



Научная статья

УДК 631:461+632

doi: 10.55186/25876740_2025_68_3_385

ВЛИЯНИЕ КОНСОРЦИУМА ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ЗДОРОВЬЕ ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ

М.П. Селюк, Е.А. Матенькова

Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

Аннотация. Проведен комплексный анализ аборигенных штаммов бактерий рода *Bacillus* spp., выделенных из почв Новосибирской области, для оценки их ростостимулирующих свойств и способности улучшать микробиологическую активность почвы. Эксперимент проводили в лаборатории микробиологии Новосибирского ГАУ, где создана уникальная коллекция аборигенных штаммов бактерий сибирских почв. Коллекция содержит 30 культур почвенных бактерий рода *Bacillus* spp., отобранных в течение 2017-2023 гг. Полевые исследования проводили на опытных полях ОПХ «Тулинское», расположенных в северной лесостепи Приобья в 2022-2024 гг. Из трех лет исследований, два года были увлажненными (2022, 2024 гг.), один — засушливый (2023 г.). Выявлено 6 штаммов агрономически полезных бактерий рода *Bacillus* spp. Штаммы бактерий 106, 201, 23, 26, *Bacillus megaterium* и *Bacillus subtilis* обладали хорошими ростостимулирующими свойствами. Отмечено увеличение энергии прорастания, всхожести и длины зародышевых органов семян редиса и пшеницы. Рост и развитие баклажана в полевых условиях происходило быстрее на 1-2 дня при обработке консорциумом бактерий, увеличивалась урожайность культуры на 11,5%. Доказана положительная роль изучаемых штаммов бактерий на микробиологическую активность почвы. Наблюдалось уменьшение количества фитопатогенных и токсигенных микромицетов наряду с увеличением антагонистов в почве. В течение вегетации отмечено увеличение численности азотфиксацирующих бактерий и бактерий, потребляющих минеральные формы азота, олигонитрофилов. Почва обладала повышенной целлюлолитической и ферментативной активностью.

Ключевые слова: почва, штамм, бактерия, микроорганизм, микробиологическая активность, растение, рост, развитие

Благодарности: исследование ростостимулирующей активности аборигенных почвенных штаммов бактерий и их влияния на микробиологическую активность почв выполнено при поддержке гранта Правительства Новосибирской области молодым ученым, № 39658, тема: «Расширение ассортимента аборигенных штаммов почвенных бактерий для производства биопрепаратов и стимуляторов роста растений». Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Original article

IMPACT OF SOIL MICROORGANISMS CONSORTIUM ON SOIL AND PLANT HEALTH

M.P. Selyuk, E.A. Matenkova

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Annotation. A comprehensive analysis of native strains of bacteria of the genus *Bacillus* spp. isolated from the soils of the Novosibirsk region was carried out to assess their growth-promoting properties and ability to improve the microbiological activity of the soil. The experiment was carried out in the microbiology laboratory of the Novosibirsk State Agrarian University, where a unique collection of native strains of bacteria of Siberian soils was created. The collection contains 30 cultures of soil bacteria of the genus *Bacillus* spp., selected during 2017-2023. Field studies were carried out on the experimental fields of the Tulinskoye experimental farm located in the northern forest-steppe of Priobye in 2022-2024. Of the three years of research, two years were humid (2022, 2024), one was dry (2023). 6 strains of agronomically useful bacteria of the genus *Bacillus* spp. were identified. Bacterial strains 106, 201, 23, 26, *Bacillus megaterium* and *Bacillus subtilis* had good growth-stimulating properties. An increase in germination energy, germination and length of embryonic organs of radish and wheat seeds was noted. The growth and development of eggplant in field conditions occurred faster by 1-2 days when treated with a consortium of bacteria, the crop yield increased by 11.5%. The positive role of the studied bacterial strains on the microbiological activity of the soil was proven. A decrease in the number of phytopathogenic and toxicogenic micromycetes was observed along with an increase in antagonists in the soil. During the growing season, an increase in the number of nitrogen-fixing bacteria and bacteria consuming mineral forms of nitrogen, oligonitrophils was noted. The soil had increased cellulolytic and enzymatic activity.

Keywords: soil, strain, bacterium, microorganism, microbiological activity, plant, growth, development

Acknowledgments: the study of the growth-promoting activity of native soil bacterial strains and their influence on the microbiological activity of soils was supported by a grant from the Government of the Novosibirsk Region to young scientists, No. 39658, topic: "Expanding the range of native soil bacterial strains for the production of biopreparations and plant growth stimulants". The authors thank the reviewers for their contribution to the expert assessment of this work.

Введение. В современных вызовах сельскому хозяйству связанных с обеспечением продовольственной безопасности страны, главное значение занимают устойчивое развитие земледелия, сохранение плодородия почв и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Антропогенная нагрузка на почву, интенсивность которой постоянно возрастает, оказывает воздействие на агроэкосистемы. Возрастающий пестицидный стресс увеличивает вероятность загрязнения продукции растениеводства. В связи с этим, актуальным является разработка и применение в АПК биотехнологий, направленных на оздоровление агросистем. Одним из востребованных

направлений биотехнологии, является ЭМ-технология, которая позволяет решать фитосанитарные проблемы в агроценозах, улучшать здоровье и плодородие почвы, тем самым производить экологически безопасную продукцию, не применяя для этого химические средства [1,2,3].

Почвенные микроорганизмы выполняют крайне важную роль в очищении различных соединений, которые поступают в почву. За последние три десятилетия наметился возрастающий интерес к исследованию полезных почвенных микроорганизмов. В частности, ряд микроорганизмов, которые присутствуют в почве получили значительное внимание

касательно их способности стимулировать рост растений, а также благодаря их антагонистическим свойствам в отношении почвенных фитопатогенных микромицетов [4,5,6].

Практический интерес к биологическим препаратам обусловлен тем, что они создаются на основе микроорганизмов, выделенных из природных биоценозов, не загрязняют окружающей среды и безопасны для животных и человека. Высокую экологическую и экономическую эффективность этих технологий обуславливают микробные препараты, способные улучшать азотное и фосфорное питание растений, обладают антагонистическими и ростостимулирующими свойствами.



В настоящее время для производства биологических препаратов используются бактерии видов *Bacillus subtilis*, *B. turiughiensis*, трех видов *Pseudomonas*, двух видов стрептомицетов, трех видов грибов, бакуловирусов и вирусов гранулема [7]. Использование бактерий рода *Bacillus*, как биоагентов микробных препаратов, имеет ряд преимуществ: данные микроорганизмы легко культивируются, могут длительное время храниться, а также использоватьсь в виде спор, что облегчает инокуляцию посевного материала и пролонгирует длительность действия биопрепарата в природной среде.

Представители рода *Bacillus* являются одной из основных групп микробного сообщества почвы и ризосфера растений. Многие выделенные штаммы бацилл обладают рядом хозяйствственно ценных свойств. Они способны продуцировать антибиотики, сидерофоры, литические ферменты, токсины, фитогормоны и витамины, обладают способностью фиксировать азот атмосферы. Важной особенностью бацилл является их высокая конкурентоспособность при колонизации растений [8].

В Белоруссии учеными были проведены исследования микробного препарата на основе штаммов азотфиксацирующих и фосфатомобилизующих бактерий, а также инокулюма арбукулярно-микоризных грибов в посевах прямых трав. Было выявлено, что применение препарата позволило увеличить урожайность зеленой массы базилика обыкновенного в 1,5 раза, укропа пахучего — в 1,2 раза. Обработка семян, корневой системы растений и посевов трав повысила в почве количество фосфатомобилизующих и олигонитрофильных (в том числе азотфиксацирующих) бактерий, а также микроорганизмов, усваивающих органические и минеральные формы азота [9].

Инокуляция семян сои биологическими препаратами положительным образом влияет на биологическую активность почвенно-го комплекса и на развитие растений. Выявлена высокая положительная корреляция между микробиологической активностью почвы и показателями продуктивности сои [10]. К настоящему времени накоплен большой экспериментальный материал, доказывающий огромное значение почвенной микробиоты в жизни высшего растения.

Несмотря на широкий ассортимент микробиологических препаратов и их разнонаправленное действие, продолжается поиск культур микроорганизмов, стимулирующих рост растений (plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR)), а также обладающих антагонистическими свойствами в отношении основных экономически значимых фитопатогенов. В условиях импортозамещения актуальным является поиск аборигенных штаммов бактерий из почв страны для дальнейшего их использования в создании и производстве биологических препаратов и стимуляторов роста для сельскохозяйственных растений.

Цель исследований: изучить влияние штаммов бактерий, выделенных из почв Новосибирской области, на биометрические показатели роста растений и на микробиологическую активность почвы.

Новизна исследований. Впервые в условиях лесостепи Приобья изучено влияние аборигенных штаммов почвенных бактерий на развитие сельскохозяйственных растений и на микробиологическую активность почвы. Доказано положительное влияние консорциума або-

ригенных почвенных бактерий на ростовые процессы редиса, пшеницы и урожайность баклажана. Отмечено снижение фитопатогенов в почве на фоне увеличения численности антагонистов. Выявлена тенденция увеличения численности азотфиксацирующих бактерий, бактерий, потребляющих минеральные формы азота, олигонитрофилов с повышением целлюлолитической и ферментативной активностью почвы.

Материалы и методы. В лаборатории микробиологии Новосибирского ГАУ создана уникальная коллекция аборигенных штаммов бактерий сибирских почв, которые обладают потенциально полезными агрономическими свойствами. Коллекция ежегодно пополняется новыми штаммами, содержит 30 культур почвенных бактерий рода *Bacillus* spp., *Azotobacter* spp., *Cytophaga* spp., *Sporocytophaga* spp., отобранных в течении 2017-2023гг. Штаммы бактерий хранятся в пробирках на твердой агаризированной среде (мясопептонный агар, агар Эшби и Гетчинсона), пересев проводится один раз в месяц.

Оценку стимулирующей активности почвенных бактерий (plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR)), проводили методом проращивания семян сельскохозяйственных культур (редис сорта Жара, пшеница Алтайская 325, баклажан Черный красавец, Галич) методом влажной камеры, обработанных суспензией бактерий. Использовали культуры бактерий из коллекции, которые выращивали одни сутки на питательной среде (титр 10^8 , 10^9). Обработка семян по вариантам опыта проводилась вручную в день посева. Вода, используемая для приготовления растворов препаратов с микроорганизмами, была предварительно отстояна от ионов хлора. Семена держали 20 минут в суспензии, далее раскладывали в чашки Петри (повторность 5-кратная), учет биометрических показателей проводили на 3-и и 7-е сутки.

Полевые исследования по влиянию культур бактерий на микробиологическую активность почвы проводили на опытных полях ОПХ «Тулунское», расположенных в северной лесостепи Приобья в 2022-2024гг. Климат данной территории характеризуется большой изменчивостью температуры, влажности и других метеорологических элементов, как в годовом, так и в суточном ходе. Лето теплое, в отдельные дни жаркое. Средняя температура воздуха самого теплого месяца в году (июль) $18,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум 39°C . Средняя температура воздуха самого холодного месяца в году (январь) $-19,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум -46°C .

Годовое количество осадков 367 мм. Две трети осадков (285 мм.) выпадает за теплый период года и одна треть (82 мм.) — в виде снега. Преобладающее направление ветра юго-западное. Из трех лет исследований, два года были увлажненными (2022, 2024 гг.), один — засушливый (2023 г.).

Почва — выщелоченный чернозем средней мощности, по механическому составу среднесуглинистые, pH 6. Рельеф спокойный, выровненный, с небольшими включениями в виде блюдец и западин со слаженными краями [11].

Для выращивания баклажана были использованы «теплые грядки», заполненные почвом-месью: перегной с черноземом, выщелоченным в соотношении 1:3. Размер опытных грядок $1 \times 4\text{m}$, повторность 3-кратная. Почву для анализа отбирали в десяти точках грядки по диагонали. При этом верхний слой (2 см) снимали и почву набирали с глубины 5–15 см. Таким образом,

получали смешанный образец для микробиологического анализа. Контролем в полевом эксперименте служили грядки без обработки почвы суспензией бактерий, опыт — обработка грядок каждые 2 недели суспензией бактерий, содержащим 10^8 КОЕ на 1 мл рабочего раствора. Отбор почвенных образцов проводили в начале (июне) и середине (июле) вегетации.

Численность основных групп микроорганизмов определяли общепринятым методом высева на плотные селективные питательные среды. Протеолитическую, целлюлозолитическую активность почвы определяли аппликационным методом по интенсивности разложения желатины рентгенопленки за 7 дней и хлопчатобумажной ткани за вегетационный период [12].

Объектами исследований являлись штаммы бактерий, выделенных из почвы Новосибирской области: 201, 35, 23, 106, 26, 196, а также консорциумы почвенных бактерий *Bacillus megaterium* 29, *Bacillus subtilis* 149-4.

Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием пакетов программ SNEDECOR и STATISTICA 6.0 для Windows.

Результаты и обсуждение. Для обработки семян редиса применяли штаммы бактерий из коллекции лаборатории следующих номеров: 201, 35, 23, 106, 26, 196 (титр 10^8 , 10^9). Все они относятся к роду *Bacillus* spp.

Согласно полученным данным, консорциум штаммов бактерий оказал неоднозначное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян редиса (табл.1). Увеличение энергии прорастания в среднем составило 11,1%, тогда как уменьшение этого показателя было на уровне 12,7%. Уменьшение энергии прорастания выявлено в 6 вариантах из 10. Увеличение всхожести составило среднем на 9,9%, уменьшение этого показателя было в 1,1 раза по сравнению с контролем. Два штамма бактерий 201×10^8 и 23×10^8 показали наилучший результат в увеличении рассматриваемых показателей, штамм 26×10^8 уменьшил и энергию прорастания, и всхожесть.

Изучение биометрических показателей проростков и корней редиса на ранних этапах онтогенеза показало, что консорциум исследуемых микроорганизмов оказывает положительное влияние на ростовые процессы культуры (табл. 2).

В результате эксперимента было выявлено положительное влияние штаммов бактерий 106, 201, 23, 26 в минимальной концентрации на длину зародышевых органов редиса. Максимальное увеличение длины корней и проростков после обработки семян редиса штаммами бактерий отмечено в варианте 23×10^8 в среднем на 38,1%.

Таким образом, обработка семян редиса сорта «Жара», культурами микроорганизмов 106×10^8 , 201×10^8 , 23×10^8 , 26×10^8 показала положительную динамику на рост и развитие растений. Максимальный ростостимулирующий эффект отмечен в варианте со штаммом 23×10^8 . Такой результат может быть связан с тем, что при применении этих штаммов бактерий качественно улучшается питание растений, что выражается в усилении процессов роста и развития растений, и в последствии может привести к повышению урожайности культуры.

Для изучения ростостимулирующего эффекта штаммов бактерий *Bacillus megaterium* 201 и *Bacillus subtilis* 106, выделенных из луговых почв Новосибирской области, использовали семена пшеницы сорта Алтайская 325 (табл. 3).



Таблица 1. Влияние штаммов бактерий на энергию прорастания и всхожесть редиса сорта Жара, %
Table 1. The effect of bacterial strains on the germination energy and germination of radish of the Zhara variety, %

Вариант	Энергия прорастания	Откл. от контр., %	Всхожесть	Откл. от контр., %
Контроль (без обработки)	75,0	-	80,00	-
106×10^8	72,5	-1,3	82,50	+3,1
106×10^9	62,5	-16,7	80,00	-
201×10^8	82,5	+10,0	92,50	+15,6
201×10^9	75,0	-	85,00	+6,3
23×10^8	80,0	+6,7	90,00	+12,5
23×10^9	67,5	-10,0	85,00	+6,3
26×10^8	62,5	-16,7	65,00	-18,8
26×10^9	52,5	-30,0	92,50	+15,6
196×10^8	87,5	+16,7	75,00	-6,3
196×10^9	72,5	-1,3	80,00	-
HCP ₀₅	1,7		2,1	

Таблица 2. Влияние штаммов бактерий на биометрические показатели редиса сорта Жара
Table 2. The influence of bacterial strains on biometric indicators of radish Zhara variety

Вариант	Длина корней, см	Откл. от контр., %	Длина проростков, см	Откл. от контр., %
Контроль (без обработки)	3,9	-	2,2	-
106×10^8	4,0	+2,7	2,6	+18,2
106×10^9	3,5	-10,3	2,3	+4,5
201×10^8	4,5	+15,4	2,4	+9,1
201×10^9	3,1	-20,6	3,2	+45,5
23×10^8	5,3	+35,9	3,1	+40,9
23×10^9	2,7	-30,8	2,4	+9,1
26×10^8	4,5	+15,4	2,6	+18,2
26×10^9	4,3	+10,3	2,1	-4,5
196×10^8	4,0	+2,7	1,9	-13,3
196×10^9	2,9	-25,6	2,7	+22,7
HCP ₀₅	0,5		0,4	

Таблица 3. Влияние штаммов бактерий на всхожесть пшеницы сорта Алтайская 325
Table 3. The influence of bacterial strains on the germination of wheat of the Altai 325 variety

Вариант	Всхожесть, %	Откл. от контр., %
Контроль (без обработки)	73,0	-
<i>Bacillus megaterium</i> 201×10^8	89,0	+21,9
<i>Bacillus megaterium</i> 201×10^9	81,0	+10,9
<i>Bacillus megaterium</i> 201×10^{10}	83,0	+13,7
<i>Bacillus subtilis</i> 106×10^8	82,0	+12,3
<i>Bacillus subtilis</i> 106×10^9	80,0	+9,6
<i>Bacillus subtilis</i> 106×10^{10}	81,0	+10,9
HCP ₀₅	2,9	

Таблица 4. Влияние штаммов бактерий на биометрические показатели пшеницы сорта Алтайская 325
Table 4. The influence of bacterial strains on biometric indicators of wheat of the Altai 325 variety

Вариант	Длина корней, см	Откл. от контр., %	Длина проростков, см	Откл. от контр., %
Контроль (без обработки)	8,3	-	7,3	-
<i>Bacillus megaterium</i> 201×10^8	8,9	+7,2	9,9	+35,6
<i>Bacillus megaterium</i> 201×10^9	8,7	+4,8	8,5	+16,4
<i>Bacillus megaterium</i> 201×10^{10}	8,6	+3,6	9,0	+23,3
<i>Bacillus subtilis</i> 106×10^8	8,9	+7,2	8,7	+19,2
<i>Bacillus subtilis</i> 106×10^9	8,9	+7,2	7,4	+1,3
<i>Bacillus subtilis</i> 106×10^{10}	8,7	+4,8	7,9	+8,2
HCP ₀₅	0,4		0,4	

Оба исследуемых штамма бактерий показали положительный эффект на всхожесть семян пшеницы. Максимальное увеличение всхожести семян отмечено после обработки семян штаммами бактерий с титром 10^8 . При обработке *Bacillus megaterium* 201×10^8 отклонение от контроля составило +21,9%, а при обработке штаммом *Bacillus subtilis* 106×10^8 выявленное отклонение составило +12,3%.

Оба штамма бактерий оказали положительное влияние на рост и развитие органов пшеницы (табл. 4). Выявлена та же тенденция, что и при учете всхожести растений.

Во всех вариантах наблюдается увеличение подземных и наземных органов. Наибольший рост показали растения, семена которых были обработаны *Bacillus megaterium* 201×10^8 и *Bacillus subtilis* 106×10^8 .

Для определения влияния консорциума бактерий на микробиологическую активность почвы был проведен полевой эксперимент по выращиванию баклажана (табл. 5).

Согласно, полученным данным в начале вегетации применение штаммов бактерий *Bacillus megaterium* 201×10^8 и *Bacillus subtilis* 106×10^8 оказалось неоднозначное влияние на группы почвенных микроорганизмов. Так, на количество бактерий-аммонификаторов консорциум микроорганизмов не оказал существенного влияния, по сравнению с контролем их численность была примерно на одном уровне. Наблюдалось численное преимущество бацилл, что свидетельствует об усилении процессов аммонификации за счет интенсивного разложения азотсодержащих органических веществ.

На численность групп бактерий, усваивающих минеральный азот, консорциум оказал положительное влияние. Так, в опытном варианте их численность увеличилась в 5 раз по сравнению с контролем. В этот же период учета отмечен рост олигонитрофилов, группы микроорганизмов, которые характерны для почв с низким содержанием питательных веществ.

Отмечено снижение численности микромицетов в 2,5 раза. Фитопатогенных грибов рода *Fusarium* spp. не выявлено, но преобладали грибы рода *Penicillium* spp., которые являются потенциально токсигенными и могут указывать на сдвиги в почвенном микробоценозе, увеличивая вероятность повышения уровня фитоксичности почвы. В опытном варианте отмечено активное развитие грибов-антагонистов *Trichoderma* spp., ее наличие свидетельствует об улучшении фитосанитарного состояния почвы после применения штаммов *Bacillus megaterium* 201×10^8 и *Bacillus subtilis* 106×10^8 .

В середине вегетации положительная динамика увеличения численности групп почвенных микроорганизмов усилилась, за исключением количества микромицетов (табл. 6).

Согласно полученным данным, выявлено незначительное снижение численности микромицетов, вероятно связанное с повышением супрессивности почвы при применении консорциума штаммов бактерий *Bacillus megaterium* 201×10^8 и *Bacillus subtilis* 106×10^8 .

Количество бактерий, потребляющих органические формы азота повысились в 6 раз и процесс аммонификации преобладал в опытном варианте.

Численность азотфикссирующих бактерий в почвах на протяжении всего периода исследований оставалась высокой, за счет развития олигонитрофилов, причем по сравнению





Таблица 5. Влияние консорциума штаммов бактерий на микробиологическую активность почвы в технологии выращивания баклажана (начало вегетации), КОЕ/1г почвы

Table 5. The influence of a consortium of bacterial strains on the microbiological activity of the soil in eggplant cultivation technology (beginning of vegetation), CFU/1g of soil

Вариант	Грибы	Бактерии		Олиго-нитрофилы	
		ЧА×10 ³	МПА×10 ⁵	КАА×10 ⁵	ГА×10 ⁵
Контроль	10,7*	0,5	0,8	0,3	
Опыт	4,3*	0,6	4,4*	0,7	
HCP ₀₅	5,7	0,2	2,8	0,4	

Примечание: ЧА — агар Чапека, МПА — мясопептонный агар, КАА — крахмалоаммиачный агар, ГА — голодный агар

с контролем их численность увеличилась в 2,5 раза, а по сравнению с началом вегетации в 9 раз. Численность бактерий на КАА увеличилась в 5,5 раз по сравнению с контрольным вариантом. Количество иммобилизаторов в вариантах снизилось по сравнению с началом вегетации. Это может быть связано с тем, что увеличилась численность аммонофиксаторов из-за активного высвобождения азота в почве.

Для определения целлюлолитической активности почвы нами был рассмотрен показатель интенсивности разложения хлопчатобумажной ткани за вегетационный период микроорганизмами. Разложение целлюлозы имеет связь с процессами гумусообразования и формирования водопрочной структуры почв. Этот процесс осуществляется комплексом специфических микроорганизмов (грибов и бактерий, включая актиномицетов), характеризующихся различной требовательностью к экологическим факторам.

По нашим данным, в контроле развивались темноокрашенные микромицеты рода *Dematiitum* spp., а в опыте превалировали бактерии рода *Sporocytophaga* spp. и активность разложения волокна была более интенсивна в опыте.

Так, аэробные целлюлозоразрушающие микроорганизмы снижают деятельность в контролльном варианте. Следовательно, замедляется трансформация растительного вещества, что, несомненно, влияет на процессы структурообразования и водоудерживающую способность почв.

Таблица 7. Влияние консорциума штаммов бактерий на протеолитическую активность почвы по разложению рентгеновской пленки
Table 7. The effect of a consortium of bacterial strains on the proteolytic activity of soil for the decomposition of X-ray film

Вариант	% разложения рентгеновской пленки
Контроль	77,6
Опыт	97,7*
HCP ₀₅	17,2

Таблица 8. Влияние консорциума штаммов бактерий на биометрические показатели баклажана сортов Черный красавец и Галич (среднее)

Table 8. The influence of a consortium of bacterial strains on the biometric parameters of eggplant Black Beauty and Galich varieties (average)

Вариант	Начало вегетации		Середина вегетации	
	Высота растений, см	Площадь листовой пластиинки, см ²	Высота растений, см	Площадь листовой пластиинки, см ²
Контроль	14,4	59,7	19,6	116,9
Опыт	13,5	106,1	26,2	183,5
HCP ₀₅	1,0	1,8	1,04	1,3

Таблица 6. Влияние консорциума штаммов бактерий на микробиологическую активность почвы в технологии выращивания баклажана (середина вегетации), КОЕ/1г почвы

Table 6. The influence of a consortium of bacterial strains on the microbiological activity of the soil in eggplant cultivation technology (mid-vegetation of vegetation), CFU/1g of soil

Вариант	Грибы	Бактерии		Олиго-нитрофилы	
		ЧА×10 ³	МПА×10 ⁵	КАА×10 ⁵	ГА×10 ⁵
Контроль	7,6		1,5*	1,6	2,5*
Опыт	6,8		8,9*	1,7	6,3*
HCP ₀₅	3,2		1,8	1,1	0,4

Примечание: ЧА — агар Чапека, МПА — мясопептонный агар, КАА — крахмалоаммиачный агар, ГА — голодный агар

Результаты по определению влияния штаммов бактерий на ферментативную активность свидетельствуют о высокой протеолитической активности почвы и достаточном содержании подвижного азота (табл.7).

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений в течение вегетации показали, что наступление фенофаз у всех изученных сортов происходит на 1-2 дня раньше, чем в контроле (табл. 8).

Так, в начале вегетации высота растений как в опытном, так и в контрольном вариантах была практически на одном уровне, однако, площадь листовой пластиинки была больше в опытном варианте в 1,8 раза.

В середине вегетации, после двукратной обработки консорциумом штаммов высота растений увеличилась 1,3 раза по сравнению с контролем, а площадь листовой пластиинки в 1,6 раз.

Результаты исследования показали, что применение консорциума бактерий *Bacillus megaterium* 201×10⁸ и *Bacillus subtilis* 106×10⁸ увеличивает урожайность баклажана (табл. 9).

Так урожайность сорта Черный красавец в среднем составила 4,2–4,8 кг/м², увеличение урожайности данного сорта по сравнению с контролем составило 0,3 кг/м², урожайность сорта Галич в опытном варианте превысила контрольную на 1,3 кг/м². Увеличение урожайности в среднем по опыту составило 11,5%.

Заключение. Был проведен комплексный анализ аборигенных штаммов бактерий рода *Bacillus* spp., выделенных из почв Новосибирской области для выявления агрономически полезных бактерий, обладающих ростостимулирующими свойствами, а также способных улучшать микробиологическую активность и супрессивность почвы.

Штаммы бактерий рода *Bacillus* spp. 106×10⁸, 201×10⁸, 23×10⁸, 26×10⁸ обладали хорошими ростостимулирующими свойствами. Энергия прорастания семян редиса в среднем увеличилась на 11%, всхожесть на 9,9%, длина корней на 22,2%, длина проростков на 25,8%. Максимальный ростостимулирующий эффект отмечен

в варианте со штаммом 23×10⁸. Увеличение всхожести семян пшеницы при обработке культурами бактерий *Bacillus megaterium* 201 и *Bacillus subtilis* 106 в среднем составило +17,1%. Оба штамма бактерий оказали положительное влияние на рост и развитие органов пшеницы. Наступление фенологических фаз баклажана в полевом эксперименте наступало раньше на 1-2 дня в опытном варианте. Отмечено увеличение высоты растений 1,3 раза по сравнению с контролем и площади листовой пластиинки в 1,6 раз. Это объясняется тем, что при применении культур микроорганизмов может улучшаться питание растений, что выражается в усилении процессов их роста и развития.

Выявлено положительное влияние штаммов бактерий *Bacillus megaterium* и *Bacillus subtilis* на микробиологическую активность почвы. Так, отмечено полное отсутствие в почве фитопатогенных микромицетов рода *Fusarium* spp. и небольшое количество грибов рода *Penicillium* наряду с увеличением численности антагонистов рода *Trichoderma* в опытном варианте.

К середине вегетации отмечено увеличение численности всех групп почвенных микроорганизмов. Максимально возросла численность азотфиксировавших бактерий в почве в 9 раз по сравнению с началом вегетации, а численность бактерий на КАА увеличилась в 5,5 раз по сравнению с контрольным вариантом. Наблюдалось численное преимущество бацилл, что свидетельствует об увеличении процессов аммонификации за счет интенсивного разложения азотсодержащих органических веществ. Почка обладала повышенной целлюлолитической и ферментативной активностью почвы при обработке ее консорциумом бактерий.

Таким образом, было выявлено 6 штаммов аборигенных почвенных бактерий рода *Bacillus*, которые обладали агрономически полезными свойствами. Полученные нами результаты подтверждают ранее проведенные исследования о положительном влиянии почвенных бактерий рода *Bacillus* spp. на развитие растений и здоровье почвы.

Таблица 9. Влияние консорциума штаммов бактерий на урожайность баклажанов, %

Table 9. Effect of a consortium of bacterial strains on eggplant yield, %

Вариант	Урожайность, кг/м ²	
	Галич	Черный красавец
Контроль	8,2	4,2
Опыт	9,5	4,5
HCP ₀₅	0,2	1,1

**Список источников**

1. Rabiey M., Luke H., Shjamali R. [et al.] Endophytes vs tree pathogens and pests: can they be used as biological control agents to improve tree health? // European Journal of Plant Pathology. 2019. Vol. 155. pp. 711-729.
 2. Minchev Z., Kostenko O., Soler R., Pozo M.J. Microbial Consortia for Effective Biocontrol of Root and Foliar Diseases in Tomato // Frontiers of Plant Science. 2021. Vol. 12. pp. 2-12.
 3. Стифеев А.И., Лазарев В.И., Никитина О.В. Роль микроорганизмов в круговороте веществ и почвенном плодородии Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 9. С. 22-29.
 4. Торопова Е.Ю., Кудрявцев А.Е., Стецов Г.Я., Селюк М.П. Заселенность почвы засушливой Кулундинской зоны Алтая фитопатогеном *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 12-15.
 5. Торопова Е.Ю., Кудрявцев А.Е., Стецов Г.Я., Селюк М.П. Факторные критерии оценки здоровья сибирских почв. Агрохимия. 2020. № 5. С. 3-11.
 6. Жевнова Н.А., Аллахвердян В.В., Асатурова А.М. Микроорганизмы сельскохозяйственного назначения из Биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 7. С. 22-27.
 7. Монастырский О.А. Биопрепараты: типы, рынки в России и в других странах // Агрохимия. 2019. № 11. С. 86-90.
 8. Zavalin A., Chebotar V., Alferov A. [et al.] Nitrogen use by plants and nitrogen flows after application of standard and biomodified nitrogen fertilizers on barley // Biological Communications. 2021. Vol. 66. No. 4. pp. 283-289.
 9. Bosak V.N., Savchenko T.B., Akulich M.P., Alekshenkova Z.M., Klyshevich N.G. (2020). *Primenenie mikrobnogo preparata Agromik pri vozdelyvanii pyano-aromaticeskikh kul'tur* [Application of the microbial preparation Agromik in the cultivation of spicy and aromatic crops]. Vestnik Belaruskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, no. 2, pp. 117-121.
 10. Москвичев А.Ю., Агапова С.А. Биологическая активность почвы в связи с предпосевной инокуляцией семян сои на двух режимах орошения светло-каштановой почвы // Известия Нижневоложского агрониверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4(72). С. 49-58.
 11. Семеняева Н.В., Галеева Г.П., Мармулев А.Н. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование. Учебно-практическое пособие. Новосибирск. 2022. 187c.
 12. Асеева И.В., Бабьева И.П., Бызов Б.А. [и др.] Методы почвенной микробиологии и биохимии. Москва. 1991. 304c.
- References**
1. Rabiey M., Luke H., Shjamali R. [et al.] (2019). Endophytes vs tree pathogens and pests: can they be used as biological control agents to improve tree health? European Journal of Plant Pathology, vol. 155, pp. 711-729.
 2. Minchev Z., Kostenko O., Soler R., Pozo M.J. (2021). Microbial Consortia for Effective Biocontrol of Root and Foliar Diseases in Tomato. Frontiers of Plant Science, vol. 12, pp. 2-12.
 3. Stifeev A.I., Lazarev V.I., Nikitina O.V. (2019). *Rol' mikroorganizmov v krugovorote veshchestv i pochvennom plodordii Tsentral'nogo Chernozem'ya* [The role of microorganisms in the circulation of substances and soil fertility of the Central Chernozem region]. Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, no. 9, pp. 22-29.
 4. Торопова Е.Ю., Кудрявцев А.Е., Стецов Г.Я., Селюк М.П. (2020). *Zaselennost' pochvy zasushlivoj Kulundinskoy zony Altaya fitopatogenom Bipolaris sorokiniana Sacc. Shoem* [The population of the soil of the arid Kulunda zone of Altai with the phytopathogen Bipolaris sorokiniana Sacc. Shoem]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK, vol. 34, no. 1, pp. 12-15.
 5. Торопова Е.Ю., Кудрявцев А.Е., Стецов Г.Я., Селюк М.П. (2020). *Faktologicheskie kriterii otseki zdorov'ya sibirskikh pochv* [Factological criteria for assessing the health of Siberian soils]. Agrokhimiya, no. 5, pp. 3-11.
 6. Zhevnova N.A., Allakhverdyan V.V., Asaturova A.M. (2024). *Mikroorganizmy sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya iz Bioresursnoj kollekcii FGBNU FNCBZR* [Microorganisms for agricultural purposes from the Bioresource collection of the Federal State Budgetary Budgetary Institution FNTSBZR]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK, vol. 38, no. 7, pp. 22-27.
 7. Monastyrskij O.A. (2019). *Biopreparaty: tipy, rynki v Rossii i v drugikh stranakh* [Biologics: types, markets in Russia and other countries]. Agrokhimiya, no. 11, pp. 86-90.
 8. Zavalin A., Chebotar V., Alferov A. [et al.] (2021). Nitrogen use by plants and nitrogen flows after application of standard and biomodified nitrogen fertilizers on barley. Biological Communications, vol. 66, no. 4, pp. 283-289.
 9. Bosak V.N., Sachivko T.V., Akulich M.P., Aleshchenkova Z.M., Klyshevich N.G. (2020). *Primenenie mikrobnogo preparata Agromik pri vozdelyvanii pyano-aromaticeskikh kul'tur* [Application of the microbial preparation Agromik in the cultivation of spicy and aromatic crops]. Vestnik Belaruskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, no. 2, pp. 117-121.
 10. Москвичев А.Ю., Агапова С.А. (2023). *Biologicheskaya aktivnost' pochvy v svyazi s predposevnoi inokulyatsiei semyan soi na dvukh rezhimakh orosheniya svetlo-kashtanovo-pochvy* [Soil biological activity in connection with pre-sowing inoculation of soybean seeds under two irrigation regimes of light chestnut soil]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie, no. 4(72), pp. 49-58.
 11. Semenyaeva N.V., Galeeva G.P., Marmulev A.N. (2022). *Pochvy Novosibirskoi oblasti i ikh sel'skokhozyaistvennoe ispol'zovaniye* [Soils of the Novosibirsk region and their agricultural use], Novosibirsk, 187c.
 12. Aseeva I.V., Bab'eva I.P., Byzov B.A. [i dr.] (1991). *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry], Moscow, 304p.

Информация об авторах:

Селюк Марина Павловна, кандидат биологических наук, доцент кафедры защиты растений,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6468-4750>, SPIN-код: 6295-1813, mpseluyck@inbox.ru

Матенкова Елена Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и земледелия,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5062-8889>, SPIN-код: 9635-0455, lenamatenkova@mail.ru

Information about the authors:

Marina P. Selyuk, candidate of biological sciences, associate professor of the department of plant protection,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7263-9239>, SPIN-code: 6295-1813, mpseluyck@inbox.ru

Elena A. Matenkova, candidate of biological sciences, associate professor of the department of agrochemistry, soil science and agriculture,
ORCID:<http://orcid.org/0000-0002-5062-8889>, SPIN-code: 9635-0455, lenamatenkova@mail.ru

mpseluyck@inbox.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»**Международный журнал прикладных наук
и технологий «INTEGRAL»** издается 6 раз в год.

- Стратегический научный партнер журнала
«Государственный университет по землеустройству».
- **INTEGRAL** цитируется в РИНЦ, Google Scholar, КиберЛенинке.
- Научным публикациям присваивается международный цифровой индикатор DOI.
- Журнал участник программы **открытого доступа** к научным публикациям.

Контакты: <https://e-integral.ru>, e-science@list.ru

