

ВЛИЯНИЕ РИЗОБИЙ СОИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Игорь Юрьевич Татаренко, кандидат сельскохозяйственных наук

Мария Владимировна Якименко, кандидат биологических наук

Арина Игоревна Сорокина, кандидат ветеринарных наук

ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Амурская область, Россия

E-mail: tigy@vniisoi.ru

Аннотация. Для выращивания высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции очень важно получать своевременные, полноценные и дружные всходы оптимальной густоты. Поэтому проблема стимулирования или ингибирования прорастания семян и происходящих в них процессов занимает важное место в современном растениеводстве. К перспективным технологическим мероприятиям, обеспечивающим повышение урожайности и качества продукции растениеводства, относится метод предпосевной обработки семян ризобиями. Сотрудниками лаборатории биологических исследований ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои изучена возможность стимулирования прорастания и обеззараживания семян сои, люпина, вигны, пшеницы, ячменя с помощью чистых культур *Sinorhizobium fredii*. В работе использовали коллекционные штаммы ризобий, показавшие обильный рост бактериальной массы на питательной среде МРС. Стандарт – типовой штамм *S. fredii* 5851 из коллекции микроорганизмов и клеточных культур Института Лейбница (DSMZ), Германия. В вариантах со штаммами наблюдали устойчивые стимулирующий и оздоравливающий эффекты. Установлено, что в среднем с *S. fredii* всхожесть возросла на 37%, длина проростков – 224, сырая масса проростков – 23%, по сравнению с контролем. Максимально стимулировали процесс прорастания семян сельскохозяйственных культур штаммы *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, 062.

Ключевые слова: *Sinorhizobium fredii*, ризобии, штамм, сорт, чистая культура, всхожесть, длина проростка, сырая масса проростков

THE INFLUENCE OF SOYBEAN RHIZOBIA ON THE AGRICULTURAL SEEDS SOWING QUALITIES

I.Yu. Tatarenko, *PhD in Agricultural Sciences*

M.V. Yakimenko, *PhD in Biological Sciences*

A.I. Sorokina, *PhD in Veterinary Sciences*

Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Amur region, Russia

E-mail: tigy@vniisoi.ru

Abstract. To grow high and stable yields with good product quality, it is very important to receive timely, full-fledged and friendly shoots of optimal density. Therefore, the problem of stimulating, or inhibiting, seed germination and the processes occurring in them occupies an important place in modern crop production. The method of pre-sowing seed treatment with rhizobia is one of the promising technological measures that ensure an increase in yield and quality of crop production. The staff of the Laboratory of Biological Research of the Federal State Budgetary Institution of the Federal Research Institute of Soy conducted a study of the possibility of stimulating germination and disinfection of soybean seeds, lupin, vigna, wheat, barley using pure *Sinorhizobium fredii* crops. The work used collectible strains of rhizobia, which showed an abundant growth of bacterial mass on the nutrient medium of the MRC. The standard strain was *S. fredii* 5851 from the collection of microorganisms and cell cultures of the Leibniz Institute (DSMZ), Germany. In variants with strains, stable stimulating and healing effects were observed. As a result of a scientific experiment, it was found that, on average, in variants with *S. fredii* strains, germination increased by 37%, the length of seedlings – by 224%, the raw weight of seedlings – by 23% compared with the control (without treatment with strains). *S. fredii* strains BB-49, SB-39, SB-43, TB-422, TB-488, TB-490, TB-496, 062 maximally stimulated the process of germination of agricultural seeds.

Keywords: *Sinorhizobium fredii*, rhizobia, strain, variety, pure culture, germination, seedling length, raw weight of seedlings

Многовековой практикой человек усиливал те признаки семян, при реализации которых можно добиться получение растительных организмов с высокой продуктивной способностью. Урожайность, как показывают исследования многих ученых, во многом зависит от темпа начального развития, или «стартового» состояния семян. Чем энергичнее развивается проросток, тем быстрее он переходит на корневое питание, избегая болезни и неблагоприятные условия среды прорастания. [2, 6]

Для выращивания высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции очень важно получать своевременные, полноценные и дружные всходы оптимальной густоты. Поэтому проблема стимулиро-

вания или ингибирования, прорастания семян и происходящих в них процессов занимает важное место в современном растениеводстве как в теоретическом, так и практическом отношениях. [1, 7, 8]

Механизмы влияния клубеньковых бактерий на растение можно разделить на два типа: прямой эффект и опосредованный. К первому причислены: гормональная стимуляция, увеличение поступления питательных веществ в растения. Фитогормоны, витамины и другие биологически активные вещества, которые производят бактерии, относятся к важнейшим механизмам взаимодействия в растительно-бактериальных ассоциациях. [9, 11, 12] Например, ауксины стимулируют развитие корневой системы, регулируют диф-

ференцировку органов и другое, цитокинины индуцируют деление клеток, повышают всхожесть семян, положительно влияют на растение, которое находится в неблагоприятных для роста и развития условиях, гиббереллины помогают вегетативному росту, ускоряют прорастание семян. [10, 13]

К опосредованным эффектам относят положительное действие бактерий, которое связано с подавлением болезней и повышением устойчивости растений к всевозможным стрессовым факторам. При успешной конкуренции ризобактерии, в том числе и клубеньковые, подавляют рост и развитие различных почвенных фитопатогенов и вытесняют их из зоны влияния на растение. [5, 14]

Цель работы – выявить штаммы *Sinorhizobium fredii*, обладающие стимулирующим действием на семена сельскохозяйственных культур и улучшающим их посевные качества без применения химикатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – штаммы чистых культур *S. fredii*, выделенные из природных популяций Дальнего Востока, семена сои, люпина, вигны, пшеницы, ячменя.

Возможность улучшенного прорастания и обеззараживания семян сельскохозяйственных культур с помощью ризобий сои исследовали по методике С.А. Бегуна. [3] Использовали минерально-растительную среду (МРС), г/л: K_2HPO_4 – 0,5; KH_2PO_4 – 0,5; $MgSO_4$ – 0,1; $CaSO_4$ – 0,1; $NaCl$ – 0,2; маннит – 20,0; соевая мука – 10,0; агар-агар – 20,0, которую стерилизовали и разливали в чашки Петри 1/3 объема. Подготовленные чашки Петри в шести повторностях при стерильных условиях засеивали чистыми культурами ризобий *S. fredii*, отобранными для исследований. Для получения сплошного газона изучаемых штаммов, в подготовленные чашки бактериологической петлей вносили посевной материал, равномерно распределяя по всей поверхности МРС. Далее инкубировали в термостате при 27...28°C в течение 10 сут., наблюдая за характером роста ризобий. Брали нестерильные семена сельскохозяйственных растений (соя, пшеница, ячмень, вигна, люпин), которые предварительно перебирали, выбраковывая колотые и порченные.

Семена проращивали в чашках Петри на десятисуточной чистой культуре ризобий *S. fredii*. В контрольных вариантах семена высевали на питательную среду без ризобий. На третьи-седьмые сутки проводили учет длины проростков, всхожести, энергии прорастания семян, их заселенности эпифитной микрофлорой. [4]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучали возможность стимулирования прорастания и обеззараживания семян сои, люпина, вигны, пшеницы, ячменя с помощью чистых культур ризобий сои. В работе использовали штаммы *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, ЗБ-79, 062, показавшие обильный рост бактериальной массы на питательной среде МРС. Стандарт – типовой штамм 5851 *S. fredii* из коллекции микроорганизмов и клеточных культур Института Лейбница (DSMZ), Германия. В вариантах со штаммами наблюдали устойчивые стимулирующий и оздоравливающий эффекты (табл. 1).

Во всех контрольных чашках Петри на седьмые сутки роста была высокая инфицированность нестерильных семян сельскохозяйственных культур эпифитной микрофлорой.

При посеве семян по газону чистых культур *S. fredii* микрофлора, находящаяся на семенах, не прорастала или появлялись единичные колонии.

При размещении семян сои по газону чистых культур ризобий, в первую очередь, стимулируется скорость прорастания семян. В среднем энергия прорастания бактеризованных семян сои возросла в 3,4 раза, длина проростков – 3,7 раза, по сравнению с контролем (рис. 1, табл. 2).

Стимуляция прорастания семян других сельскохозяйственных культур изучаемыми штаммами на третьи сутки была менее заметна. Отдельные штаммы *S. fredii* увеличили энергию прорастания семян ячменя, темп их прорастания возрос в 2,3 (СБ-43, ТБ-496)...2,7 раза (062), длина проростков – 3,0...3,7 раза, по сравнению с контролем. Положительный эффект бактеризации семян вигны (*Vigna angularis*) был отмечен со штаммами *S. fredii* СБ-43, ТБ-469, ТБ-488, 062. Менее всего на инокуляцию семян реагировала пшеница сорта *Арюна* (табл. 3).

Таблица 1.
Средние показатели всхожести, длины и сырой массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при выращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки, 2023 год

Культура, сорт	Вариант	Всхожие семена		Длина проростка		Наличие микрофлоры	Сырая масса проростков	
		%	% к контролю	см	% к контролю		г/10 раст.	% к контролю
Соя, <i>Сентябринка</i>	контроль	100	100	2,95	100	+	4,32	100
	ризобии	100	100	3,9	133	н	5,87	136
Пшеница, <i>Арюна</i>	контроль	10	100	0,5	100	+	0,62	100
	ризобии	17	170	1,52	304	н	0,8	125
Ячмень, <i>Амур</i>	контроль	80	100	1,8	100	+	1,21	100
	ризобии	89	111	4,57	254	н	1,92	125
Люпин, <i>к408</i>	контроль	40	100	1,0	100	+	3,53	100
	ризобии	48	130	1,48	148	н	4,34	123
Вигна	контроль	100	100	0,8	100	+	2,93	100
	ризобии	98	98	2,23	279	н	3,43	117

Примечание. – н – Нет микрофлоры, + – есть (то же в табл. 3, 4).

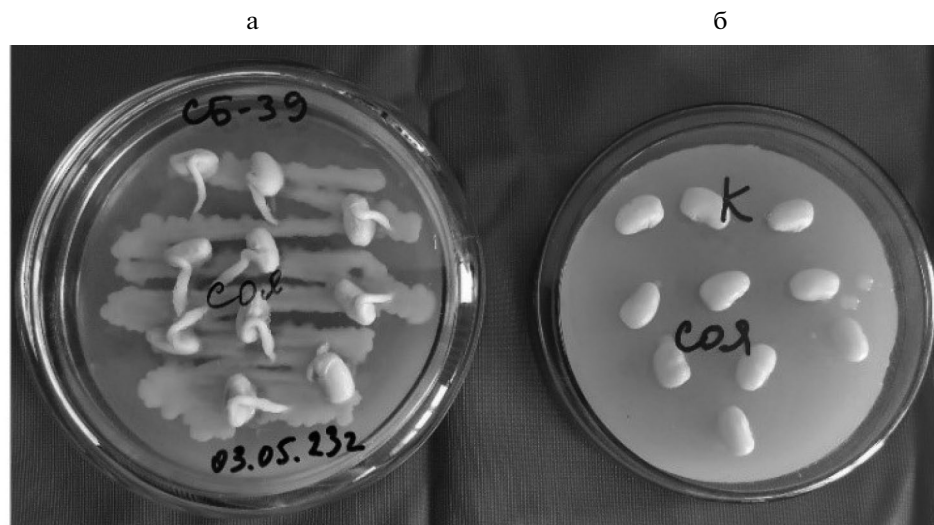


Рис. 1. Стимуляция прорастания семян сои сорта *Сентябрянка*, третьи сутки роста: а – инокуляция коллекционным штаммом; б – без инокуляции.

Таблица 2.

Статистические параметры длины и массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при выращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii*, 2023 год

Культура	Среднее арифметическое (X)	Размах вариации (lim)	Стандартное отклонение (σ)	Коэффициент вариации (Cv, %)
Длина проростка, см				
Соя, люпин, вигна, пшеница, ячмень	2,6	0,2...7,12	1,7	63,5
Сырая масса проростков, г/10 раст.				
	3,2	0,54...7,74	1,9	59,6

Показатель всхожести семян по вариантам с бактериализацией существенно различался по сельскохозяйственным культурам (табл. 4). Всхожесть семян сои и вигны практически во всех вариантах, включая контроль, была 100%.

В экспериментах с семенами ячменя сорта *Амур* показатель всхожести в контроле был высоким (80%), применение чистых культур *S. fredii* привело к его увеличению на 11%. Штаммы СБ-43, ТБ-469, 062 повысили всхожесть семян на 25%, по сравнению с контролем. Всхожесть семян пшеницы по усредненным данным была низкой (10%). В результате инокуляции произошло повышение показателя всхожести почти в два раза, по сравнению с контролем. Лучшие результаты всхожести семян пшеницы отмечены в вариантах со штаммами ТБ-490, 062. В них всхожесть повысилась в три раза, по сравнению с контролем. В среднем всхожесть бактеризованных семян пшеницы, ячменя, люпина, возросла на 37%, по сравнению с контролем.

Исследуемые ризобии заметно стимулировали увеличение длины проростков сельскохозяйственных культур. В экспериментах с пшеницей, штаммы *S. fredii* увеличили длину проростков, в среднем в три, а отдельные штаммы более, чем в пять (СБ-43, 062), шесть (ТБ-488, ТБ-496) раз, по сравнению с контролем. Статистическая обработка данных, полученных в результате исследования возможности стимулирования увеличения длины проростков сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны, показала их нормальное распределение (рис. 2). Наибольшая длина проростков – с инокуляцией семян ячменя *Амур*. В среднем этот показатель был на уровне 4,57 см,

а с бактериализацией семян ячменя штаммами СБ-39 – 5,22 см, ТБ-488 – 5,81, 062 – 6,41, СБ-43 – 7,12 см. В вариантах с ризобиями длина проростков сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны увеличилась на 224% при высокой изменчивости этого показателя ($C_v = 63,5\%$).

При размещении нестерильных семян сельскохозяйственных культур по газону чистых культур изучаемых штаммов нарастала сырая масса проростков, средние показатели сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны варьировали от 0,54 до 7,74 г/10 раст. ($C_v = 59,6\%$). Лучшие результаты были отмечены в вариантах с бактериализацией семян сои штаммами ББ-49, СБ-43, ТБ-488, пшеницы – СБ-43, 062, ТБ-488, ячменя – 062, СБ-43, ТБ-488, ТБ-496, люпина – СБ-43, ТБ-488, ТБ-496, вигны – 062, СБ-43, Т-496. Сырая масса проростков сои превышала контроль на 60...79%, пшеницы – 61...81, ячменя – 79...165, люпина – 29...69, вигны – 23...66% (рис. 3).

В вариантах с бактериализацией семян сырая масса проростков сои, пшеницы, ячменя, люпина, вигны увеличилась на 23%, по сравнению с контролем. Набор данных о нарастании сырой массы проростков сельскохозяйственных культур при бактериализации их семян имел незначительные отклонения от нормального распределения (рис. 4).

Таким образом, установлено, что типовой штамм 5851 *S. fredii* по изучаемым показателям не превышал контроль, наиболее высокие результаты энергии прорастания сои наблюдали в вариантах с бактериализацией штаммами *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-496, ячменя, вигны – 062, СБ-43, ТБ-496, люпина – ТБ-422, ТБ-496; всхожести семян пшеницы – 062, ТБ-490,

Таблица 3.

Показатели всхожести, длины проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на третьи сутки, 2023 год

Культура, сорт	Вариант	Всхожие семена			Длина проростка		Наличие микрофлоры
		шт.	%	% к контролю	см	% к контролю	
Соя, <i>Сентябрянка</i>	контроль	3	30	100	0,3	100	+
	5851	9	90	300	0,5	167	н
	ББ-49	10	100	333	0,6	200	н
	062	9	90	300	0,9	300	н
	СБ-39	10	100	333	1,1	366	н
	СБ-43	10	100	333	1,1	366	н
	ТБ-422	10	100	333	1,2	400	н
	ТБ-488	10	100	333	1,9	633	н
	ТБ-490	7	70	233	1,6	533	+
	ТБ-496	10	100	333	0,9	300	н
ЗБ-79	8	80	267	0,3	100	н	
Пшеница, <i>Арюна</i>	контроль	0	0	–	0	–	+
	5851	0	0	–	0	–	+
	ББ-49	0	0	–	0	–	н
	062	1	10	–	1,2	–	н
	СБ-39	1	10	–	0,1	–	н
	СБ-43	1	10	–	0,5	–	+
	ТБ-422	0	0	–	0	–	н
	ТБ-488	1	10	–	1,0	–	н
	ТБ-490	1	10	–	0,1	–	н
	ТБ-496	1	10	–	0,8	–	н
ЗБ-79	0	0	–	0	–	н	
Ячмень, <i>Амур</i>	контроль	3	30	100	0,3	100	+
	5851	2	20	67	0,2	67	н
	ББ-49	2	20	67	0,4	133	н
	062	8	80	267	0,9	300	н
	СБ-39	3	30	100	0,3	100	н
	СБ-43	7	70	233	1,0	333	н
	ТБ-422	3	30	100	0,3	100	н
	ТБ-488	4	40	133	0,9	300	н
	ТБ-490	3	30	100	0,7	233	н
	ТБ-496	7	70	233	1,1	367	н
ЗБ-79	3	30	100	0,3	100	н	
Люпин, <i>к408</i>	контроль	1	10	100	0,2	100	+
	5851	1	10	100	0,03	15	н
	ББ-49	1	10	100	0,05	25	н
	062	1	10	100	0,2	100	н
	СБ-39	0	0	0	0	0	н
	СБ-43	1	10	100	0,2	100	н
	ТБ-422	2	20	200	0,2	100	н
	ТБ-488	1	10	100	0,1	50	н
	ТБ-490	1	10	100	0,34	170	н
	ТБ-496	2	20	200	0,24	120	н
ЗБ-79	0	0	–	0	–	н	
Вигна	контроль	0	0	–	0	–	н
	5851	0	0	–	0	–	н
	ББ-49	1	10	–	0,07	–	н
	062	4	40	–	0,35	–	н
	СБ-39	1	10	–	0,17	–	н
	СБ-43	5	50	–	0,4	–	н
	ТБ-422	1	10	–	0,2	–	н
	ТБ-488	3	30	–	0,46	–	н
	ТБ-490	2	20	–	0,2	–	н
	ТБ-496	6	60	–	0,4	–	н
ЗБ-79	0	0	–	0	–	н	

Таблица 4.

Показатели всхожести, длины и сырой массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки, 2023 год

Культура	Вариант	Всхожие семена			Длина проростка		Наличие микрофлоры	Сырая масса проростков	
		шт.	%	% к контролю	см	% к контролю		г/10 раст.	% к контролю
Соя, <i>Сентябринка</i>	контроль	10	100	100	2,95	100	+	4,32	100
	5851	10	100	100	1,71	57	+	4,52	105
	ББ-49	10	100	100	3,98	135	н	6,9	160
	062	10	100	100	2,76	93	н	5,39	125
	СБ-39	10	100	100	4,89	165	н	5,85	135
	СБ-43	10	100	100	4,88	165	н	7,66	177
	ТБ-422	10	100	100	4,39	149	н	5,35	124
	ТБ-488	10	100	100	5,55	188	н	7,74	179
	ТБ-490	10	100	100	3,89	132	н	5,05	117
	ТБ-496	10	100	100	3,36	114	н	5,98	138
ЗБ-79	10	100	100	3,83	130	+	4,28	99	
Пшеница, <i>Арюна</i>	контроль	1	10	100	0,5	100	+	0,62	100
	5851	1	10	100	0,5	100	+	0,61	98
	ББ-49	1	10	100	0,4	80	+	0,57	92
	062	3	30	300	2,7	540	н	1,0	161
	СБ-39	2	20	200	1,0	200	+	0,58	94
	СБ-43	2	20	200	2,6	520	н	1,07	173
	ТБ-422	1	10	100	0,2	40	н	0,63	102
	ТБ-488	2	20	200	3,0	600	н	1,12	181
	ТБ-490	3	30	300	1,1	220	н	0,72	116
	ТБ-496	1	10	100	3,3	660	+	0,9	145
ЗБ-79	1	10	100	0,4	80	+	0,54	87	
Ячмень, <i>Амур</i>	контроль	8	80	100	1,80	100	+	1,21	100
	5851	8	80	100	2,68	149	+	1,23	102
	ББ-49	8	80	100	3,87	215	н	1,45	120
	062	10	100	125	6,41	356	н	2,17	179
	СБ-39	9	90	113	5,22	290	н	1,70	140
	СБ-43	10	100	125	7,12	396	н	3,21	265
	ТБ-422	9	90	113	3,04	169	н	1,38	114
	ТБ-488	9	90	113	5,81	323	н	2,37	196
	ТБ-490	8	80	100	3,83	213	+	1,47	121
	ТБ-496	10	100	125	6,0	333	н	3,08	255
ЗБ-79	8	80	100	1,67	93	+	1,12	93	
Люпин, <i>к408</i>	контроль	4	40	100	1,0	100	+	3,53	100
	5851	4	40	100	0,7	70	+	3,77	107
	ББ-49	5	50	125	1,66	166	н	4,09	116
	062	8	80	200	2,23	223	н	4,23	120
	СБ-39	6	60	150	1,61	161	н	4,32	122
	СБ-43	6	60	150	1,84	184	н	4,54	129
	ТБ-422	4	40	100	1,31	131	+	3,90	110
	ТБ-488	6	60	150	1,62	162	н	4,90	139
	ТБ-490	4	40	100	1,01	101	+	4,10	116
	ТБ-496	7	70	175	2,38	238	н	5,96	169
ЗБ-79	2	20	50	0,44	44	н	3,61	102	
Вигна	контроль	10	100	100	0,8	100	+	2,93	100
	5851	9	90	90	1,98	248	н	2,67	91
	ББ-49	10	100	100	2,34	293	н	3,34	114
	062	10	100	100	2,65	331	н	3,60	123
	СБ-39	10	100	100	2,28	285	н	3,15	108
	СБ-43	10	100	100	1,89	236	н	4,42	151
	ТБ-422	10	100	100	1,92	240	н	2,99	102
	ТБ-488	10	100	100	2,66	333	н	3,57	122
	ТБ-490	9	90	90	2,50	313	+	3,06	104
	ТБ-496	10	100	100	2,32	290	н	4,86	166
ЗБ-79	10	100	100	1,73	216	+	2,66	91	

ячменя, люпина – 062, СБ-43, ТБ-496; длины проростков сои – СБ-39, СБ-43, ТБ-488, пшеницы, ячменя – 062, СБ-43, ТБ-488, ТБ-496, люпина – 062, СБ-43, ТБ-496, вигны – 062, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496; сырой массы проростков сои (7,74 г/10 раст.), пшеницы (1,12) – ТБ-488, ячменя (3,21) – СБ-43, люпина (5,96), вигны (4,86 г/10 раст.) – ТБ-496. Эти штаммы рекомендовано использовать при производстве биопрепаратов.

Выводы. Выявлены штаммы *S. fredii* ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, 062 максимально стимулирующие процесс прорастания семян сельскохозяйственных культур. В среднем всхожесть бактеризованных штаммами семян возросла на 37%, длина проростков – 224, сырая масса проростков – 23%, по сравнению с контролем.

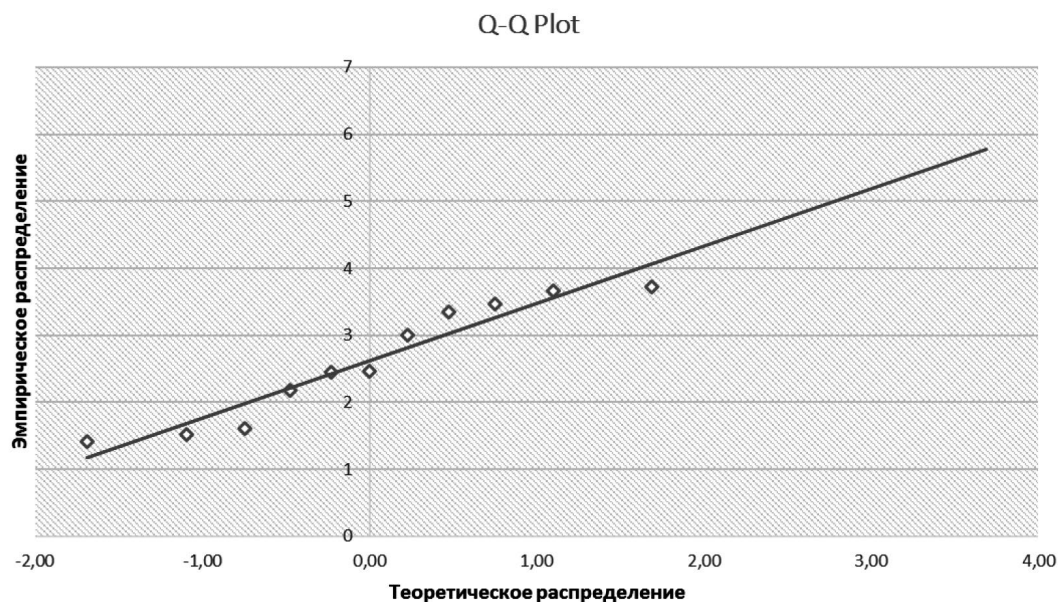


Рис. 2. Q-Q Plot показателей длины проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки.

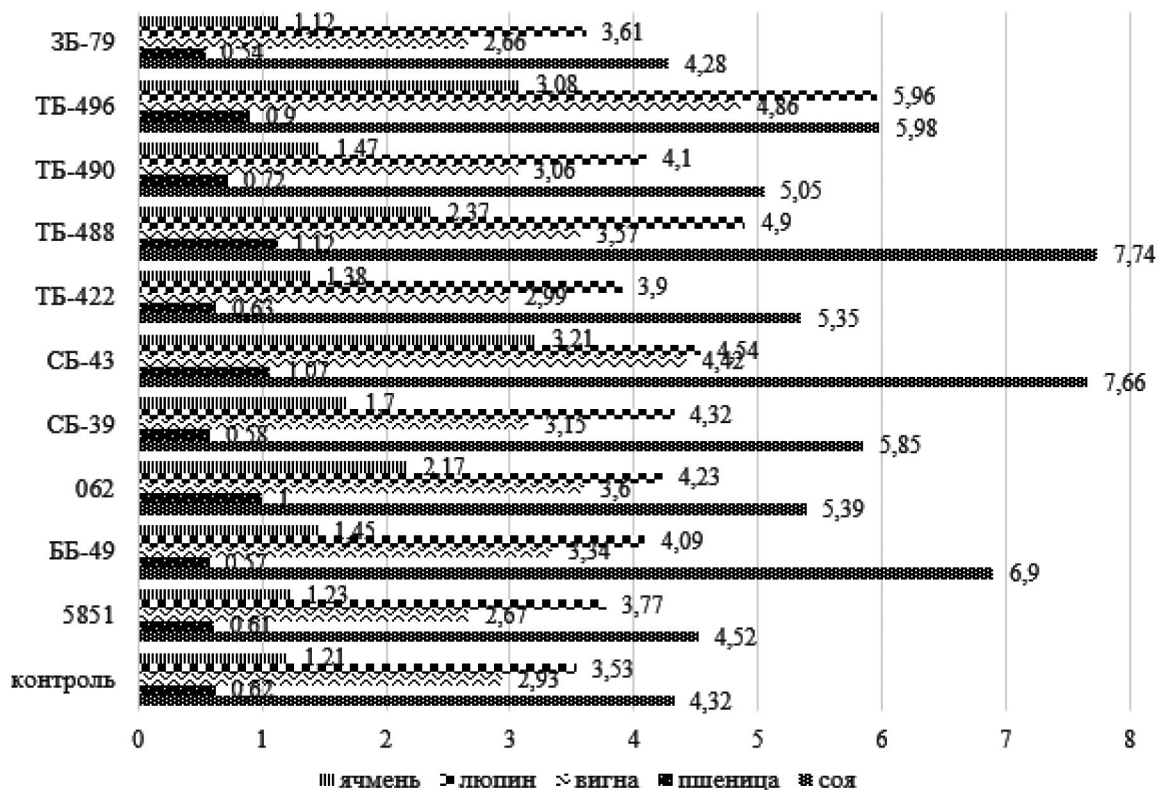


Рис. 3. Сырая масса проростков сельскохозяйственных культур в вариантах со штаммами *Sinorhizobium fredii*, г/10 раст.

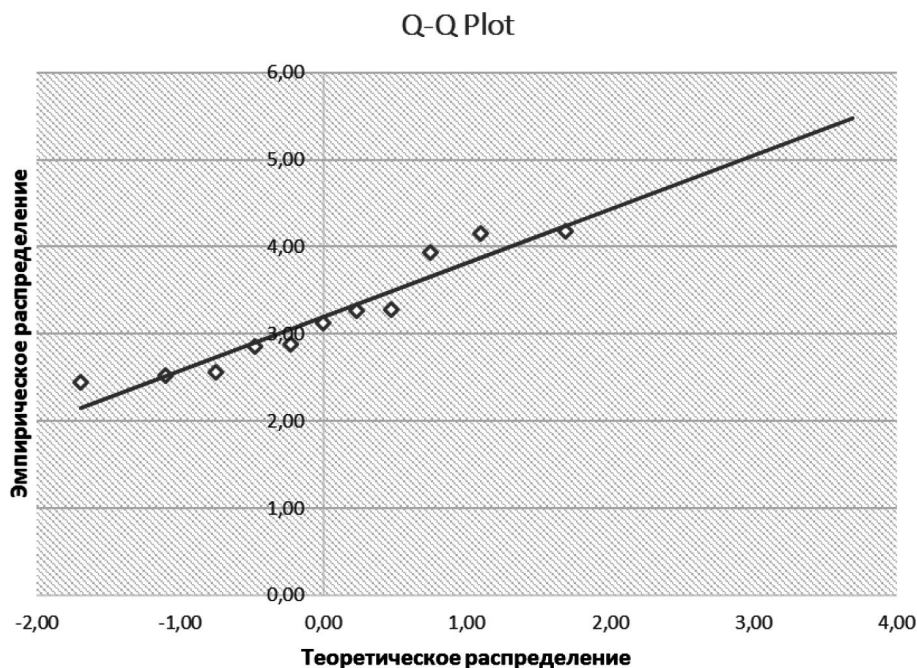


Рис. 4. Q-Q Plot показателей массы проростков нестерильных семян сельскохозяйственных растений при проращивании по газону чистых культур *Sinorhizobium fredii* на седьмые сутки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеева Т.А., Хавинсон В.Х., Миронова Е.С. и др. Влияние коротких пептидов на рост и урожайность сои // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 2. С. 122–129. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-122-129>
2. Асеева Т.А. Оценка агроклиматических ресурсов Среднего Приамурья и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник КрасГАУ. 2008. № 3. С. 109–113.
3. Бегун С.А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции: метод. рекомендации. Благовещенск: ПКИ «Зея», 2005. 70 с.
4. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введен 01.01.1986. М.: Стандартинформ, 2011. 32 с.
5. Девликанов М.Р., Корягин Ю.В. Обработка семян яровой пшеницы семнезирванными биопрепаратами и микроэлементами // Земледелие. 2006. № 1. С. 42.
6. Захарова Н.А., Шарыпова Н.В. Изучение бактерий в школьном курсе биологии. Изд-во Шадринского государственного педагогического института. 2010. С. 22.
7. Стародубцев В.Н., Степанова Л.П., Коренькова Е.А. Экологическая оценка эффективности действия различных форм биологически активных веществ на посевные качества и урожайность яровой пшеницы // Вестник ОрелГАУ. 2011. № 3. С. 47.
8. Deshwal V.K., Dubey R.C., Maheshwari D.K. Isolation of plant growth-promoting strains of Bradyrhizobium (*Arachis*) sp. with biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* causing charcoal rot of peanut. *Curr. Sci.* 2023. No. 84(3). PP. 443–448.
9. Hamid B., Zaman M., Farooq S. et al. Bacterial Plant Biostimulants: A Sustainable Way towards Improving Growth, Productivity, and Health of Crops. *Sustainability* 2021. No. 13. P. 2856.
10. Jaiswal S.K., Mohammed M., Ibnu F.Y.I., Dakora F.D. Rhizobia as a Source of Plant Growth-Promoting Molecules: Potential Applications and Possible Operational Mechanisms.

Front. Sustain. Food Syst. 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.619676>

11. Jan B., Sajad S., Reshi Z.A., Mohiddin F.A. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Eco-Friendly Approach for Sustainable Agriculture. In *Plant-Microbe Dynamics: Recent Advances for Sustainable Agriculture*, 1st ed.; Pirzadah T.B., Malik B., Hakeem K.R., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2021. PP. 185–200.
12. Laslo É., Mara G. Is PGPR an Alternative for NPK Fertilizers in Sustainable Agriculture? In *Microbial Interventions in Agriculture and Environment*; Singh D.P., Gupta V.K., Prabha R., Eds.; Springer: Singapore, 2019. PP. 51–62.
13. Lindström K., Mousavi S.A. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Microb. Biotechnol.* 2020. No. 13. PP. 1314–1335.
14. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 2023. PP. 571–586.

REFERENCES

1. Aseeva T.A., Havinson V.H., Mironova E.S. i dr. Vliyanie korotkih peptidov na rost i urozhajnost' soi // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2022. T. 17. № 2. С. 122–129. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-122-129>
2. Aseeva T.A. Ocenka agroklimaticheskikh resursov Srednego Priamur'ya i ih vliyanie na produktivnost' sel'skhozajstvennykh kul'tur // Vestnik KrasGAU. 2008. № 3. S. 109–113.
3. Begun S.A. Sposoby, priemy izucheniya i otbora effektivnykh shtam-mov kluben'kovykh bakterij soi. Metody analiticheskoy selekcii: metod. rekomendacii. Blagoveshchensk: PKI «Zeya», 2005. 70 s.
4. GOST 12038-84 Semena sel'skhozajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti. Vveden 01.01. 1986. M.: Standartinform, 2011. 32 c.
5. Devlikanov M.R., Koryagin Yu.V. Obrabotka semyan yarovoj pshenicy semnezirovannymi biopreparatami i mikroelementami // Zemledelie. 2006. № 1. S. 42.
6. Zaharova N.A., Sharypova N.V. Izuchenie bakterij v shkol'nom kurse biologii. Izd-vo Shadrinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta. 2010. S. 22.

7. Starodubcev V.N., Stepanova L.P., Koren'kova E.A. Ekologicheskaya ocenka effektivnosti dejstviya razlichnyh form biologicheskoi aktivnykh veshchestv na posevnye kachestva i urozhajnost' yarovoj pshenicy // Vestnik OrelGAU. 2011. № 3. S. 47.
8. Deshwal V.K., Dubey R.C., Maheshwari D.K. Isolation of plant growth-promoting strains of Bradyrhizobium (Arachis) sp. with biocontrol potential against Macrophomina phaseolina causing charcoal rot of peanut. Curr. Sci. 2023. No. 84(3). PP. 443–448.
9. Hamid B., Zaman M., Farooq S. et al. Bacterial Plant Bio-stimulants: A Sustainable Way towards Improving Growth, Productivity, and Health of Crops. Sustainability 2021. No. 13. P. 2856.
10. Jaiswal S.K., Mohammed M., Ibny F.Y.I., Dakora F.D. Rhizobia as a Source of Plant Growth-Promoting Molecules: Potential Applications and Possible Operational Mechanisms. Front. Sustain. Food Syst. 2021. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.619676>
11. Jan B., Sajad S., Reshi Z.A., Mohiddin F.A. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Eco-Friendly Approach for Sustainable Agriculture. In Plant-Microbe Dynamics: Recent Advances for Sustainable Agriculture, 1st ed.; Pirzadah T.B., Malik B., Hakeem K.R., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2021. PP. 185–200.
12. Laslo É., Mara G. Is PGPR an Alternative for NPK Fertilizers in Sustainable Agriculture? In Microbial Interventions in Agriculture and Environment; Singh D.P., Gupta V.K., Prabha R., Eds.; Springer: Singapore, 2019. PP. 51–62.
13. Lindström K., Mousavi S.A. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. Microb. Biotechnol. 2020. No. 13. PP. 1314–1335.
14. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil 2023. PP. 571–586.

Поступила в редакцию 27.03.2024

Принята к публикации 10.04.2024