развитие семян районированных сортов риса «Авангард», «Мустакилик» и «Лазурный» в лабораторных условиях [11-14].

В настоящей работе проводили исследования по влиянию эффективных местных штаммов diazotрофов на рост-развитие и урожайность риса сорта «Авангард» в производственно-полевых испытаниях.

На первом этапе исследований, проанализировав посевные качества контрольных и обработанных семян, установили значительное усиление роста и развития растений под воздействием diazotрофов. Прорастание семян риса, обработанных ассоциацией diazotрофов, на 11-13% выше по сравнению с контролем (табл. 1). На 18 сутки после посева (04.06.2018 г.) густота растений в варианте *A.brasilense* A13-5 + *A.brasilense* A4-1 +

Nostoc calcicola 25 + *Anabaena variabilis* 21 составляет 260 шт./м², а в варианте *A.brasilense* A13-5 + *A.brasilense* A4-1 + *A.chroococcum* 14 + *Azotobacter* sp. 12 + *Nostoc calcicola* 25 + *Anabaena variabilis* 21 – 275 шт./м². По отношению к контролю стебли и корни обработанных растений развиваются значительно лучше. В частности, в опытных вариантах высота растений на 12,8-16,7% выше к контролю (табл. 1, рис.).

Фаза кушения начинается на 33 сутки выращивания риса (19.06.2018 г.) с образованием третьих-четвертых листьев и заканчивается появлением восьмых-девярых листьев (табл. 2). Установлено, что в опытных вариантах количество боковых ветвей в фазе кушения составляет 5-7 шт., в то время как на растениях, не обработанных diazotрофами (контроль), – 4-5 шт.

Интенсивность кушения зависит от сортовых особенностей, обеспеченности азотным питанием, густоты стояния растений, освещенности и глубины затопления. Кушение является самой продолжительной фазой, которая вносит наибольший вклад в удлинение вегетационного периода риса. У скороспелых сортов кушение продолжается 20-25 дней, у позднеспелых до 40 дней и более. В период кушения происходит переход из вегетативной стадии в генеративную. В фазе образования восьмого-девятого листа у растений происходит дифференцирование конуса нарастания на главном стебле, формирование будущей метелки [15].

Как видно из таблицы 2, в опытных вариантах фаза трубкования у растений наблюдается на 60-70 сутки (16.07.2018 г.–26.07.2018 г.) выращивания, в контрольных вариантах – на 62-72 сутки (18.07.2018 г.–28.07.2018 г.).

Появление метелок из влагалища верхнего листа, т.е. фаза выметывания совпадает с фазой цветения. Цветение метелок растений начинается с 79 до 81 дня выращивания (05.08.2018 г.–15.08.2018 г.) и продолжается в течение 10 дней. Как известно, на цветение отрицательно действует неблагоприятная погода: дождь, температура ниже 14-15 °С. При этом повышается пустозерность (стерильность колосков), снижается продуктивность метелки [15]. При понижении температуры до 12-14 °С цветение прекращается.

Таблица 1

Влияние ассоциации диазотрофов на прорастание и рост-развитие риса сорта «Авангард»

Варианты	Прорастание семян, шт./м ²	Густота расте- ний, шт./м ²	Высота стебля, см	Длина корня, см
	22.05.2018 г.	04.06.2018 г.		
Контроль	369 ± 10,4	215 ± 5,29	23,3 ± 1,2	8,4 ± 0,34
<i>A.brasilense</i> A13-5, <i>A.brasilense</i> A4-1, <i>Nostoc calcicola</i> 25, <i>A. variabilis</i> 21	410 ± 23,0	260 ± 16,0	26,3 ± 0,6	9,2 ± 0,3
<i>A.brasilense</i> A13-5, <i>A.brasilense</i> A4-1, <i>A. chroococcum</i> 14, <i>Azotobacter</i> sp. 12, <i>Nostoc calcicola</i> 25, <i>A. variabilis</i> 21	416 ± 6,0	275 ± 8,71	27,2 ± 0,51	9,7 ± 0,51

Таблица 2

Фазы вегетации риса сорта «Авангард»

Варианты	Кущение (число боковых ветвей, шт. (20.06.2018 г.)	Трубкавание (выход в трубку), дата	Выметывание, цветение, дата	Урожайность (на- чало созревания семян (05.09.2018 г.), ц/га
Контроль	4-5	18.06.2018 г. – 28.06.2018 г.	5.07.2018 г. –15.07.2018 г.	72,4
<i>A.brasilense</i> A13-5+ <i>A.brasilense</i> A4-1+ <i>N. calcicola</i> 25 + <i>A. variabilis</i> 21	5-7	16.06.2018 г. –26.06.2018 г.	5.07.2018 г. –15.07.2018 г.	80,1
<i>A.brasilense</i> A13-5+ <i>A.brasilense</i> A4-1+ <i>A. chroococcum</i> 14+ <i>Azotobacter</i> sp. 12+ <i>N.calcicola</i> 25+ <i>A. variabilis</i> 21	6-7	16.06.2018 г. – 26.06.2018 г.	5.07.2018 г. –15.07.2018 г.	82

Урожайность – это итог всех физиологических и биохимических процессов, происходящих в растениях, направленность которых зависит не только от генетической природы самого растения, но и от условий внешней среды. Действие множества факторов, влияющих на растительный организм, отражается на урожайности сельскохозяйственных культур [16].

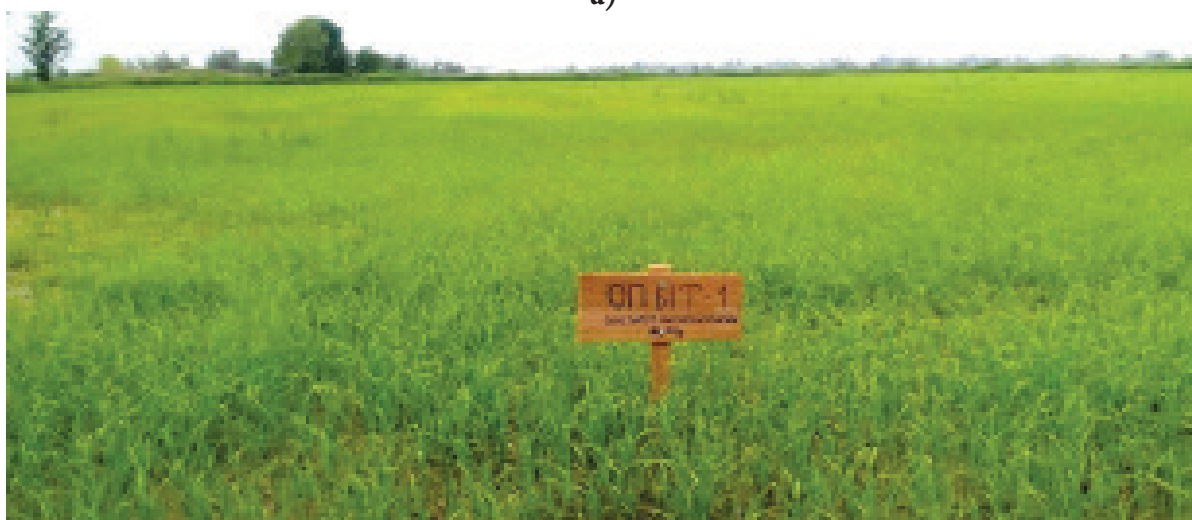
Следовательно, фитогормоны, продуцируемые местными штаммами диазотрофов, способствуют координации различных физиологических процессов у растений, в том числе

регулирование покоя и прорастания семян, корнеобразования, цветения, ветвления и кущения, созревания плодов [11, 17-19].

Следует отметить, что во всех фазах развития обработанные диазотрофами растения не слегают, в то время как в контрольных вариантах аналогичные результаты не наблюдаются. Из таблицы 2 видно, что в первом варианте (*A.brasilense* A13-5+*A.brasilense* A4-1+*Nostoc calcicola* 25+*Anabaena variabilis* 21) прибавка урожая риса составляет 7,7 ц/га, во втором варианте (*A.brasilense* A13-5+*A.brasilense* A4-1+*A.chroococcum* 14+*Azotobacter* sp. 12+*Nostoc*



а)



б)



в)

Рис. Влияние диазотрофов на рост и развитие риса сорта «Авангард» в полевых опытах: а) контроль; б) ассоциация диазотрофов (*A.brasilense* A13-5+*A.brasilense* A4-1+*Nostoc calcicola* 25+*Anabaena variabilis* 21); в) ассоциация диазотрофов (*A.Brasilense* A13-5+*A.brasilense* A4-1+*A.chroococcum* 14+*Azotobacter* sp. 12+*Nostoc calcicola* 25+*Anabaena variabilis* 21)

caldicola 25+*Anabaena variabilis* 21) – 9,6 ц/га, и при этом экономическая эффективность составляет 10 212 500 сум/га. Урожайность риса в значительной степени зависит от вклада диазотрофов, которые способствуют повышению плодородия почв рисовых полей (рис.).

Исходя из полученных данных, можно заключить, что достоверное повышение урожайности в опытных вариантах является результатом обработки семян риса эффективными диазотрофами, азотфиксирующими и продуцирующими фитогормон.

Как известно, в почве размеры несимбиотической азотфиксации резко возрастают при создании оптимальных условий для ее осуществления: при внесении легкодоступного энергетического субстрата, при повышенной влажности и температуре. Хотя в совокупности, в природной среде одновременное сочетание всех этих условий мало вероятно, тем не менее данные о максимально возможном уровне азотфиксации в почвах разных типов и разного уровня плодородия могут быть интересны не только как показатели их биологической активности, но и полезны при создании замкнутых автономных экосистем, включающих почву, предназначенную для возделывания сельскохозяйственных растений. Изучение потенциально возможного уровня азотфиксации необходимо для получения исходных данных при прогнозировании урожаев сельскохозяйственных культур, и поэтому в настоящее время такого

рода исследования проводятся в более широких масштабах [20-22].

В этой связи следующим этапом наших исследований было изучение потенциальной азотфиксации почв опытных чековых полей. Установлено, что наиболее высокая потенциальная азотфиксирующая активность обнаружена в почве, интродуцированной ассоциацией культур *A.brasilense* A13-5+*A.brasilense* A4-1+*Azotobacter* sp. 12+*A.chroococcum* 14+*Nostoc caldicola* 25+*Anabaena variabilis* 21 (912 мкМ C_2H_4 /кг почвы/час). Как видно из таблицы 3, в контрольных вариантах уровень потенциальной азотфиксации практически в два раза меньше по сравнению с опытными вариантами. Проведенные исследования показывают, что активность потенциальной азотфиксации почв зависит от состава популяции вносимых микроорганизмов.

Выводы

Практическое применение ассоциации эффективных диазотрофов в сельскохозяйственном производстве усиливает рост и развитие растений, способствует существенному повышению урожайности за счет фиксации молекулярного азота, продукции фитогормонов. Такой подход позволяет увеличивать урожайность злаковых растений естественным биотехнологическим путем, особенно в условиях низкоплодородных почв.

Многие сельскохозяйственные растения решают проблему нехватки азота, вступая в симбиотические отношения с диазотрофами.

Таблица 3

Потенциальная азотфиксирующая активность почв рисовых чеков интродуцированных диазотрофами

Варианты		Глубина отбора почвенных образцов, см	Ацетилен-редуктазная активность, мкмоль C_2H_4 /кг почвы/час
контроль		0-10	520,4
Вариант 1	<i>A.brasilense</i> A13-5+ <i>A.brasilense</i> A4-1+ <i>Nostoc caldicola</i> 25+ <i>Anabaena variabilis</i> 21	0-10	879,5
Вариант II	<i>A.brasilense</i> A13-5+ <i>A.brasilense</i> A4-1+ <i>A.chroococcum</i> 14 + <i>Azotobacter</i> sp. 12+ <i>Nostoc caldicola</i> 25+ <i>Anabaena variabilis</i> 21	0-10	945,2

Некоторые бактерии предпочитают обитать в прикорневой зоне, создавая ассоциативные связи с корнями, например, азоспириллы. А свободноживущие азотфиксаторы, такие как азотобактер и цианобактерии, обогащают почву доступным для растений биологическим азотом. Например, на рисовых полях свободноживущие цианобактерии фиксиру-

ют 30–50 кг молекулярного азота на 1 га в год. На основании полученных данных можно рекомендовать местные штаммы diaзотрофов, формирующие эффективный ассоциативный симбиоз с однодольными растениями, для предпосевной обработки семян различных злаковых растений, в том числе риса, возделываемых в Узбекистане.

Источники и литература

1. Sudhakar P, Chattopadhyay G.N., Gangwar S.K., Ghosh J.K. Effect of foliar application of Azotobacter, Azospirillum and Beijerinckia on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*) // *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. – 2000. – Pp. 134, 227–234. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000157>.
2. Kulasooriya S.A. and Magana-Arachchi D.N. Nitrogen fixing cyanobacteria: their diversity, ecology and utilisation with special reference to rice cultivation // *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*. – 2016. – V. 44. – № 2. – Pp. 111–128. <http://doi.org/10.4038/jnsfsr.v47i2.9323>.
3. Fukami J., Cerezini P., Mariangela Hungria Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation // *AMB Express*. – 2018. 8:73. – Pp. 1–12. <http://doi.org/10.1186/s13568-015-0107-6>.
4. Воробьев Н.В. Физиологические основы прорастания семян риса и пути повышения их всхожести / Н.В. Воробьев. – Краснодар: ООО «МС-Центр», 2003. – 116 с.
5. Воробьев Н.В. Физиологические основы прорастания семян риса и агрохимические пути повышения их полевой всхожести. Приемы повышения урожайности риса / Н.В. Воробьев, А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КГАУ, 2000. – С. 26–50.
6. Norman J.S, Hare J.R, Friesen M.L. Comment: Isolation and Screening of Bacteria for Their Diazotrophic Potential and Their Influence on Growth Promotion of Maize Seedlings in Greenhouses // *Front Plant Sci*. – 2017. 8:212. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00212>.
7. Karthikeyan B., Jaleel C.A., Gopi R., Deiveekasundaram M. Alterations in seedling vigour and antioxidant enzyme activities in *Catharanthus roseus* under seed priming with native diazotrophs // *J. Zhejiang Univ Sci B*. – 2007 8(7). – P. 453–457. <https://doi.org/10.1631/jzus.2007.B0453>.
8. Шиляева О.Н., Яковлева З.М. Распространение азоспирилл в почвах Сибири // *Микробиология*. – 1988. – Т. 57. – № 2. – С. 284–287.
9. Stanier R.Y., Kunisawa R., Mandel M., Cohen-Bazire G. Purification and properties of unicellular blue-green algae (order Chroococcales) // *Bacteriol Rev*. – 1971. – V. 35. – N. 2. – Pp. 171–205.
10. Hardy D.W., Halstein R., Jakson E., Buens R.S. C₂H₂ – C₂H₄ assay to N₂ fixation laboratory and field evaluation // *Plant Phys*. – 1968. – V. 43. – Pp. 9–13.
11. Shakirov Z.S., Kadirova G.Kh., Safarov I. V., Khamdamova N.A., Abdullayev A.K. Phytosimulating action of associated diazotrophs on growth and development of rice // *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. – 2017. – V. 11. – Issue 10. – Ver. III – Pp. 66–71.
12. Қодирова Г.Х., Шакиров З.С., Сафаров И.В., Хамдамова Н.А., Абдуллаев А.К. Диазотроф микроорганизмлари ажратилиши ва уларнинг қишлоқ хўжалиги ўсимликларининг ўсиши ва ривожланишига таъсири // *Ўзбекистон аграр фани хабарномаси*. – 2017. – № 3 (69). – Б. 11–17.
13. Хамдамова Н.А., Кадирова Г.Х., Шакиров З.С., Сафаров И.В., Рахимова Н.И. Шоли ўсимлигининг ўсиши ва ривожланишига диазотроф бактериялар маҳаллий штаммларининг таъсири // *«Хоразм Маъмун академиясининг ривожланиши истиқболлари» республика илмий конференцияси материаллари тўплами*. – 2017. – 11 ноябрь. – Б. 154–157.
14. Кадирова Г.Х., Шакиров З.С., Абдуллаев А.К., Сафаров И.В., Хамдамова Н.А. Диазотрофларнинг маҳаллий штаммлари – шоли ўсимлигининг биостимуляторларидир // *Материалы конференции «Современные проблемы генетики, геномики и биотехнологии»*. – 2018. – 18 май. – С. 234–236.

15. Зеленский Г.Л. Морфо-биологическое обоснование агротехники риса // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77. – С. 1-36.
16. Bjelić D., Mrinković J., Tinor B., Mrkovacki N. Screening of *Azotobacter* isolates for PGP properties and antifungal activity // Zbornik Matice srpske za prirodne nauke. – 2015. – V. 129. – Pp. 65-72. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN1528067A>.
17. Shakirov Z.S. *Azospirillum* of Uzbekistan soils and their influence on growth and development of wheat plants // Plant and Soil. – 2006. – P. 137-145. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04217-4>.
18. Кадырова Г.Х. Продуцирование цианобактериями индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в присутствии триптофана // Узбекский биологический журнал. – 2007. – № 1. – С. 34-38.
19. Шакиров З.С. Фитостимулирующее действие бактерий рода *Azospirillum* на рост и развитие злаковых растений // Узбекский биологический журнал. – 2006. – № 1-2. – С. 71-76.
20. Shridhar B.Sh. Nitrogen Fixing Microorganisms // International Journal of Microbiological Research. – 2012. – V. 3. – N. 1. – Pp. 46-52.
21. Wolińska A., Kuźniar A., Zielenkiewicz U., Banach A., Izak D., Stępniewska Z., Błaszczuk M. Metagenomic Analysis of Some Potential Nitrogen-Fixing Bacteria in Arable Soils at Different Formation Processes // Soil Microbiology. – 2016. – Pp. 1-15.
22. Roper M.M. and Gupta V.V.S.R. Enhancing Non-symbiotic N₂ Fixation in Agriculture // The Open Agriculture Journal. – 2016. – V. 10. – Pp. 7-27. <https://DOI: 10.2174/1874331501610010007>.

Рецензент:

Намозов Ф., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой

«Соя и масличные культуры» Ташкентского государственного аграрного университета.