

Оригинальная статья / Original article
УДК 579.83:579.64:632.937
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90

Влияние биологического средства защиты растений на микробиоценоз сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата

Динара Г. Баубекова¹ , Ольга Б. Сопрунова², Шамиль Б. Байрамбеков³,
Екатерина В. Полякова³

¹Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия

²Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

³Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, структурное подразделение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства», Камызяк, Россия

Контактное лицо

Динара Г. Баубекова, старший специалист Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»); 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1.
Тел. +7(8512)441678
Email suslig.zenia@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3288-9487>

Формат цитирования

Баубекова Д.Г., Сопрунова О.Б., Байрамбеков Ш.Б., Полякова Е.В. Влияние биологического средства защиты растений на микробиоценоз сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 78-90. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90

Получена 26 августа 2019 г.

Прошла рецензирование 30 октября 2019 г.

Принята 20 декабря 2019 г.

Резюме

Цель. Изучить влияние биологического средства защиты растений на состояние микробиоценоза сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата Астраханской области.

Материал и методы. Объектами исследования являлись сельскохозяйственные почвы, находящиеся в Камызякском районе Астраханской области. В ходе эксперимента почвы обрабатывались средством на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474. Исследования проводили по общепринятым микробиологическим и агрономическим методикам. Постановку полевого опыта осуществляли по общепринятой методике полевых и вегетационных опытов на полях стратегического партнера ООО «Надежда-2» при выращивании картофеля.


Результаты. Сельскохозяйственные почвы исследованы по агрохимическим, агрофизическим и микробиологическим показателям. Выявлены микроорганизмы, участвующие в минерализации органического вещества в почвах и мобилизации питательных элементов. Установлено действие средства на интенсивность протекания мобилизационных процессов в почве и активизацию разложения и минерализации органических веществ. Применение средства способствует снижению численности микромицетов в исследуемой почве и на возделываемых культурах. Средство защиты растений оказывает влияние на уменьшение заболеваемости, повышение урожайности картофеля, увеличение массы клубней, снижение количества больных клубней.

Заключение. Применение биологического средства защиты растений положительно действует на формирование микробиоценоза и фитосанитарное состояние исследуемых сельскохозяйственных почв, а также улучшение характеристик возделываемой на ней сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова

Микроорганизмы рода *Bacillus*, биологическое средство защиты растений, апробация, бесpestицидные технологии, сельское хозяйство.

Influence of biological means of plant protection on the microbiocenosis of agricultural soils in arid climate conditions

Dinara G. Baubekova¹ , Olga B. Soprunova², Shamil B. Bayrambekov³ and Ekaterina V. Polyakova³

¹Volga-Caspian Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography

(Caspian Fisheries Research Institute), Astrakhan, Russia

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

³Caspian Federal Agricultural Research Centre, Russian Academy of Sciences - All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Cultivation structural subdivision, Kamyzyak, Russia

Principal contact

Dinara G. Baubekova, Senior Specialist, Volga-Caspian Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (Caspian Fisheries Research Institute), 1 Savushkina St, Astrakhan, Russia 414056.

Tel. +7(8512)441678

Email suslig.zenia@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3288-9487>

How to cite this article

Baubekova D.G., Soprunova O.B., Bayrambekov Sh.B., Polyakova E.V. Influence of biological means of plant protection on the microbiocenosis of agricultural soils in arid climate conditions. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 78-90. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90

Received 26 August 2019

Revised 30 October 2019

Accepted 20 December 2019

Abstract

Aim. To study the effects of a biological plant protection agent on the state of the microbiocenosis of agricultural soils in the arid climate of the Astrakhan region.

Material and Methods. The objects of study were agricultural soils located in the Kamyzyaksky district of the Astrakhan region. During the experiment the soils were treated with *Bacillus atrophaeus* ACIM B-11474. Studies were carried out in accordance with generally accepted microbiological and agronomic techniques. Field experiments were undertaken according to the generally accepted methodology of field and vegetation experimentation in the fields of strategic partner LLC Nadezhda-2 when growing potatoes.

Results. Agricultural soils were investigated for agrochemical, agrophysical and microbiological indicators. Microorganisms involved in the mineralization of organic matter occurring in soil and the mobilization of nutrients were identified. The effect of the agent on the intensity the mobilization processes in the soil and on the activation of decomposition and mineralization of organic substances has been established. The use of the agent helped reduce the number of micromycetes in the soil and on cultivated crops studied. Plant protection has an impact on reducing their incidence, increases potato yields, increases the mass of tubers and reduces the number of diseased tubers.

Conclusion. The use biological plant protection agent has a positive effect on the formation of the microbiocenosis and on the phytosanitary condition of the agricultural soils studied, as well as improving the characteristics of agricultural products cultivated on them.

Key Words

Microorganisms of the genus *Bacillus*, biological plant protection product, approbation, non-pesticide technologies, agriculture.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время агробиоценозы подвергаются разнообразному антропогенному воздействию, которое оказывает негативное влияние на их фитосанитарное состояние и продуктивность. Наибольшую экологическую опасность в ухудшении функционирования агробиоценозов представляют химические средства защиты растений. В целом мировая практика применения пестицидов свидетельствует об их потенциальной опасности. Установлено, что только около 10% используемых препаратов достигают своей «цели» и обеспечивают заданный токсический эффект. Остальная часть распределяется в окружающей среде, загрязняя ее и негативно влияя на другие организмы. При этом остаточные количества аккумулируются в трофических цепях и сельскохозяйственных культурах, приводя к получению экологически неполноценной продукции [1; 2].

Отрицательное воздействие пестицидов связано в первую очередь с изменением состава и разрушением структуры биогеоценозов, в которых отдельные виды организмов тесно взаимосвязаны друг с другом. Их использование приводит к перестройке экологической обстановки в почве и изменению ее микробиоценоза. Происходит угнетение одних групп микроорганизмов и стимулирование развития других, способных зачастую к синтезу различных фитотоксичных веществ и приводящих в итоге к усилению негативного действия применяемых химических препаратов [3; 4].

Важной проблемой внедрения химических средств защиты растений в агробиоценозы является развитие резистентности у вредоносных агентов. Данная проблема приводит к необходимости использования новых химических препаратов, к которым еще не сформирована устойчивость, или же к увеличению доз применяемых препаратов и кратности обработок. Появление резистентности к пестицидам влияет на скорость распространения вредоносных агентов и на интенсивность протекания паталогических процессов [4; 5].

Применение данных препаратов вызывает изменения состава и структуры популяций агробиоценоза; сводит к минимуму его естественную регуляцию; приводит к загрязнению почв, сельскохозяйственной продукции и, как следствие, развитию резистентности возбудителей заболеваний к применяемым препаратам [1; 3].

В агрономической системе защитных мероприятий в качестве альтернативы применению пестицидов разрабатывается концепция фитосанитарной оптимизации агроэкосистем за счет замены химических препаратов биологическими [6; 7].

Биологический метод основывается на формировании защитных механизмов естественным путем с помощью микробных биопрепаратов и средств, которые разрабатываются на основе микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. В своей основе они содержат селекционированные природные штаммы микроорганизмов, безопасные для всех экологических ниш (почва, растения, насекомые, животные, человек)

и обладающие выраженной биологической активностью по отношению к фитопатогенным бактериям, микромицетам, насекомым и вирусам [8; 9].

Доказано, что применение микробных биопрепаратов оказывает положительное влияние на формирование и оздоровление почвенной микробиоты; улучшение фитосанитарного состояния агробиоценозов и повышение плодородия почв. При этом происходит снятие эффекта «почвоутомления». Использование биопрепаратов обеспечивает снижение доз минеральных удобрений, в первую очередь азотных и фосфорных; приводит к отказу от внедрения ряда дорогостоящих и опасных пестицидов, за счет чего происходит снижение негативной нагрузки на возделываемые почвы. В целом применение биологических средств защиты растений приводит к увеличению продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур; повышению качества сельскохозяйственной продукции и возможности получения экологически чистых продуктов [10; 11].

Отечественными и зарубежными учеными установлено, что к числу наиболее перспективных биоагентов микробных биопрепаратов относятся непатогенные почвенные бактерии [12; 13]. К таким биоагентам относятся представители рода *Bacillus*. Микроорганизмы рода *Bacillus* обладают способностью фиксировать молекулярный азот, а также широким спектром антагонистической и ростостимулирующей активностей. Представители рода являются продуцентами широкого спектра биологически активных веществ (антибиотиков, ферментов, гормонов, витаминов, органических кислот), которые подавляют рост и развитие целого ряда фитопатогенов сельскохозяйственных культур; способствуют стимуляции роста растений и повышают их урожайность [14; 15].

В настоящее время особая ситуация складывается на территориях с аридным климатом, где используется орошаемое земледелие. Отмечается значительное ухудшение экологической ситуации: антропогенные нарушения превышают по скорости естественно-восстановительные процессы и приводят к снижению устойчивости экосистем и фитосанитарной нестабильности агробиоценозов в южных регионах России. Для всей сельскохозяйственной территории южных регионов характерна высокая экологическая напряженность, обусловленная естественными и антропогенными факторами. Данная проблема требует совершенно новых подходов в развитии и использовании средств и способов биологической защиты на основе метаболического потенциала аборигенных штаммов микроорганизмов для повышения производительной способности почв и биологизации возделываемых земель [16; 17].

Цель исследований – изучить влияние биологического средства защиты растений на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 на состояние микробиоценоза сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата Астраханской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись сельскохозяйственные почвы Астраханской области, находящиеся в Камызякском районе. В ходе проведения полевых опытов исследуемые почвы обрабатывались биологическим средством защиты растений *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 (с титром клеток и спор 10^8 КОЕ/мл) на бобовой основе. Штамм *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 обладает выраженными биологическими активностями: фунгистатической, хитинолитической, миколитической и ростостимулирующей [18; 19].

Пробы почв отбирали по общепринятым методикам [20-22]. Для получения статистически достоверных результатов с исследуемой площади отобраны три образца почвы методом случайных проб. Для проведения исследования готовили среднюю почвенную пробу. Образцы почв отбирали в двух почвенных горизонтах 0-20 см (A_1) и 20-40 см (A_2).

Выделение микроорганизмов проводили согласно общепринятым микробиологическим методикам [22-24]. При посеве средней навески почвы готовили соответствующие разведения. Посев производили глубинным методом на плотные питательные среды. Для выделения основных физиологических групп микроорганизмов, участвующих в трансформации углерод- и азотсодержащих соединений, использовали следующие среды: питательный агар (ПА) – для учета аммонификаторов, мобилизующих органические формы азота; питательный агар в 10-ти кратном разбавлении (ПА/10) – для олиготрофов; крахмалоаммиачный агар (КАА) – для микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота (амилолитики); агар Эшби – для учета олигонитрофильных микроорганизмов. Для выделения микромицетов использовали ряд специфических питательных сред: крахмало-аммиачный агар – амилолитиков; агар Чапека – сахарозолитиков; картофельный агар – крахмалолитиков; агар Сабуро – глюкозолитиков и бобовый агар – органотрофов.

Предварительную идентификацию микроорганизмов проводили по культурально-морфологическим и физиолого-биохимическим признакам, используя Определитель бактерий Берджи [25]. Определение родовой принадлежности микромицетов основывается главным образом на сопоставлении микроскопических и макроскопических признаков исследуемой культуры с признаками известных и ранее описанных микромицетов [26].

Постановку полевого опыта проводили на полях стратегического партнера ООО «Надежда-2» при выращивании картофеля. Полевой опыт осуществляли по общепринятой методике полевых и вегетационных опытов [20; 27; 28]. Почва обрабатывалась опрыскиванием дна борозды и двойным проливом под корень (тройная обработка) средством на бобовой основе.

В ходе апробации использованы стандартные микробиологические методики исследования: выделение и учет численности микроорганизмов, исследование морфологических, культуральных и физиолого-биохимических свойств, определение видового состава и структуры комплекса

микроорганизмов [23; 24; 26]. Влияние средства на интенсивность микробиологических процессов минерализации органического вещества почв оценивали по коэффициентам эвтрофности [аммонификаторы/олиготрофы], олиготрофности [олиготрофы/аммонификаторы], минерализации [амилолитики/аммонификаторы] и олигонитрофильности [олигонитрофилы/аммонификаторы] [29; 30].

Изучение влияния средства на сельскохозяйственную продукцию проводили по общепринятым методикам полевых и вегетационных опытов [20; 27; 28]. Учитывалось влияние средства на всхожесть культур; биометрические и фенологические показатели (фазы развития, высота растений, количество листьев, побегов и клубней); снижение развития альтернариоза; урожайность; увеличение массы клубней; снижение количества больных клубней.

Достоверность полученных результатов подтверждали использованием статистических методов анализа полученных результатов с помощью пакета программы Microsoft Excel [31; 32].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика исследуемых сельскохозяйственных почв заключается в изучении агрохимического, агрофизического и микробиологического состояния пахотных земель. Исследуемые почвы по данным «Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства» структурного подразделения ФГБНУ «Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук», относятся к слабозасоленным и имеют хлоридный тип засоления. Содержание хлоридов в слое почвы 0,1-0,2 м варьирует от 0,007 до 0,018 мг/кг, с увеличением по профилю 0,2-0,4 м до 0,019-0,024 мг/кг. Количество сульфатов также увеличивается с 0,015±0,002 (0,1-0,2 м) до 0,160±0,003 мг/кг (0,2-0,4 м). Почвы сельскохозяйственного назначения характеризуются низкой обеспеченностью легкогидролизуемым азотом ($28,1 \pm 2,1$ мг/кг), средней обеспеченностью обменным калием ($72,05 \pm 6,7$ мг/кг), высокой обеспеченностью подвижным фосфором ($76,8 \pm 14,42$ мг/кг). Вся орошаемая пашня имеет очень низкое содержание азота. Более 80% орошаемых земель имеет высокую для пропашных культур обеспеченность подвижным фосфором. Средней обеспеченностью обменным калием характеризуются 90% орошаемой пашни. В составе поглощённых оснований преобладают кальций и магний. Карбонаты залегают на глубине 30-35 см от поверхности почвы. Легкорастворимые соли обнаруживаются на глубине 50-80 см с преобладанием сульфатов и хлоридов. Плотный остаток составляет 0,395-0,905% (табл. 1). Содержание гумуса в исследуемых почвах низкое (1,9-2,3%). Вниз по профилю содержание гумуса резко снижается. pH водной среды слабокислая – 6,8. По гранулометрическому составу почвы относятся к среднесуглинистым. Грунтовые воды залегают неглубоко – 1,0-2,5 м. Показатели общих физических свойств исследуемой почвы по горизонтам приведены в таблице 2.

Таблица 1. Химический анализ исследуемых сельскохозяйственных почв**Table 1.** Chemical analysis of agricultural soil studied

Горизонт, м Horizon, m	Хлориды, мг/кг Chlorides, mg/kg	Сульфаты, мг/кг Sulfates, mg/kg	Азот _{легкогидр.} мг/кг Nitrogen _{easily hydrolyzed} , mg/kg	Фосфор _{подр.} мг/кг Phosphorus _{mobile} , mg/kg	Калий _{обм.} мг/кг Potassium _{exchanged} , mg/kg
0,1-0,2	0,012±0,007	0,015±0,002	29,6±5,92	87,0±17,4	76,8±15,35
0,2-0,4	0,021±0,003	0,160±0,003	26,6±5,32	66,6±13,32	67,3±13,46

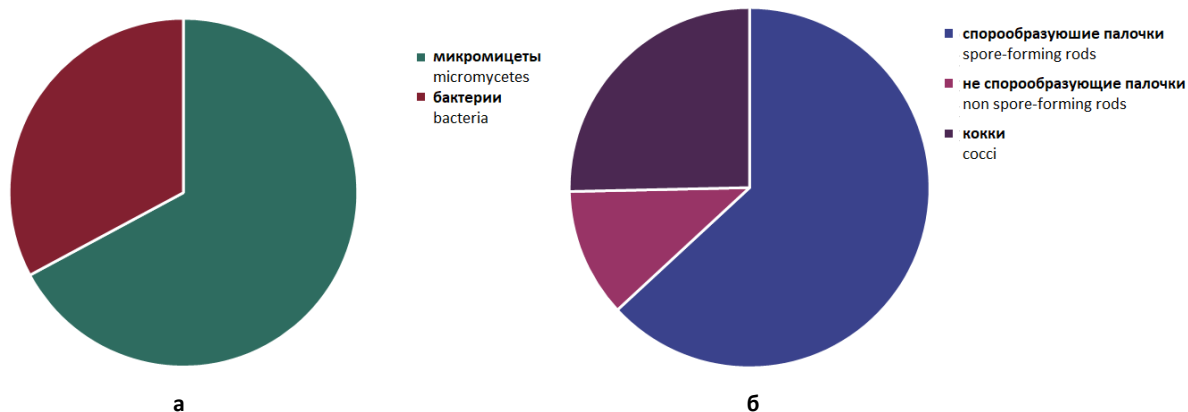
Таблица 2. Общие физические свойства исследуемых сельскохозяйственных почв**Table 2.** General physical properties of agricultural soil studied

Горизонт, м Horizon, m	Объемная масса, г/см ³ Volumetric weight, g/cm ³	Удельная масса, г/см ³ Specific gravity, g/cm ³	Общая пористость, % Total porosity, %	Степень аэрации, % Degree of aeration, %
0-0,1	1,16±0,23	2,53±0,50	54,00±10,80	36,50±7,30
0,1-0,2	1,17±0,11	2,58±0,51	55,00±11,00	37,80±7,56
0,2-0,3	1,21±0,24	2,33±0,46	44,00±8,80	29,90±5,98
0,3-0,4	1,33±0,26	2,36±0,47	49,00±9,80	25,20±5,04

Объемная масса (плотность) почвы увеличивается от верхних более рыхлых пористых горизонтов к более уплотненным нижним (от 1,16 до 1,33 г/см³). С увеличением объемной массы уменьшается пористость (с 54,00 до 49,00%), аэрация почв (с 36,50 до 25,20%) и соответственно их водопроницаемость. Поэтому наблюдается снижение удельной массы почвы – соотношение твердой части абсолютно сухой почвы к массе равного объема воды (с 2,53 до 2,36 г/см³).

Среди микроорганизмов в исследуемых сельскохозяйственных почвах преобладали микромицеты (40,2×10⁵ КОЕ/г), бактерии – в 2 раза меньше (22,4×10⁵ КОЕ/г). В почве обнаружены

бактерии нескольких морфотипов: коккообразные формы, спорообразующие и не спорообразующие палочки. Преобладающей группой бактерий являются спорообразующие палочки (14,2×10⁵ КОЕ/г). Высокие температуры полевого сезона (25,8°C), небольшое количество выпавших осадков (9,8 мм) и низкие значения влажности (40,6%) по сравнению с многолетними средними показателями способствовали максимальному доминированию данной группы бактерий среди остальных групп. Не спорообразующие бактерии (2,6×10⁵ КОЕ/г) и кокки (5,6×10⁵ КОЕ/г) встречались в исследуемой почве в незначительно меньшем количестве (рис. 1).

**Рисунок 1.** Соотношение микроорганизмов (а) и морфологических форм бактерий (б) в исследуемых сельскохозяйственных почвах**Figure 1.** The ratio of microorganisms (a) and morphological forms of bacteria (б) in agricultural soils studied

Определена доминирующая, редкая и случайная микобиота исследуемых сельскохозяйственных почв, состоящая из представителей родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Doratomyces*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Trichoderma* (табл. 3). При этом, представители родов *Penicillium* и *Aspergillus* присутствуют в каждой из групп, *Trichoderma* и *Doratomyces* – только среди доминирующих видов, а *Fusarium* – редко встречающийся род.

Наиболее распространенными в исследуемой почве микромицетами являлись представители рода *Aspergillus*, затем – *Penicillium* и *Alternaria* (рис. 2). Наибольшее обилие видов микромицетов наблюдается в нижних почвенных горизонтах – почвенный горизонт А₂ (20-40 см). Высокие значения обилия видов отмечены для представителей родов *Aspergillus* и *Penicillium*.

Таблица 3. Структура комплекса микромицетов в исследуемых сельскохозяйственных почвах
Table 3. Structure of the micromycetes complex in agricultural soils studied

Случайные виды (<30%) Random species (<30%)	Редкие виды (>30%) Rare species (>30%)	Доминирующие виды (>60%) Dominant species (>60%)
<i>Aspergillus</i> (<i>Aspergillus</i> sp. 5, <i>Aspergillus</i> sp. 7), <i>Fusarium</i> (<i>Fusarium</i> sp. 2-3), <i>Penicillium</i> (<i>Penicillium</i> sp. 8, <i>Penicillium</i> sp. 12)	<i>Alternaria</i> (<i>Alternaria</i> sp. 3-4), <i>Aspergillus</i> (<i>Aspergillus terreus</i> 3-4, <i>Aspergillus</i> sp. 8-11), <i>Fusarium</i> (<i>Fusarium</i> sp. 1), <i>Penicillium</i> (<i>Penicillium</i> sp. 5-7, <i>Penicillium</i> sp. 9-11)	<i>Alternaria</i> (<i>Alternaria</i> sp. 1-2), <i>Aspergillus</i> (<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus terreus</i> 1-2, <i>Aspergillus</i> sp. 1-4, <i>Aspergillus</i> sp. 6), <i>Doratomyces</i> sp., <i>Penicillium</i> (<i>Penicillium</i> sp. 1-4), <i>Trichoderma</i> sp.

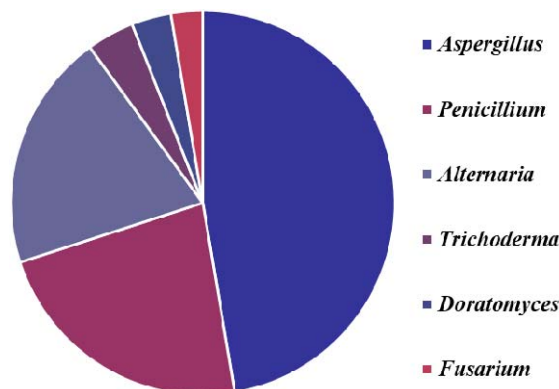


Рисунок 2. Соотношение родов микромицетов в исследуемых сельскохозяйственных почвах
Figure 2. Ratio of genera of micromycetes in agricultural soils studied

Микромицеты, выделенные из почв, исследовались в опыте биопробы с семенами тест-растения горчицы белой (*Sinapis alba*). Установлено, что микромицеты не оказывали фитотоксичного действия на проращивание семян тест-растения. Однако обнаружены микромицеты, которые угнетают рост тест-растений по сравнению с контрольными вариантами: представители родов *Alternaria* (на 40-60%), *Aspergillus* (на 30-50%), *Fusarium* (на 70%). Присутствие данных видов микромицетов может негативно сказываться на росте и развитии возделываемых сельскохозяйственных культур. Известно, что некоторые представители родов *Alternaria* и *Fusarium* способны вызывать такие заболевания растений, как альтернариоз и фузариоз, приводящие к снижению урожайности культур.

На основе представленных данных следует, что исследуемые сельскохозяйственные почвы характеризуются свойственными только данным видам почв агрохимическими, агрофизическими и микробиологическими показателями.

На исследуемых сельскохозяйственных полях Камызякского района Астраханской области (ООО «Надежда-2») проводилась апробация биологического средства при выращивании картофеля. Изучено влияние средства на интенсивность протекания микробиологических процессов в исследуемой почве; воздействие на микобиотный фон почв; влияние на возделываемую продукцию на протяжении нескольких сезонов.

В ходе исследования определено влияние средства на физиолого-биохимические группы почвенных микроорганизмов: аммонификаторов,

амилолитиков, олигонитрофилов и олиготрофов (рис. 3). Наиболее многочисленной группой среди физиолого-биохимических групп микроорганизмов в исследуемой необработанной сельскохозяйственной почве являются аммонификаторы ($2,7-5,4 \times 10^6$ КОЕ/г) – самая богатая и разнообразная физиологическая группа, разлагающая азотсодержащие органические соединения с выделением аммиака. Преобладание данной группы микроорганизмов свидетельствует о протекании процессов аммонификации в почвах. В обработанной средством почве численность данной группы уменьшается в 4,5 раза ($0,7-1,0 \times 10^6$ КОЕ/г), что указывает на снижение интенсивности протекания процесса разложения азотсодержащих органических соединений. Из исследуемых почв выделены амилолитики ($4,3-5,1 \times 10^5$ КОЕ/г) – микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота. При обработке численность амилолитической группы микроорганизмов увеличивается в 1,5 раза ($4,7-5,8 \times 10^5$ КОЕ/г), что свидетельствует об интенсификации процессов минерализации органических веществ в обработанной почве. В исследуемой почве присутствует олигонитрофильная группа микроорганизмов ($3,2-6,7 \times 10^5$ КОЕ/г), которая завершает минерализацию органических соединений в почве. Установлено, что численность олиготрофов несколько ниже ($1,6-2,9 \times 10^5$ КОЕ/г). Данная группа способна ассимилировать органические соединения почвы в условиях их низкой концентрации. В результате обработки средством происходит усиление процессов ассимиляции низких концентраций органических соединений и разложения остаточных

органических соединений за счет увеличения численности олиготрофов ($4,3-5,8 \times 10^5$ КОЕ/г) и

олигонитрофилов ($2,2-5,4 \times 10^5$ КОЕ/г) в 1,5 раза.

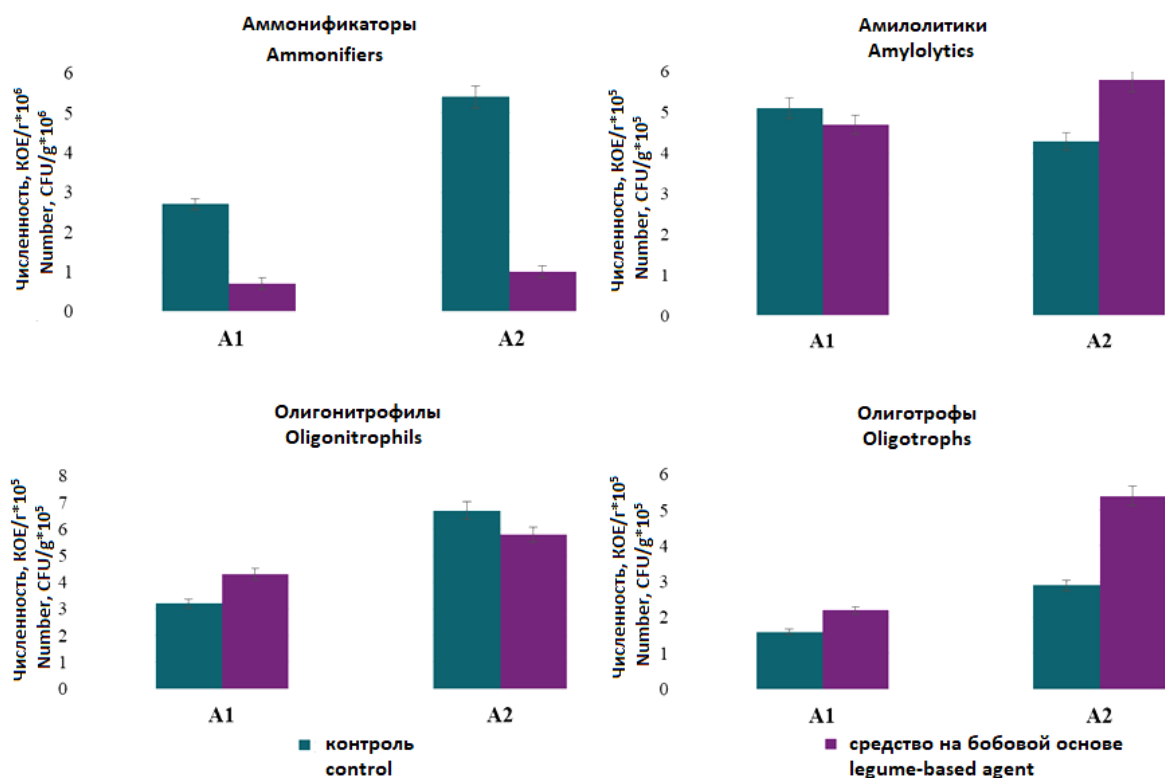


Рисунок 3. Численность физиолого-биохимических групп микроорганизмов в исследуемых почвах
Figure 3. Number of physiological-biochemical groups of microorganisms in soils studied

Отмечена корреляционная зависимость численности физиолого-биохимических групп почвенных микроорганизмов от метеорологических показателей (температура и влажность воздуха, количество выпавших осадков). Установлена прямая корреляция численности аммонификаторов ($R=0,45$), амилолитиков ($R=0,74$) и олигонитрофилов ($R=0,61$) от температуры воздуха в исследуемом полевом сезоне; численности аммонификаторов ($R=0,45$; $R=0,50$) от влажности воздуха и количества выпавших осадков. Обратную зависимость наблюдали с численностью амилолитиков ($R=-0,94$; $R=-0,84$), увеличение влажности воздуха и количества выпавших осадков приводило к снижению численности данной группы.

Интенсивность микробиологических процессов минерализации органического вещества почв оценивали по коэффициентам эвтрофности, олиготрофности, минерализации и олигонитрофильности (иммобилизации азота) (табл. 4). Высокие коэффициенты эвтрофности (значения больше единицы) наблюдаются в контрольном варианте (пролив стерильной водой), что указывает на замедленную трансформацию органического вещества в почве, выраженное преобладание аммонифицирующей группировки бактерий и процессах минерализации свежего органического вещества. Снижение данного коэффициента свидетельствует о сдерживании процессов аммонификации органического вещества в почве.

Обработка почв средством на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 приводит к интенсификации разложения органического вещества. Наблюдается снижение коэффициентов эвтрофности в 7 раз, увеличение значений коэффициентов олиготрофности, минерализации и олигонитрофильности в 7,5; 5,0 и 5,5 раз соответственно.

Установлено, что при обработке почв происходит активизация мобилизационных процессов микробных комплексов азотфиксирующих микроорганизмов, о чем свидетельствует повышение коэффициентов олиготрофности. Высокие значения коэффициента олиготрофности связаны с уменьшением количества органотрофных микроорганизмов и демонстрируют уменьшение количества органических веществ в почве, способствуя преимущественному развитию олиготрофов. Также отмечено увеличение коэффициентов минерализации, что говорит об усилении усвоения минеральных форм азота. Существенную роль в мобилизации азота в почве играют олигонитрофильные микроорганизмы. При потреблении азота растениями в процессе роста и развития олигонитрофилы получают преимущественное развитие. Повышение коэффициента олигонитрофильности при обработке свидетельствует об усилении иммобилизации азота в почве; увеличение коэффициента минерализации – высоком уровне мобилизации питательных элементов в почве, а коэффициент олигонитрофильности отражает

активность развития в почве группировки азотфиксаторов и олигонитрофилов, обладающих уникальной

способностью связывать молекулярный азот атмосферы.

Таблица 4. Интенсивность трансформации углерод- и азотсодержащих соединений в исследуемой почве
Table 4. Intensity of transformation of carbon- and nitrogen-containing compounds in soil studied

Вариант Variant	Значение коэффициентов Coefficient value			
	$K_{\text{эвтрофности}}$ $C_{\text{eutrophic}}$	$K_{\text{олиготрофности}}$ $C_{\text{oligotrophy}}$	$K_{\text{минерализации}}$ $C_{\text{mineralization}}$	$K_{\text{олигонитрофильности}}$ $C_{\text{oligonitrophilicity}}$
Контроль (пролив водой) Control (hydration)	<u>1,68±0,336</u> 1,86±0,372	<u>0,059±0,011</u> 0,053±0,010	<u>0,18±0,036</u> 0,07±0,007	<u>0,11±0,022</u> 0,12±0,024
Опрыскивание и двойной пролив средством на бобовой основе Spraying and double hydration with legume-based agent	<u>0,31±0,062</u> 0,18±0,036	<u>0,31±0,031</u> 0,54±0,108	<u>0,67±0,134</u> 0,58±0,116	<u>0,61±0,122</u> 0,72±0,144

Примечание: числитель – горизонт 0-20 см; знаменатель – горизонт 20-40 см

Note: numerator – horizon 0-20 cm; denominator – horizon 20-40 cm

Полученные в ходе проведенных исследований данные свидетельствуют об интенсивном протекании мобилизационных процессов, активизации процессов разложения и минерализации органических веществ в обработанной средством почве по сравнению с контрольным необработанным вариантом почвы.

Влияние средства защиты растений на фитосанитарное состояние возделываемых почв определяли путем изучения воздействия средства на количественный и качественный состав микробиоты почв при выращивании картофеля. В необработанной почве большая численность микромицетов наблюдается в верхних слоях (почвенный горизонт A_1 : 0-20 см). В вариантах обработки средством большая численность микромицетов наблюдается в нижних слоях (почвенный горизонт A_2 : 20-40 см). Полученные данные могут свидетельствовать о воздействии средства на микробиоту исследуемых почв, выраженном в уменьшении численности микромицетов в верхнем горизонте.

В ходе полевых испытаний установлено, что обработка почвы средством воздействует на формирование структуры трофических групп микромицетов (рис. 4), приводящая к снижению численности в 1,5-2,0 раза.

Согласно полученным данным установлено значительное снижение зараженности клубней картофеля микромицетами (рис. 5). Регистрируется уменьшение численности амилитиков, глюколитиков, крахмалолитиков, сахарозолитиков и органотрофов – от 3,5 до 5 раз.

Таким образом, уменьшение численности микромицетов при обработке почв средством, оказывающее положительное действие на фитосанитарное состояние и оздоровление исследуемых почв, способствует снижению численности микромицетов на клубнях картофеля.

При статистической обработке данных полевых исследований обнаружена корреляционная зависимость численности микромицетов от метеорологических показателей (температура и влажность

воздуха, количество выпавших осадков). Установлена прямая корреляция численности органотрофов ($R=0,77$ и $R=0,75$) от влажности воздуха и количества выпавших осадков в полевом сезоне; численности амилитиков ($R=0,93$) и сахарозолитиков ($R=0,80$) от температуры воздуха.

Обратная корреляция отмечена для численности амилитиков ($R=-0,39$; $R=-0,19$), глюколитиков ($R=-0,59$; $R=-0,53$), крахмалолитиков ($R=-0,65$; $R=-0,74$) и сахарозолитиков ($R=-0,89$; $R=-0,76$) от влажности воздуха и количества выпавших осадков; для численности микромицетов ($R=-0,99$; $R=-1,0$) от обработки средством на бобовой основе.

Микромицеты, выделенные из исследуемых почв и с поверхности клубней картофеля, исследовались в опыте биопробы с семенами тест-растения горчицы белой (*Sinapis alba*). Согласно полученным данным установлено, что выделенные из необработанной и обработанной средством почвы микромицеты не фитотоксичны и не оказывали угнетающего действия на прорастание семян тест-растения. Однако из необработанной средством почвы (контроль) выделены микромицеты, угнетающие рост тест-растения: представители родов *Alternaria* (на 40-60%), *Aspergillus* (на 30-50%), *Fusarium* (на 70%). Снижение развития данных видов микромицетов – потенциальных возбудителей заболеваний сельскохозяйственных культур в исследуемой почве после использования средства положительно влияет на уменьшение распространения различных заболеваний возделываемых растений.

Для оценки влияния средства на сельскохозяйственную продукцию учитывали биометрические и фенологические показатели сельскохозяйственных культур; устойчивость к заболеваниям, вызываемых фитопатогенными микромицетами (альтернариоз – возбудитель *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*, *Alternaria tenuissima*); урожайность, количественные и качественные характеристики возделываемых растений.

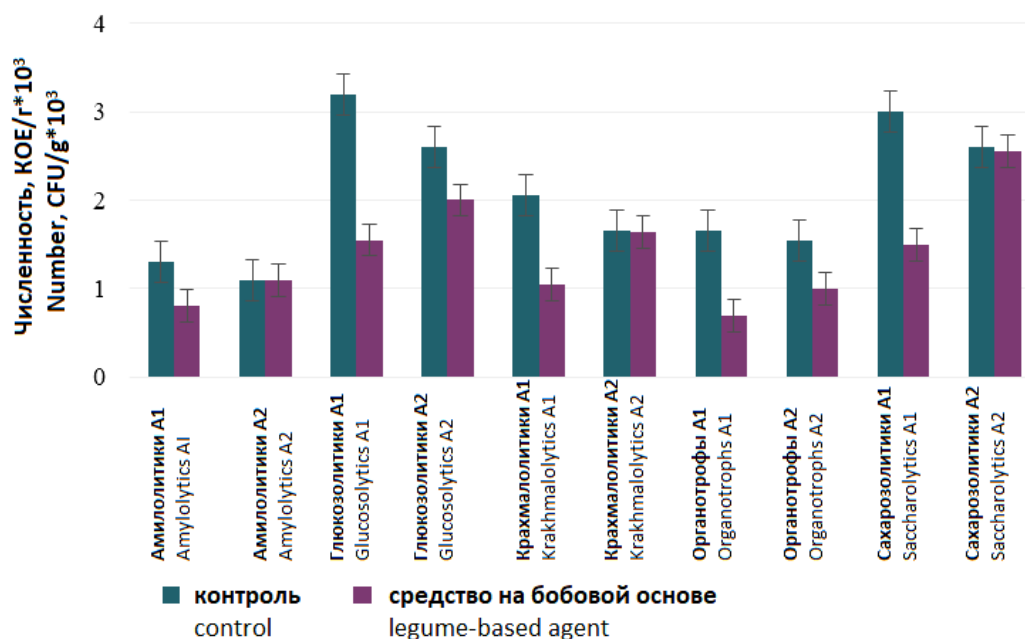


Рисунок 4. Численность микромицетов в исследуемых почвах

Figure 4. Number of micromycetes in soils studied

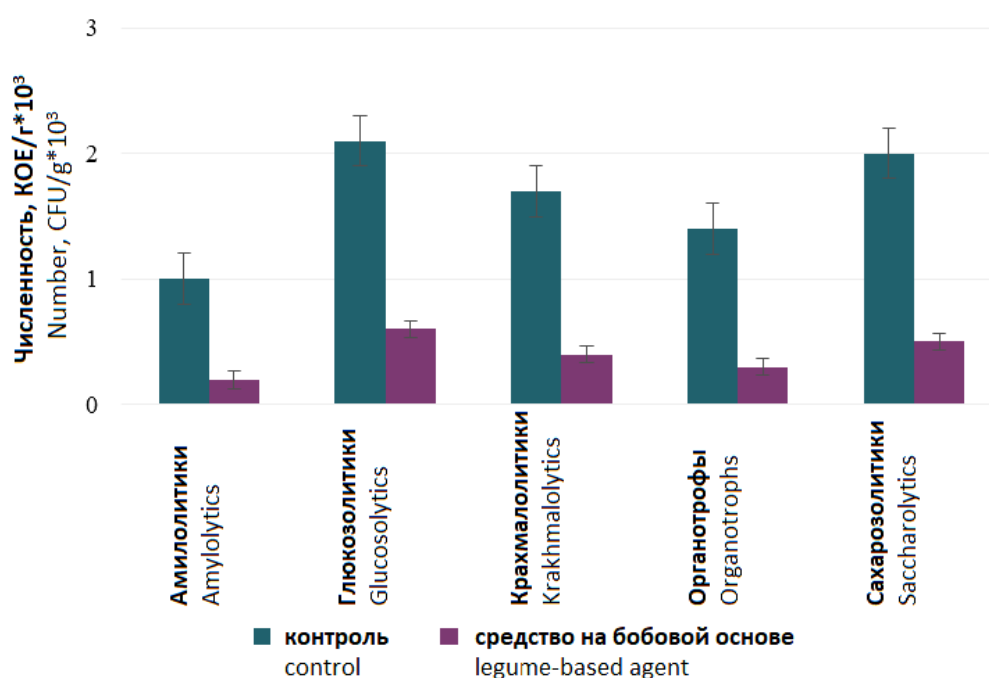


Рисунок 5. Численность микромицетов на клубнях картофеля

Figure 5. Number of micromycetes in potato tubers

Учет всхожести, проведенный после появления единичных и массовых всходов, показал, что исследуемый вариант обработки средством не оказал отрицательного влияния на всхожесть картофеля. Основные фазы развития растений наступали в одни и те же сроки. Применение средства не оказало отрицательного влияния на рост и развитие картофеля,

о чем свидетельствуют полученные данные биометрических измерений, проведенных в фазу бутонизации, плодо- и клубнеобразования. Под действием обработки почв средством высота растений (66,2 см), количество листьев (50,4 шт.), побегов (5,1 шт.), клубней (8,6 шт.) превышают показатели контрольного варианта (на 3-30%) (табл. 5).

Таблица 5. Биометрические показатели картофеля**Table 5.** Biometric indicators of potatoes

Показатели Indicators	Контроль Control	Средство на бобовой основе Legume-based agent
Высота растения, см Plant height, cm	65,8	66,2
Количество побегов, штук Number of shoots, units	4,7	5,1
Количество листьев, штук Number of leaves, units	48,9	50,4
Количество клубней, штук Number of fruit/tubers, units	6,6	8,6
НСР_{0,05}	F_ф < F_т	

Положительное влияние средства на снижение развития альтернариоза отмечалось на протяжении всего периода проведенных полевых исследований (табл. 6). Установлено, что самые высокие показатели биологической эффективности снижения развития заболеваний возделываемых культур отмечены во время первого учета (период цветения растений – 48,6%). Данные показатели снижаются во время клубнеобразования (46,6%) и при созревании клубней (26,8%). Распространение и развитие болезни также уменьшались под воздействием средства в ходе всего вегетационного периода исследований: в период

цветения в 2 раза, во время клубнеобразования в 1,5-2 раза, на этапе созревания в 1,5 раза.

В то же время сдерживание развития альтернариоза на всех этапах вегетации под влиянием средства повысило урожайность, массу клубней, а также значительно сократило количество больных клубней в урожае (табл. 7). Биологическая эффективность средства против альтернариоза составляла 48,6% по сравнению с контрольным вариантом. Урожайность культуры увеличилась на 14,3%, масса клубней – на 10,6%, а количество больных клубней было всего 1,1% от общего урожая.

Таблица 6. Действие средства на снижение развития альтернариоза картофеля**Table 6.** Effect of agent on reducing development of crop diseases

Вариант Variant	1 учет – цветение 1 assessment – flowering			2 учет – клубнеобразование 2 assessment – tuber formation			3 учет – созревание клубней 3 assessment – ripening of tubers		
	P	R	БЭ	P	R	БЭ	P	R	БЭ
Средство на бобовой основе Legume-based agent	3,2	1,9	48,6	7,0	3,9	46,6	15,9	7,9	26,8
Контроль Control	6,4	3,7	–	10,9	7,3	–	18,9	10,3	–
НСР_{0,05}	F_ф < F_т								

Примечание: P – распространение болезни, R – развитие болезни, БЭ – биологическая эффективность против заболевания

Note: P – spread of the disease, R – disease progression, БЭ – biological effectiveness against disease

Таблица 7. Влияние средства на сельскохозяйственную продукцию**Table 7.** Impact of agent on agricultural products

Вариант Variant	Биологическая эффективность Biological effectiveness	Урожайность культуры Crop yield		Увеличение массы клубней Increase in mass of tubers		Количество больных клубней Number of diseased tubers	
		т/га	%	г	%	т/га	%
		t/h	%	gm	%	t/h	%
Средство на бобовой основе Legume-based agent	48,6	31,2	114,3	105,1	10,6	0,3	1,1
Контроль Control	–	27,3	100,0	95,4	–	0,9	3,5
НСР_{0,05}		F_ф < F_т					

В исследуемый полевой сезон установлено, что средство оказало положительное влияние на всхожесть, рост, развитие и биометрические показатели возделываемого картофеля. Основные фазы развития растений наступали в одни и те же сроки. Определено, что средство на бобовой основе эффективнее способствовало повышению всхожести единичных и массовых всходов культур, увеличению биометрических показателей: высоты растений, количества листьев, побегов и клубней по сравнению с контрольным вариантом. Средство оказывало влияние на качественные и количественные характеристики: массу клубней, количество больных клубней, а также снижение заболеваемости и увеличения урожайности картофеля в большей степени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного испытания средства защиты растений на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 в условиях полевого опыта установлено, что применение средства способствует протеканию мобилизационных процессов, активизации процессов разложения и минерализации органических веществ в обработанной почве по сравнению с контрольным необработанным вариантом почвы. Средство на бобовой основе (тройная обработка) оказывает значительное влияние на снижение численности микромицетов в исследуемых почвах и на клубнях картофеля, уменьшая количество микромицетов, угнетающих рост растений и способных вызывать различные заболевания. Использование средства при апробации на сельскохозяйственной продукции показало положительное влияние на биометрические и фенологические показатели картофеля; способствовало увеличению устойчивости к заболеваниям, вызываемым фитопатогенными микромицетами; повышению урожайности, количественных и качественных характеристик картофеля.

В целом применение биологического средства защиты растений положительно действует на состояние микробиоценоза исследуемых сельскохозяйственных почв, его фитосанитарное состояние и улучшение характеристик возделываемой на ней сельскохозяйственной продукции в условиях аридного климата Астраханской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ижевский С.С. Негативные последствия применения пестицидов // Защита и карантин растений. 2006. N 5. С. 16-19.
- Иванцова Е.А., Калуженкова Ю.В. Экологические проблемы применения пестицидов // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2008. N 1 (9). С. 41-46.
- Танский В.И. Фитосанитарная устойчивость агробиоценозов. СПб: ВИЗР, 2010. 54 с.
- Иванцова Е.А. Влияние пестицидов на микрофлору почвы и полезную биоту // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные Науки. 2013. N 1(5). С. 35-40.
- Зубков А.Ф. Агробиологическая модернизация защиты растений. СПб: ВИЗР, 2014. 116 с.

- Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. 2011. Т. 46. N 3. С. 3-9.
- Павлюшин В.А. Научное обеспечение защиты растений и продовольственная безопасность России // Защита и карантин растений. 2010. N 2. С. 11-15.
- Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus Cohn* в агроэкосистемах. М.: Наука, 2007. 147 с.
- Шуреков Ю.В., Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Чеботарь В.К., Ариткин А.Г. Комплексная биологизация земледелия // Аграрная наука. 2014. N 1. С. 16-19.
- Монастырский О.А. Задачи и перспективы биологической защиты сельскохозяйственных растений // АГРО-XXI. 2010. N 4-6. С. 3-5.
- Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. N 8. С. 11-15.
- Dinesh K. Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystems. London, Springer, 2011, 448 p.
- Andrews M., Cripps M.G., Edwards G.R. The potential of beneficial microorganisms in agricultural systems // Ann. Appl. Biol. 2012. N 160. P. 1-5. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2011.00519.x
- Chet I., Inbar J. Biological control of fungal pathogens // Appl. Biochem. Biotechnol. 1994. V. 48. P. 37-43. DOI: 10.1007/BF02825358
- Чеботарь В.К., Петров В.Б., Шапошников А.И., Кравченко Л.В. Биохимические критерии оценки агрономически значимых свойств бацилл, используемых при создании микробиологических препаратов // Сельскохозяйственная биология. 2011. N 3. С. 119-122.
- Коряжкина М.Ф. Исследование эффекта колонизации арбузов (*Citrullus vulgaris*) штаммом *Bacillus atrophaeus* В-9918 // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы современной науки и образования. Биологические науки». Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. Т. 2. С. 234-239.
- Байрамбеков Ш.Б., Валеева З.Б. Совершенствование элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур в орошаемых условиях Нижнего Поволжья // Совершенствование элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур в орошаемых условиях Нижнего Поволжья. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. С. 101-106.
- Сопрунова О.Б., Баубекова Д.Г. Штамм *Bacillus atrophaeus* ВКПМ-11474, обладающий фунгицидными свойствами и ростостимулирующей активностью. Патент РФ, N2570624, 2015.
- Сопрунова О.Б., Баубекова Д.Г., Байрамбеков Ш.Б., Полякова Е.В., Сопрунова В.Е. Средство для повышения урожайности и защиты растений семейства пасленовых от фитопатогенных грибов. Патент РФ, N2655848, 2018.
- Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

21. Зенова Г.М., Степанов А.А., Лихачева А.А. Практикум по биологии почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
22. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
23. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.
24. Зимоглядова Т.В., Карташева И.А., Шабалдас О.Г. Практикум по микробиологии. М.: Колос, 2007. 148 с.
25. Определитель бактерий Берджи: в 2-х т. / Беркли Р.; перевод с англ.; под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. Т. 2. 368 с.
26. Еремеева С.В. Идентификация плесневых грибов. Гифомицеты. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. 76 с.
27. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб: ВИЗР, 2009. 378 с.
28. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
29. Евсеев В.В. Микробиологическая активность чернозема выщелоченного в зернопаровом и кормовом севооборотах лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2005. N 1 (25). С. 54-56.
30. Еремеева С.В., Пархоменко А.Н., Гальперина А.Р. Статистические методы анализа данных исследований: методическое пособие. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2011. 20 с.
31. Лялин В.С., Зверева И.Г., Никифорова Н.Г. Статистика: теория и практика в Excel: учеб. пособие для вузов. М.: Финансы и статистика: Инфра-М, 2010. 448 с.
32. Евсеев В.В., Ведерникова И.О. Микробиологический мониторинг утилизации отработанных угольных сорбентов, импрегнированных тяжелыми металлами // Вестник Курганского государственного университета. 2017. N 4(47). С. 61-66.
- fundamental and applied aspects. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2011, vol. 46, no. 3, pp. 3-9. (In Russian)
7. Pavlushin V.A. Plant protection scientific support and food safety in Russia. Zashchita i karantin rastenii [Protection and quarantine of plants]. 2010, no. 2, pp. 11-15. (In Russian)
8. Melentyev A.I. *Aerobnye sporeobrazuyushchie bakterii Basillus Cohn v agroekosistemakh* [Aerobic spore-forming bacteria *Basillus Cohn* in agroecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 147 p. (In Russian)
9. Shurekov Y.V., Gubeidullin H.H., Shigapov I.I., Chebotar V.K., Aritkin A.G. Complex biologization of agriculture. Agrarnaya nauka [Agrarian science]. 2014, no. 1, pp. 16-19. (In Russian)
10. Monastyrsky O.A. Problems and prospects of biological plant protection. AGRO-XXI [AGRO-XXI]. 2010, no. 4-6, pp. 3-5. (In Russian)
11. Petrov V.V., Chebotar V.K. Microbiological preparations as the basis element of intensive agrotechnologies in crop production. Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. 2011, no. 8, pp. 11-15. (In Russian)
12. Dinesh K. Bacteria in Agrobiology: Crop Ecosystems. London, Springer, 2011, 448 p.
13. Andrews M., Cripps M.G., Edwards G.R. The potential of beneficial microorganisms in agricultural systems. *Ann. Appl. Biol.*, 2012, no. 160, pp. 1-5. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2011.00519.x
14. Chet I., Inbar J. Biological control of fungal pathogens. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 1994, vol. 48, pp. 37-43. DOI: 10.1007/BF02825358
15. Chebotar' V.K., Petrov V.B., Shaposhnikov A.I., Kravchenko L.V. Biochemical criteria for estimation of agronomic valuable properties of bacilli used for development of microbial preparations. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2011, no. 3, pp. 119-122. (In Russian)
16. Koryazhkina M.F. Issledovanie effekta kolonizatsii arbuzov (*Citrullus vulgaris*) shtammom *Bacillus atrophaeus* B-9918 [Study of the effect of watermelon colonization (*Citrullus vulgaris*) by the strain *Bacillus atrophaeus* B-9918]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya. Biologicheskoe nauki»*, Yfa, 2010 [Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation "Actual problems of modern science and education, Biological sciences", Ufa, 2010]. Ufa, 2010, vol. 2, pp. 234-239. (In Russian)
17. Bayrambekov Sh.B., Valeeva Z.B. [Improving the elements of the technology of cultivation of agricultural crops in irrigated conditions of the Lower Volga]. In: *Sovershenstvovanie elementov tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v oroshayemykh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Improvement of the elements of the technology of cultivation of agricultural crops in irrigated conditions of the Lower Volga]. Astrakhan, R.V. Sorokin Publ., 2015, pp. 101-106. (In Russian)
18. Soprunova O.B., Baubekova D.G. *Shtamm Bacillus atrophaeus VKPM-11474, obladayushchii fungitsidnymi svoystvami i rostostimuliruyushchei aktivnost'yu* [The strain *Bacillus atrophaeus* ACIM-11474, which has fungicidal

REFERENCES

1. Izhevsk S.S. Negative effects of pesticide use. Zashchita i karantin rastenii [Plant protection and quarantine]. 2006, no. 5, pp. 16-19. (In Russian)
2. Ivantsova E.A., Kaluzenkova Yu.V. Environmental problems of pesticide use. Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex]. 2008, no. 1(9), pp. 41-46. (In Russian)
3. Tansky V.I. *Fitosanitarnaya ustoichivost' agrobiotsenozov* [Phytosanitary resistance of agrobiocenosis]. St. Petersburg, VIZR Publ., 2010, 54 p. (In Russian)
4. Ivantsova E.A. Impacts of pesticides on soil microflora and useful biota. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye Nauki [Bulletin of Volgograd State University]. 2013, no. 1(5), pp. 35-40. (In Russian)
5. Zubkov A.F. *Agrobiotsenologicheskaya modernizatsiya zashchity rastenii* [Agrobiocenological modernization of plant protection]. St. Petersburg, VIZR Publ., 2014, 116 p. (In Russian)
6. Tikhonovich I.A., Provorov N.A. Agricultural microbiology as the basis of ecologically sustainable agriculture:

properties and growth-promoting activity]. Patent RF, no. 2570624, 2015.

19. Soprunova O.B., Baubekova D.G., Bayrambekov Sh.B., Polyakova E.V., Soprunova V.E. *Sredstvo dlya povysheniya urozhainosti i zashchity rastenii semeistva paslenovykh ot fitopatogennykh gribov* [Means for increasing yields and protecting plants of the nightshade family from phytopathogenic fungi]. Patent RF, no. 2655848, 2018.

20. Mineev V.G. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow, Moscow State University Publ., 2001, 689 p. (In Russian)

21. Zenova G.M., Stepanov A.A., Likhacheva A.A. *Praktikum po biologii pochv* [Workshop on soil biology]. Moscow, Moscow State University Publ., 2002, 120 p. (In Russian)

22. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Drofa Publ., 2004, 256 p. (In Russian)

23. Netrusov A.I. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Academy Publ., 2005, 608 p. (In Russian)

24. Zimoglyadova T.V., Kartasheva I.A., Shabaldas O.G. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Kolos Publ., 2007, 148 p. (In Russian)

25. Berkeley R. *Opredelitel' bakterii Berdzhii* [The determinant of bacteria Berdzhii]. Moscow, Mir Publ., 1997, vol. 2, 368 p. (In Russian)

26. Eremeeva S.V. *Identifikatsiya plesnevyykh gribov. Gifomitsety* [Identification of mold fungi. Hyphomycetes]. Astrakhan, ASTU Publ., 2007, 76 p. (In Russian)

27. Dolzhenko V.I. *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve* [Guidelines for registration testing fungicides in agriculture]. St. Petersburg, VIZR Publ., 2009, 378 p. (In Russian)

28. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)

29. Evseev V.V. Microbiological activity of leached chernozem in grain and fodder crop rotations of the forest-steppe zone of Zauralye. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2005, no. 1 (25), pp. 54-56. (In Russian)

30. Eremeeva S.V., Parkhomenko A.N., Galperina A.R. *Statisticheskie metody analiza dannykh issledovaniy* [Statistical methods for analyzing research data]. Astrakhan, ASTU Publ., 2011, 20 p. (In Russian)

31. Lyalin V.S., Zvereva I.G., Nikiforova N.G. *Statistika: teoriya i praktika v Excel* [Statistics: theory and practice in Excel]. Moscow, Finance and Statistics: Infra-M Publ., 2010, 448 p. (In Russian)

32. Yevsejev V.V., Vedernikova I.O. Microbiological monitoring of recycling of the worked-out coal sorbing agents impregnated by heavy metals. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Kurgan State University]. 2017, no. 4 (47), pp. 6-66. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ольга Б. Сопрунова определила идею исследования, сформулировала проблему и выстроила логику исследования. Динара Г. Баубекова обработала и проанализировала собранные материалы, структурировала результаты исследования. Шамиль Б. Байрамбеков и Екатерина В. Полякова провели полевые испытания. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Olga B. Soprunova defined the idea of the research, formulated the problem and developed the logic of the research. Dinara G. Baubekova processed and analyzed the materials collected and structured the results of the study. Shamil B. Bayrambekov and Ekaterina V. Polyakova conducted field trials. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Динара Г. Баубекова / Dinara G. Baubekova <https://orcid.org/0000-0002-3288-9487>

Ольга Б. Сопрунова / Olga B. Soprunova <https://orcid.org/0000-0002-5710-6362>

Шамиль Б. Байрамбеков / Shamil B. Bayrambekov <https://orcid.org/0000-0003-3193-8256>

Екатерина В. Полякова / Ekaterina V. Polyakova <https://orcid.org/0000-0002-9591-087X>