

**Г.Н. Бисенова, Б.Ж. Садыкова, Б.К. Мусабаева, Ж.Б. Текебаева,
З.С. Сармурзина, А.Ж. Темирханов**

РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов» КН МОН, Астана, Казахстан
*Автор для корреспонденции: bisenova84@mail.ru

**Оценка ростстимулирующей активности микроорганизмов,
выделенных из почвы Акмолинской области**

Аннотация. Перспективным направлением биологического земледелия является использование потенциала полезной почвенной и ризосферной микрофлоры, среди которой значимое место занимают азотфиксирующие и фосфатмобилизующие природные микроорганизмы. Биопрепараты, созданные на основе почвенных микроорганизмов, позволяют изменить подходы в технологии выращивания сельскохозяйственных растений. А именно при отборе штаммов потенциальных продуцентов биопрепаратов важным аспектом является их способность оказывать положительное влияние на рост и развитие растения, обеспечивая им минеральное питание, адаптацию к различным стрессам, предохранять почвы от истощения, восстанавливать их естественное плодородие и поддерживать биологическое разнообразие растительных сообществ.

Целью исследования являлся отбор перспективных микроорганизмов, обладающих высокой ростстимулирующей активностью в отношении таких сельскохозяйственных культур, как пшеница и чечевица. В результате первичного скрининга было выделено 76 изолятов почвенных бактерий, 16 из которых были отобраны как наиболее активные изоляты, проявляющие выраженные антимикробные свойства. Далее из них были отобраны 7 штаммов микроорганизмов (*D.acidovorans* Ш-1, *St.maltophilia* КЖ-1, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3), проявивших высокую степень всхожести семян растений.

Было установлено, что бактериальная суспензия каждого из штаммов *P.fluorescens* АК-4, *St.epidermidis* ШК-4, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 оказывает высокое ростстимулирующее действие на ростовые показатели пшеницы. При обработке семян чечевицы культуральной жидкостью каждого из штаммов *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *S.marcescens* ТК-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 увеличивались ростовые показатели во всех исследуемых концентрациях.

В результате были выявлены наиболее активные микроорганизмы, обладающие высокой ростстимулирующей активностью и увеличивающие всхожесть семян растений. Таким образом, отобранные перспективные штаммы бактерий рекомендуются в качестве основы для разработки биопрепаратов, повышающих всхожесть семян и стимулирующих рост сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: пшеница, чечевица, ростстимулирующая активность, всхожесть, прорастание семян, скрининг.

DOI: 10.32523/2616-7034-2022-140-3-47-59

Введение

Использование в практике сельского хозяйства биологических препаратов, которые созданы на основе азотфиксирующих микроорганизмов и ризобактерий, стимулирующих рост растений (plant growth-promoting rhizobacteria – PGPR-бактерий), является одним из технологических приемов, способствующих повышению урожая культурных растений [1-2].

Скрининг почвенных ризосферных микроорганизмов по признаку высокой азотфиксирующей активности позволяет выделять новые виды и штаммы бактерий, которые могут быть использованы в качестве эффективных инокулятов зерновых культур [3].

Способность микроорганизмов стимулировать рост растений связана с тремя основными

факторами: 1) продукцией ими фитогормонов, регулирующих рост растений; 2) повышением под их влиянием доступности для растений элементов питания. Эти свойства могут проявляться у разных видов PGPR-бактерий или сочетаться у одного и того же вида [4-5].

PGPR-бактерий применяют к различным культурам для улучшения роста, всхожести, урожайности [6-9].

К PGPR-бактериям относятся роды *Acetobacter*, *Aeromonas sp.*, *Aneurinibacillus aneurinilyticus*, *Azotobacter*, *Azotospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Pseudomonas*, *Paenibacillus*, *Rhizobium*, *Xanthomonas* и т.д., которые усиливают рост растений с помощью различных механизмов. Среди различных PGPR-бактерий род *Bacillus* и *Pseudomonas* являются наиболее многочисленными родами в ризосфере. Эти штаммы выделяют ряд метаболитов, которые влияют на окружающую среду, увеличивая доступность питательных веществ для растений [10].

Выявлено, что предпосевная инокуляция семян яровой пшеницы штаммами ризобактерий способствует усилению роста растений в высоту (до 14%), увеличению количества зерна (до 16%), количества междоузлий по сравнению с контролем, а также увеличивается масса корней (до 35%), листьев (до 60%), соцветий (до 24%), соломы (до 48%) [11].

Применение ризобактерии *Pseudomonas* оказывает значительное влияние на рост растений, урожайность и компоненты урожая, а также на содержание питательных веществ в семенах чечевицы [12].

Таким образом, положительный эффект бактеризации семян зависит от ряда факторов: активности штамма микроорганизма, концентрации суспензии клеток, количества биологически активных веществ в суспензии, продолжительности обработки семян, вида растений, состояния аборигенной микрофлоры в момент посева, особенностей почвы, условий агротехнического комплекса [13]. Открываются большие перспективы по поиску, выделению и изучению новых видов бактерий, положительно влияющих на развитие растений, с целью создания новых микробиологических препаратов для адаптивного растениеводства [14-15].

Целью данного исследования являлся отбор перспективных микроорганизмов, обладающих высокой ростстимулирующей активностью в отношении таких сельскохозяйственных культур, как пшеница и чечевица.

Материалы и методы исследования

Материалом исследований служили микроорганизмы, выделенные из ризосферы пшеницы ТОО «Шуйское», ТОО «Колутонский» и ТОО «Тонкерис» Акмолинской области. Из данных образцов почвы всего было выделено 76 изолятов, которые были исследованы на антимикробную активность. Далее был проведен скрининг на ростстимулирующую активность для повышения роста и всхожести семян пшеницы и чечевицы 16 наиболее активных бактериальных культур.

Выделение бактерий из ризосферы почвы

Образец почвы весом 1 г переносили в колбу со 100 мл стерильной водопроводной воды. Полученная почвенная суспензия была разведена по 1 мл в ряде пробирок с 9 мл стерильной водопроводной водой. Посев почвенной суспензии на плотные среды проводили из разведений 1:10; 1:100; 1:1000 и т.д. На поверхность среды наносили 1 мл почвенной суспензии определенного разведения и с помощью шпателя распределяли ее по всему агару. Засеянные чашки переворачивали вверх дном и помещали в термостат. Сроки учета микроорганизмов зависели от состава питательной среды и таксономического состава учитываемых организмов. На МПА учитывали на 2-3 сутки роста споровые и неспоровые формы бактерий. На среде Чапека и Гаузе на 5-7 сутки роста учитывали колонии грибов и актиномицетов, на Сабуро-агаре – на 2-3 сутки роста – колонии дрожжей [16].

Идентификация выделенных бактерий

Идентификацию выделенных бактериальных чистых культур проводили масс-спектрометрическим методом на анализаторе MALDI-TOF (Bruker) [17].

Культурально-морфологические характеристики бактерий

Выделенные изоляты были идентифицированы на основании исследования физиолого-морфологических и культуральных особенностей в соответствии с определителем Берджи [18].

Для исследований были использованы следующие питательные среды: мясной питательный агар (МПА), Сабуро агар, Чапека агар, среда для выявления лактобактерий (МРС), Эшби агар, Псевдомонадный агар, среда для выделения актиномицет [19].

Определение ростстимулирующей активности бактерий

Ростстимулирующее действие бактерий в лабораторных опытах изучали по ростовым показателям и всхожести семян с использованием суспензии живых клеток микроорганизмов. В качестве испытуемых семян использовали семена сельскохозяйственных растений – пшеницы и чечевицы [20-21].

Для опытов была использована культуральная жидкость (КЖ) изолятов. Культуральная жидкость – это разведенная суспензия микробных клеток бактерий с водой. Для исследований КЖ клеток бактерий развели со стерильной водопроводной водой в следующей концентрации: 1:10, 1:50 и 1:100, где к 1 мл суспензии выделенных изолятов добавляли 10 мл воды и т.д. Контрольные семена замачивали в стерильной водопроводной воде. Для каждого варианта отбирали не менее 20 крупных семян. Семена раскладывали на фильтровальной бумаге в чашках Петри. Обработку проводили методом увлажнения ежедневно по 1 мл. Семена проращивали при температуре 25-26°C в течение 10 дней. Влияние суспензии микроорганизмов на рост растений оценивали по всхожести семян, длине и массе ростков (мг). Токсичными считались культуры, вызывающие снижение всхожести семян или угнетение роста проростков и корней не менее чем на 30% по сравнению с контролем [22-23].

Исследуемые культуры бактерий выращивали на жидкой питательной среде МПБ, на шейкере Innova 44-R (США, 2008) при температуре 35-37°C в течение 1-2 суток.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований из ризосферы трех образцов почв под возделыванием пшеницы (с. Шуйское, с. Ковыленко, с. Тонкерис) были выделены в чистую культуру 76 изолятов бактерий, из которых в результате скрининга на антимикробную активность было отобрано 16 изолятов бактерий, отличающихся по культурально-морфологическим признакам: плотности, текстуре, окраске и скорости нарастания колоний (таблица 1).

Окрашивание по Граму показало наличие грамположительных палочек (10 изолятов) и грамотрицательных палочек (4 изолята), а также бактерий кокковидной формы (2 изолята).

Таблица 1**Культурально-морфологические свойства изолятов**

Наименование изолятов	Культурально-морфологические признаки	Окраска по Граму
К-1	Колонии коричневого цвета, слабо выпуклые, матовые, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам -
КБ-1	Колонии белого цвета, выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1 мм.	Кокки, грам +

КЖ-1	Колонии желтого цвета, блестящие, выпуклые, края ровные, диаметр 0,5-1 мм.	Палочки, грам +
Ш-1	Колонии коричневого цвета, блестящие, выпуклые, края ровные, консистенция тягучая, диаметр 0,5-1 мм.	Палочки, грам -
ТБ-1	Колонии белого цвета, плоские, матовые, края ровные, диаметр 0,5-1 мм.	Кокки, грам +
СНК-4	Колонии коричневого цвета, выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 1-2 мм.	Палочки, грам +
К-2	Колонии коричневого цвета, выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +
КБ-2	Колонии белого цвета, выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +
Ш-2	Колонии бело-розового цвета, выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +
ШБ-2	Колонии молочного цвета, выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +
ТБ-2	Колонии белого цвета, слабо выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +
ТК-2	Колонии светло-коричневого цвета, выпуклые, блестящие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +
К-3	Колонии светло-молочного цвета, выпуклые, блестящие, мелкие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам -
Ш-3	Колонии светло-молочного цвета, выпуклые, блестящие, мелкие, края ровные, консистенция мягкая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам -
Т-3	Колонии белого цвета, выпуклые, края шероховатые, матовые, консистенция тягучая, диаметр 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +
АК-4	Колонии белого цвета, плоские, матовые, тусклые, края шероховатые, консистенция мягкая, 0,5-1,5 мм.	Палочки, грам +

Идентификация 16 активных изолятов бактерий была осуществлена с помощью метода MALDI-Tof масс-спектрометрии (таблица 2).

Таблица 2

Результаты идентификации культур

№ п/п	Наименование изолятов	Результаты идентификации
1	Ш-1	<i>Delftia acidovorans</i>
2	ТБ-1	<i>Bacillus cereus</i>
3	КБ-2	<i>Enterobacter cloacae</i>
4	Ш-2	<i>Serratia marcescens</i>

5	ТБ-2	<i>Enterobacter ludwigii</i>
6	К-1	<i>Delftia acidovorans</i>
7	КБ-1	<i>Pseudomonas qessardii</i>
8	КЖ-1	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
9	К-2	<i>Enterobacter ludwigii</i>
10	ШБ-2	<i>Enterobacter cloacae</i>
11	ТК-2	<i>Serratia marcescens</i>
12	К-3	<i>Enterobacter cloacae</i>
13	Ш-3	<i>Enterobacter cobei</i>
14	Т-3	<i>Enterobacter cloacae</i>
15	ChK-4	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
16	AK-4	<i>Pseudomonas fluorescens</i>

Таким образом, исследуемые изоляты были идентифицированы как: Ш-1 - *Delftia acidovorans*, ТБ-1 - *Bacillus cereus*, КБ-2 - *Enterobacter cloacae*, Ш-2 - *Serratia marcescens*, ТБ-2 - *Enterobacter ludwigii*, К-1 - *Delftia acidovorans*, КБ-1 - *Pseudomonas qessardii*, КЖ-1 - *Stenotrophomonas maltophilia*, К-2 - *Enterobacter ludwigii*, ШБ-2 - *Enterobacter cloacae*, ТК-2 - *Serratia marcescens*, К-3 - *Enterobacter cloacae*, Ш-3 - *Enterobacter cobei*, Т-3 - *Enterobacter cloacae*, ChK-4 - *Staphylococcus epidermidis*, АК-4 - *Pseudomonas fluorescens*.

Скрининг штаммов на ростстимулирующую активность по отношению к семенам пшеницы и чечевицы

Ростстимулирующая активность является одним из важнейших критериев отбора перспективных штаммов для создания на их основе биопрепаратов комплексного действия. В лабораторных условиях были проведены исследования по оценке ростстимулирующей активности штаммов, выделенных из почвы Акмолинской области.

Выявлены различные результаты влияния клеточной суспензии штаммов на всхожесть семян пшеницы и чечевицы (рисунок 1 и 2). Результаты лабораторного опыта показали, что обработка семян пшеницы культуральной жидкостью каждого из штаммов *D.acidovorans* Ш-1, *St.maltophilia* КЖ-1, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E. ludwigii* ТБ-2, *E. cloacae* ШБ-2 и *E. cloacae* Т-3 оказала высокое стимулирующее влияние на их всхожесть. Отмечена высокая динамика всхожести данных штаммов по сравнению с контролем (рисунок 1).

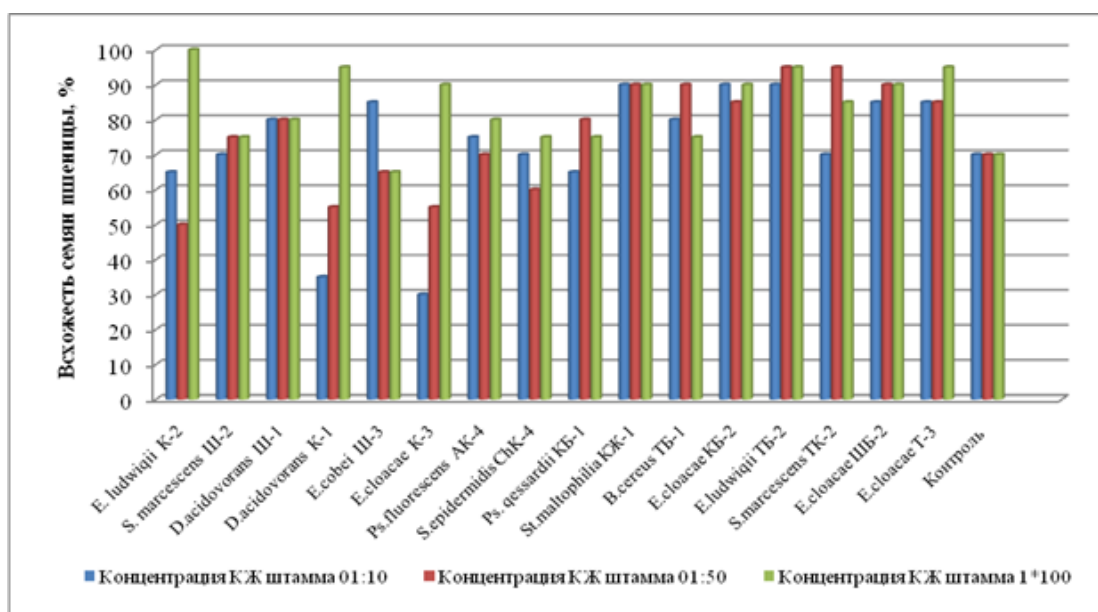


Рисунок 1. Результаты всхожести семян пшеницы, обработанных КЖ бактериальных культур

В результате обработки семян чечевицы культуральной жидкостью каждого из изолятов *D.acidovorans* III-1, *P. fluorescens* АК-4, *P.qessardii* КБ-1, *St.maltophilia* КЖ-1, *B.cereus* ТБ-1, *Ent. cloacae* КБ-2, *Ent. ludwiiqii* ТБ-2, *Ent. cloacae* ШБ-2 и *Ent. cloacae* Т-3 стимулировалась всхожесть чечевицы в сравнении с контролем (рисунок 2). Отмечена высокая динамика всхожести данных штаммов по сравнению с контролем.

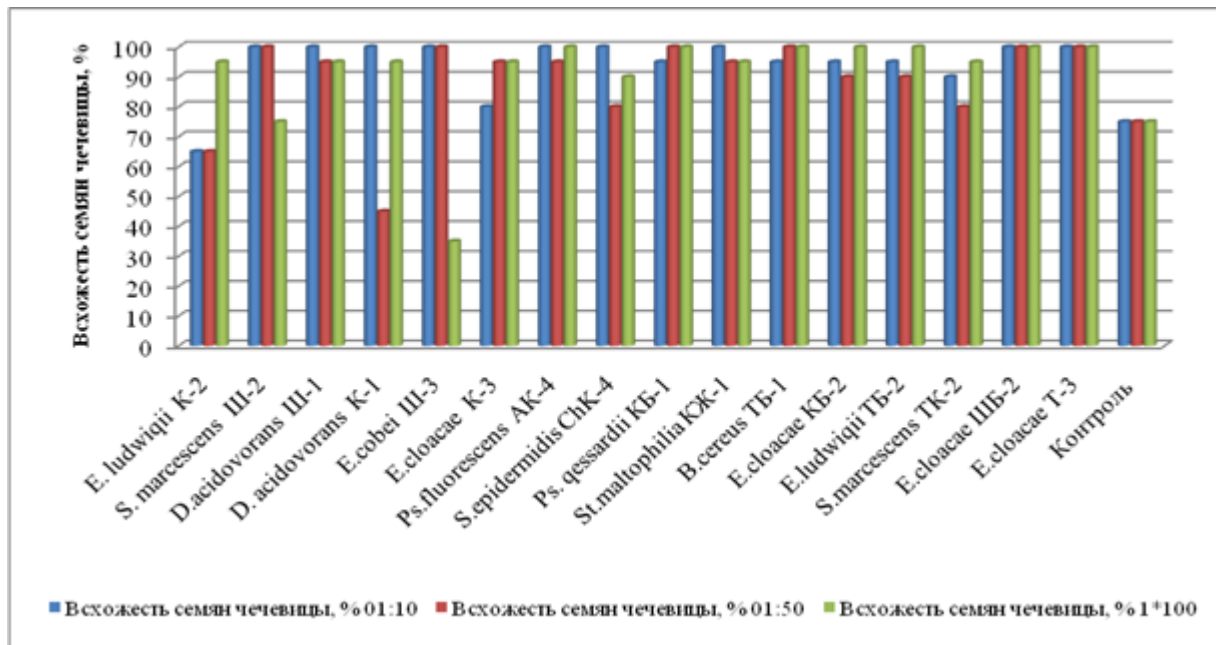


Рисунок 2. Результаты всхожести семян чечевицы, обработанных КЖ бактериальных культур

Из таблицы 3 видно, что обработка семян пшеницы культуральной жидкостью бактерий *E.ludwiiqii* К-2, *E.cloacae* К-3, *P.qessardii* КБ-1, *S.marcescens* ТК-2 вызывала ростстимуляцию уже на самых ранних стадиях развития растений, начиная с прорастания семян. Однако значительный эффект наблюдали при воздействии культуральной жидкости бактерий *P.fluorescens* АК-4, *St.epidermidis* ChK-4, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwiiqii* ТБ-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 на семенах пшеницы, т.к. все изучаемые концентрации (1:10, 1:50, 1:100) микроорганизмов имели высокие показатели длины ростков по сравнению с контролем.

Таблица 3

Результаты воздействия КЖ штаммов на ростовые показатели семян пшеницы

Наименование штаммов	Концентрация КЖ штамма		
	1:10	1:50	1:100
	длина ростков, см		
<i>Enterobacter ludwiiqii</i> К-2	10,1±0,82	11,2±1,60	11,9±0,66
<i>Serratia marcescens</i> III-2	11,8±1,13	10,3±1,44	9,0±1,15
<i>Delftia acidovorans</i> III-1	13,1±0,32	13,8±0,57	8,6±0,64
<i>Delftia acidovorans</i> К-1	7,2±1,58	9,3±1,25	9,9±0,61
<i>Enterobacter cobei</i> III-3	9,7±0,83	10,0±1,18	8,7±0,82
<i>Enterobacter cloacae</i> К-3	11,1±1,35	11,4±1,28	11,5±0,67
<i>Pseudomonas fluorescens</i> АК-4	14,7±0,83	13,2±1,23	12,2±0,71
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ChK-4	12,9±1,19	15,3±0,72	13,3±0,79

<i>Pseudomonas qessardii</i> КБ-1	11,5±0,82	11,5±0,63	11,3±0,76
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> КЖ-1	10,2±0,76	9,2±0,50	9,5±0,48
<i>Bacillus cereus</i> ТБ-1	12,4±1,46	14,2±0,43	14,2±0,80
<i>Enterobacter cloacae</i> КБ-2	13,2±0,67	13,2±0,60	13,8±0,37
<i>Enterobacter ludwigii</i> ТБ-2	13,8±0,46	13,8±0,52	13,4±0,44
<i>Serratia marcescens</i> ТК-2	11,5±0,94	10,5±0,63	11,1±0,61
<i>Enterobacter cloacae</i> ШБ-2	13,0±0,63	13,0±0,65	14,2±0,74
<i>Enterobacter cloacae</i> Т-3	14,2±0,49	14,0±1,09	11,6±0,60
Контроль	10,1±0,50	10,1±0,50	10,1±0,50

Обработка семян чечевицы микробной суспензией штаммов *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *S.marcescens* ТК-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 в исследуемых концентрациях (1:10; 1:50; 1:100) оказывала высокое ростстимулирующее действие в сравнении с контролем при проращивании семян. В результате опыта происходило увеличение длины ростков чечевицы, а именно, длины ростка растения (таблица 4).

Таблица 4

Результаты воздействия КЖ штаммов на ростовые показатели семян чечевицы

Наименование штаммов	Концентрация КЖ штамма		
	1:10	1:50	1:100
	длина ростков, см		
<i>Enterobacter ludwigii</i> К-2	2,8±0,34	2,8±0,38	3,5±0,28
<i>Serratia marcescens</i> III-2	3,5±0,32	2,9±0,18	3,5±0,26
<i>Delftia acidovorans</i> III-1	2,9±0,27	3,1±0,18	3,4±0,20
<i>Delftia acidovorans</i> К-1	3,6±0,16	2,5±0,25	3,5±0,25
<i>Enterobacter cobei</i> III-3	3,6±0,20	2,9±0,15	2,8±0,35
<i>Enterobacter cloacae</i> К-3	2,6±0,21	3,1±0,15	4,2±0,30
<i>Pseudomonas fluorescens</i> АК-4	2,9±0,20	3,2±0,23	3,3±0,16
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ЧК-4	3,5±0,20	2,6±0,28	2,1±0,15
<i>Pseudomonas qessardii</i> КБ-1	3,7±0,29	4,0±0,39	3,5±0,30
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> КЖ-1	3,6±0,26	3,2±0,25	3,8±0,19
<i>Bacillus cereus</i> ТБ-1	4,3±0,28	4,5±0,26	4,3±0,30
<i>Enterobacter cloacae</i> КБ-2	4,5±0,32	4,4±0,30	3,9±0,21
<i>Enterobacter ludwigii</i> ТБ-2	4,8±0,22	5,1±0,28	4,5±0,26
<i>Serratia marcescens</i> ТК-2	3,9±0,40	3,7±0,25	3,5±0,36
<i>Enterobacter cloacae</i> ШБ-2	4,5±0,26	4,2±0,35	5,1±0,45
<i>Enterobacter cloacae</i> Т-3	4,2±0,25	3,9±0,31	4,4±0,32
Контроль	3,4±0,31	3,4±0,31	3,4±0,31

Заключение

Анализ полученных данных показал, что из 16 исследуемых бактериальных культур были отобраны 7 наиболее активных штаммов – *D.acidovorans* III-1, *St.maltophilia* КЖ-1, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E. cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3, увеличивающих всхожесть сельскохозяйственных растений (пшеницы, чечевицы).

Установлено, что культуральная жидкость исследуемых штаммов в разной концентрации (1:10, 1:50, 1:100) оказывает как стимулирующий, так и ингибирующий эффект на ростовые

показатели семян. Анализ ростовых показателей семян пшеницы показал, что штаммы *P.fluorescens* АК-4, *St.epidermidis* ChK-4, *B.cereus* ТБ-1, *E. cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 оказывают высокое ростстимулирующее действие. Однако бактериальная суспензия штаммов *D.acidovorans* К-1 и *E.cobei* Ш-3 не показала ростстимулирующую активность в отношении семян пшеницы ни в одной концентрации.

Обработка семян чечевицы суспензией бактерий *S.marcescens* Ш-2, *D.acidovorans* К-1, *E.cobei* Ш-3, *D.acidovorans* Ш-1, *E.ludwigii* К-2 увеличивала длину ростка в концентрациях 1:10 и 1:100. Штаммы *E.cloacae* К-3, *S.epidermidis* ChK-4, *St.maltophilia* КЖ-1 улучшали ростовые показатели семян в одной концентрации, тогда как в другой концентрации снижали показатели роста, которые были ниже, чем в контроле.

Таким образом, при скрининге на ростстимулирующую активность были выявлены наиболее активные микроорганизмы, повышающие ростовые показатели и увеличивающие всхожесть семян растений. В последующем данные штаммы бактерий рекомендуются в качестве основы для разработки биопрепаратов или консорциумов, повышающих всхожесть семян и стимулирующих рост различных сельскохозяйственных растений.

Финансирование. Работа выполнена в рамках программы целевого финансирования на 2021-2022 гг. «Создание и пополнение коллекции промышленно-ценных микроорганизмов, изучение и сохранение их биологического разнообразия для нужд биотехнологии, медицины и сельского хозяйства».

Список литературы

1. Mirshekari B., Hokmalipour S., Sharifi R.S., Farahvash F., Ebadi-Khazine-Gadim A. Effect of seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and dry matter accumulation of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) at various levels of nitrogen and phosphorus fertilizers. - 2012. - Vol. 3-4. - P. 314-320.
2. Dal Cortivo C., Barion G., Ferrari M., Visioli G., Dramis L., Panozzo A., Vamerali T. Effects of field inoculation with VAM and bacteria consortia on root growth and nutrients uptake in common wheat. - 2018. - Vol. 10. - №9. - P. 1-21. DOI: 10.3390/su10093286.
3. Sogut S., Cig F. Determination of the effect of plant growth promoting bacteria on wheat. Development under salinity stress conditions. - 2019. - Vol. 17. - №1. - P. 1129-1141.
4. O'Brien, Philip A. Biological control of plant diseases // Australasian plant pathology. - 2017. - Vol. 46. - №4. - P. 293-304.
5. Ahmad, I., Khan, M.S.A., Aqil, F., Singh, M. Microbial Applications in Agriculture and the Environment: A Broad Perspective) Microbes and Microbial Technology. - New York: Springer, 2011. - P. 1-27.
6. Glick B.R. Biocontrol mechanisms. In: Beneficial plant-bacterial interactions. Springer, 2015. - P. 123-157.
7. Afreen J.M., Meera C.D., Siderophore produced by *Bacillus* spp GN-01 isolated from rhizosphere of ground nut field // Int. J. Pharm. Phytopharm. - 2014. - Vol. 3. - №4. - P. 311-313.
8. Sudharani M., Shivaprakash M.K. and Prabhavathi M.K. Role of consortia of biocontrol agents and PGPR s in the production of cabbage under nursery condition // Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci. - 2014. - Vol. 3. - №6. - P. 1055-1064.
9. Kumar P. Inoculation of siderophore producing rhizobacteria and their consortium for growth enhancement of wheat plant // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. - 2018. - Vol. 15. - P. 264-269. DOI: doi.org/10.1016/j.bcab.2018.06.019.

10. Lareen A., Burton F., Schäfer P. Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes // *Plant Mol Biol.* - 2016. - Vol. 90. - P. 575-587. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0417-8>.
11. Яковлева М.Т. Влияние микробных препаратов на основе штаммов ассоциативных бактерий на урожайность яровой пшеницы в условиях Центральной Якутии // *Международный сельскохозяйственный журнал.* - 2018. - №3. - С. 45-46. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-13044.
12. Erdemci İ. Effect of *Pseudomonas* Fluorescent Rhizobacteria on Growth and Seed Quality in Lentil (*Lens Culinaris* Medik) // *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* - 2020. - Vol. 51. - Issue 14. - P. 1-7. DOI: 10.1080/00103624.2020.1798987.
13. Muzaffar S., Prasad B.D. History of biotechnology. *Plant biotechnology: principles, methods and appendices.* - 2018. - Vol. 1. - P. 3-25.
14. Manjit K., Abhishek M. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) for enhancing Sustainable Agriculture and Revolutionized Tools for Farmers // *Research journal of biotechnology.* - 2021. - Vol. 16. - №4. - P. 250-257.
15. Gangwar M., Saini P., Nikhanj P., Kaur S. Plant growth-promoting microbes (PGPR) as Potential microbial bio-agents for eco-friendly agriculture// *Microorganisms for Sustainability.* - 2017. - Vol. 4. - P. 37-55.
16. Chilosi G., Aleandri M.P., Luccioli E., Stazi S.R., Marabottini R., Morales-Rodriguez C., Vettraino A.M., Vannini A. Suppression of soil-borne plant pathogens in growing media amended with espresso spent coffee grounds as a carrier of *Trichoderma* spp. - 2020. - Vol. 259. - P. 1-9. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108666.
17. Schulthess B., Bloemberg G.V., Zbinden R., Böttger E.C., Hombach M. Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper for identification of Gram-positive rods: development of a diagnostic algorithm for the clinical laboratory // *Journal of clinical microbiology.* - 2014. - Vol. 52. - №4. - P. 1089-1097.
18. Хоуат Дж., Криг Н., Смит П., Стейли Дж., Уильямс С. Определитель бактерий Берджи. - Москва: Мир, 1997. - С. 567-572.
19. Нетрусов Ф.И., Егорова М.А. Практикум по микробиологии. - Москва: Изд-во «Академия», 2005. - С. 608.
20. Ignatova-Ivanova T., Ibryamova S., Chipev N., Ivanov R. Isolation, identification, morphological and adhesion properties of microorganisms from antarctic soils. - 2019. - Vol. 34. - P. 1-10.
21. Borner R.A., Hatti Kaul R., Mamo G., Mattiasson B. Isolation and cultivation of anaerobes// *Anaerobes in biotechnology.* - 2016. - Vol. 156. - P. 35-53.
22. Ma Z., Yi Z.H., Bayar K., Fu Y.M., Liu H. Community dynamics in rhizosphere microorganisms at different development stages of wheat growing in confined isolation environments// *Applied microbiology and biotechnology.* - 2021. - Vol. 105. - P. 3843-3857.
23. Carvalho P.A., Monteiro A., Almeida B., Correia F.H., Resende V., Nunes C., Lopes S. The Epidemiological Profile of the isolation of 'Problem' microorganisms // *Acta medica portuguesa.* - 2019. - Vol. 32. - P. 600-605.

Г.Н. Бисенова, Б.Ж. Садыкова, Б.К. Мусабаева, Ж.Б. Текебаева,
З.С. Сармурзина, А.Ж. Темірханов

ҚР БҒМ ҒК «Микроорганизмдердің республикалық коллекциясы» ШЖҚ РМК, Астана, Қазақстан

Ақмола облысының топырағынан бөлінген микроорганизмдердің өсу-ынталандыру белсенділігін бағалау

Аңдатпа. Биологиялық егіншіліктің перспективалы бағыты пайдалы топырақ пен ризосфералық микрофлораның әлеуетін пайдалану болып табылады, оның ішінде табиғи микроорганизмдер азотты бекітетін және фосфат мобилизациялайтын маңызды орын алады. Топырақ микроорганизмдері негізінде жасалған биологиялық өнімдер ауылшаруашылық өсімдіктерін өсіру технологиясының тәсілдерін өзгертуге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, биологиялық өнімдердің әлеуетті өндірушілерінің штамдарын таңдау кезінде олардың өсімдіктің өсуіне және дамуына оң әсер ету қабілеті маңызды аспект болып табылады, оларды минералды тамақпен қамтамасыз етеді, әртүрлі күйзелістерге бейімделеді, топырақты сарқылудан қорғайды, табиғи құнарлылығын қалпына келтіреді және өсімдік қауымдастықтарының биологиялық әртүрлілігін қолдайды.

Зерттеудің мақсаты бидай және жасымық сияқты дақылдарға қатысты жоғары өсу белсенділігі бар перспективалы микроорганизмдерді таңдау болды. Бастапқы скрининг нәтижесінде топырақ бактерияларының 76 изоляты бөлінді, олардың 16-сы микробқа қарсы айқын қасиеттерін көрсететін неғұрлым белсенді изоляттар ретінде іріктелді. Одан кейін микроорганизмдердің тұқымдарының өнгіштігінің жоғары дәрежесін көрсеткен 7 штаммы іріктелді (*D.acidovorans* Ш-1, *St.maltophilia* КЖ-1, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E. cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3).

P.fluorescens АК-4, *St.epidermidis* ЧК-4, *B.cereus* ТБ-1, *E. cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E. cloacae* Т-3 штамдарының әрқайсысының бактериялық суспензиясы бидайдың өсу көрсеткіштеріне жоғары өсімді ынталандырушы әсер ететіні анықталды. Жасымық тұқымын *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E. ludwigii* ТБ-2, *S.marcescens* ТК-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 штамдарының әрқайсысының культуралық сұйықтығымен өңдеген кезде барлық зерттелген концентрацияларда өсу көрсеткіштері артты.

Нәтижесінде, жоғары өсу белсенділігі бар және өсімдік тұқымдарының өнгіштігін арттыратын ең белсенді микроорганизмдер анықталды. Осылайша, таңдалған перспективті бактериялардың штамдары тұқымның өнгіштігін арттыратын және ауылшаруашылық өсімдіктерінің өсуін ынталандыратын биологиялық өнімдерді дамыту үшін негіз ретінде ұсынылады.

Түйін сөздер: бидай, жасымық, өсу белсенділігі, өнгіштігі, тұқымның өнуі, скрининг.

G.N. Bissenova, B.Zh. Sadykova, B.K. Mussabayeva, Zh.B. Tekebaeva,
Z.S. Sarmurzina, A.Zh. Temirkhanov

Republican collection of microorganisms, Astana, Kazakhstan

Evaluation of growth-stimulating activity of microorganisms isolated from the soil of Akmol region

Abstract. A promising direction of biological agriculture is the use of the potential of useful soil and rhizospheric microflora, among which nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing natural microorganisms occupy a significant place. Biologics created based on soil microorganisms make it possible to change approaches in the technology of growing agricultural plants. When selecting strains of potential producers of biological products, an important aspect is the ability to have a positive effect

on the growth and development of plants, providing them with mineral nutrition, adaptation to various stresses, protect soils from depletion, restore their natural fertility and maintain the biological diversity of plant communities.

The aim of the study was to select promising microorganisms with high growth-stimulating activity against crops such as wheat and lentils. As a result of the primary screening, 76 isolates of soil bacteria were isolated, 16 of which were selected as the most active isolates exhibiting pronounced antimicrobial properties. Further, 7 strains of microorganisms were selected from them (*D.acidovorans* III-1, *St.maltophilia* КЖ-1, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E. cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3), which showed a high degree of germination of plant seeds.

It was found that the bacterial suspension of each of the strains *P.fluorescens* АК-4, *St.epidermidis* ChK-4, *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E.ludwigii* ТБ-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 has a high growth-stimulating effect on the growth performance of wheat. When treating lentil seeds with a culture liquid of each of the strains *B.cereus* ТБ-1, *E.cloacae* КБ-2, *E. ludwigii* ТБ-2, *S.marcescens* ТК-2, *E.cloacae* ШБ-2, *E.cloacae* Т-3 growth rates increased in all studied concentrations.

As a result, the article identifies the most active microorganisms with high growth-stimulating activity and increasing the germination of plant seeds. Thus, the selected promising bacterial strains are recommended as a basis for the development of biological products that increase seed germination and stimulate the growth of agricultural plants.

Keywords: wheat, lentils, growth-stimulating activity, germination, seed germination, screening.

References

1. Mirshekari B., Hokmalipour S., Sharifi R.S., Farahvash F., Ebadi-Khazine-Gadim A. Effect of seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and dry matter accumulation of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) at various levels of nitrogen and phosphorus fertilizers, 3-4, 314-320 (2012).
2. Dal Cortivo C., Barion G., Ferrari M., Visioli G., Dramis L., Panozzo A., Vamerli T. Effects of field inoculation with VAM and bacteria consortia on root growth and nutrients uptake in common wheat, 10(9), 1-21 (2018). DOI: 10.3390/su10093286.
3. Sogut S., Cig F. Determination of the effect of plant growth promoting bacteria on wheat. Development under salinity stress conditions, 17(1), 1129-1141 (2019).
4. O'Brien, Philip A. Biological control of plant diseases, Australasian plant pathology, 46(4), 293-304 (2017).
5. Ahmad, I., Khan, M.S.A., Aqil, F., Singh, M. Microbial Applications in Agriculture and the Environment: A Broad Perspective) Microbes and Microbial Technology. (New York, Springer, 2011, 1-27 p.).
6. Glick B.R. Biocontrol mechanisms. In: Beneficial plant-bacterial interactions. (Springer, 2015, 123-157 p.
7. Afreen J.M., Meera C.D., Siderophore produced by *Bacillus* spp GN-01 isolated from rhizosphere of ground nut field, Int. J. Pharm. Phytopharm, 3(4), 311-313 (2014).
8. Sudharani M., Shivaprakash M.K. and Prabhavathi M.K. Role of consortia of biocontrol agents and PGPR s in the production of cabbage under nursery condition, Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci., 3(6), 1055-1064 (2014).
9. Kumar P. Inoculation of siderophore producing rhizobacteria and their consortium for growth enhancement of wheat plant, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 15, 264-269 (2018). - DOI: doi.org/10.1016/j.bcab.2018.06.019.
10. Lareen A., Burton F., Schäfer P. Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes, Plant Mol Biol., 90, 575-587 (2016).

11. Jakovleva M.T. Vlijanie mikrobnih preparatov na osnove shtammov asociativnyh bakterij na urozhajnost' jarovoj pshenicy v uslovijah Central'noj Jakutii [The effect of microbial preparations based on strains of associative bacteria on the yield of spring wheat in the conditions of Central Yakutia], *Mezhdunarodnyj sel'skhozjajstvennyj zhurnal [International Agricultural Journal]*, 3, 45-46 (2018). [in Russian]
12. Erdemci İ. Effect of *Pseudomonas* Fluorescent Rhizobacteria on Growth and Seed Quality in Lentil (*Lens Culinaris* Medik), *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(14), 1-7 (2020). DOI: 10.1080/00103624.2020.1798987.
13. Muzaffar S., Prasad B.D. History of biotechnology. *Plant biotechnology: principles, methods and appendices*, 1, 3-25 (2018).
14. Manjit K., Abhishek M. Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) for enhancing Sustainable Agriculture and Revolutionized Tools for Farmers, *Research journal of biotechnology*. 16(4), 250-257 (2021).
15. Gangwar M., Saini P., Nikhanj P., Kaur S. Plant growth-promoting microbes (PGPR) as Potential microbial bio-agents for eco-friendly agriculture, *Microorganisms for Sustainability*, 4, 37-55 (2017).
16. Chilosi G., Aleandri M.P., Luccioli E., Stazi S.R., Marabottini R., Morales-Rodriguez C., Vettraino A.M., Vannini A. Suppression of soil-borne plant pathogens in growing media amended with espresso spent coffee grounds as a carrier of *Trichoderma* spp., 259, 1-9 (2020). DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108666.
17. Schulthess B., Bloemberg G.V., Zbinden R., Böttger E.C., Hombach M. Evaluation of the Bruker MALDI Biotyper for identification of Gram-positive rods: development of a diagnostic algorithm for the clinical laboratory, *Journal of clinical microbiology*, 52(4), 1089-1097 (2014).
18. Khoult Dzh., Krig N., Smit P., Stejli Dzh., Uil'yams S. *Opredelitel' bakterij Berdzhi [Bergey Bacteria Key]* (Moscow, «Mir», 1997, 567-572). [in Russian].
19. Netrusov F.I., Egorova M.A. *Praktikum po mikrobiologii [Workshop on Microbiology]* (Moscow, «Academy», 2005, 608 p.). [in Russian]
20. Ignatova-Ivanova T., Ibryamova S., Chipev N., Ivanov R. Isolation, identification, morphological and adhesion properties of microorganisms from antarctic soils, 34, 1-10 (2019).
21. Borner R.A., Hatti Kaul R., Mamo G., Mattiasson B. Isolation and cultivation of anaerobes, *Anaerobes in biotechnology*, 156, 35-53 (2016).
22. Ma Z., Yi Z.H., Bayar K., Fu Y.M., Liu H. Community dynamics in rhizosphere microorganisms at different development stages of wheat growing in confined isolation environments. *Applied microbiology and biotechnology*, 105, 3843-3857 (2021).
23. Carvalho P.A., Monteiro A., Almeida B., Correia F.H., Resende V., Nunes C., Lopes S. The Epidemiological Profile of the isolation of 'Problem' microorganisms. *Acta medica portuguesa*, 32, 600-605 (2019).

Сведения об авторах:

Бисенова Г.Н. - кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов» КН МОН, ул. Валиханова, 13/1, Астана, Казахстан.

Садыкова Б.Ж. – научный сотрудник РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов», ул. Валиханова, 13/1, Астана, Казахстан.

Мусабаева Б. К. – магистр естественных наук, младший научный сотрудник РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов», ул. Валиханова, 13/1, Астана, Казахстан.

Текебаева Ж.Б. – магистр технических наук, и.о. заведующей лабораторией микробиологии РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов», ул. Валиханова, 13/1, Астана, Казахстан.

Сармурзина З.С. – кандидат биологических наук, генеральный директор РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов» КН МОН, ул. Валиханова, 13/1, Астана, Казахстан.

Темирханов А.Ж. – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель генерального директора по науке РГП на ПХВ «Республиканская коллекция микроорганизмов», ул. Валиханова, 13/1, Астана, Казахстан.

Bissenova G.N. – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Valikhanova str., Astana, Kazakhstan.

Sadykova B.Zh. – Researcher of the Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Valikhanova str., Astana, Kazakhstan.

Mussabayeva B.K. – Master of Natural Sciences, Junior Researcher of Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Valikhanova str., Astana, Kazakhstan.

Tekebaeva Zh.B. – Master of Technical Sciences, Acting Head of the Laboratory of Microbiology of the Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Valikhanova str., Astana, Kazakhstan.

Sarmurzina Z.S. – Candidate of Biological Sciences, General Director of the Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Valikhanova str., Astana, Kazakhstan.

Temirkhanov A.Zh. – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director General for Science of the Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Valikhanova str., Astana, Kazakhstan.