

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

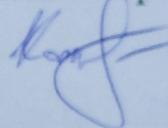
Кафедра Общего земледелия, защиты растений и селекции

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
БАКАЛАВРА

Тема: «Оценка эффективности применения эндофитной бактерии  
*Bacillus toyjavensis* PS17 на яровой пшенице»

Выполнил студент 4 курса  
очного отделения  
агрономического факультета:

Комиссаров Э.Н.



Руководитель:  
д. с.-х. н., профессор

Сафин Р.И.

Допущена к защите:  
зав. кафедрой  
д.с.х.н., профессор

Сафин Р.И.



Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите (протокол №12 от  
11.06.2020 г)

Казань – 2020 г.

### Аннотация

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 6 глав, выводов и рекомендаций производству, списка литературы и включает 6 рисунков и 7 таблиц.

В главе 1 изложены литературные материалы по особенностям культуры и применению биопрепаратов на яровой пшенице.

В главе 2 представлены условия и методика проведения исследований.

В главе 3 представлены результаты исследований по полевым опытам. Были выявлены отличия между препаратами по контролю болезней листьев и колоса пшеницы. Преимущество имели фунгицид Фалькон и биопрепарат на основе эндофитной бактерии *Bacillus mojavensis* PS17. Указано на положительное влияние обработки растений пшеницы препаратами на увеличение урожайности. По урожайности и качеству зерна выделились варианты с Фальконом и *Bacillus mojavensis* PS17. Установлено положительное влияние *Bacillus mojavensis* PS17 на численность эндофитных бактерий в семенах нового урожая.

В главе 4. Представлена экономическая оценка эффективности обработки посевов пшеницы различными препаратами.

В главе 5 дается анализ влияния изучаемых приемов на окружающую среду.

В заключении приводятся выводы по высокой эффективности применения биопрепарата на основе *Bacillus mojavensis* PS17 на яровой пшенице.

### Annotation

The final qualifying work consists of an introduction, 6 chapters, conclusions and recommendations for production, a list of references and includes 4 figures and 11 tables.

Chapter 1 sets out literary materials on the characteristics of culture and the use of biological products on spring wheat. Chapter 2 presents the conditions and methodology for conducting research.

Chapter 3 presents the results of field experiments. Differences were revealed between the drugs for the control of leaf diseases and wheat ears. The fungicide Falcon and the biological product based on the endophytic bacterium *Bacillus mojavensis* PS17 had an advantage. The positive effect of the treatment of wheat plants with drugs on the increase in yield is indicated. In terms of yield and grain quality, variants with Falcon and *Bacillus mojavensis* PS17 stood out. The positive effect of *Bacillus mojavensis* PS17 on the number of endophytic bacteria in the seeds of a new crop has been established.

Chapter 4. An economic assessment of the effectiveness of processing wheat crops with various preparations is presented. Chapter 5 provides an analysis of the impact of the techniques on the environment.

In conclusion, conclusions are drawn on the high efficiency of the use of a biological product based on *Bacillus mojavensis* PS17 on spring wheat.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	6
Глава 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	23
2.1. Цель и задачи исследований.....	23
2.2. Агрометеорологические условия .....	23
2.3. Методика полевых опытов и исследований.....	25
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	27
3.1. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы.....	27
3.2. Урожайность и структура урожая яровой пшеницы.....	29
3.3. Качество урожая яровой пшеницы .....	31
3.4. Количество эндофитных бактерий в семенах .....	32
Глава 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	34
Глава 5. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	35
Глава 6. ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НА ПРОИЗВОДСТВЕ.....	37
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	38
ЛИТЕРАТУРА.....	40
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Производство продукции растениеводства имеет важное значение в жизни человека. Помимо обеспечения потребностей человека в продуктах питания, отрасль растениеводства производит корма для животноводства, а также сырье для химической и лёгкой промышленности. Главной подотраслью растениеводства является зернопроизводство, в которой ведущую роль занимает такая культура, как пшеница. Пшеница широко используется в мире и в нашей стране как пищевая, техническая и кормовая культура. Из пшеничного зерна можно получить крупу, муку и спирт. Муку используют для выпекания хлеба, приготовления кондитерских и макаронных изделий.

В связи с продолжающимся ростом населения нашей планеты и ограниченностью площади пашни, пригодной для возделывания сельскохозяйственных культур, решать проблему обеспечения продовольствием приходится путём интенсификации земледелия. В этом направлении особое значение имеет система защиты растений от вредителей, болезней и сорной растительности, которая существенно снижает потери урожая путём применения агротехнических, химических и биологических методов контроля фитосанитарной обстановки. В последние годы, все большее значение с точки зрения вредоносности приобретают различные болезни пшеницы. Применение химических препаратов, несмотря на высокую их эффективность против патогенов, может оказывать негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека, что вынуждает разрабатывать альтернативные методы контроля заболеваний, в том числе и на основе применения новых биопрепаратов. Для их получения важно найти эффективный биологический агент – бактерию или микромицет. К числу перспективных биоагентов относится эндофитная бактерия *Bacillus mojavensis* PS-17, полученная из семян пшеницы. В связи с этим возникла необходимость в изучении эффективности применения данной бактерии на яровой пшенице.

## Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Пшеница – одна из самых древнейших культур, местом происхождения которой является Юго-Западноазиатский центр. Археологические исследования показывают, что выращиванием пшеницы люди начали заниматься в Передней Азии ещё в доисторические времена. С пшеницей были знакомы в Месопотамии уже 6500 лет до н.э., около 6-5 тыс. лет до н.э. ей уже занимались в Египте, Сирии, Малой Азии. За 3 тыс. лет до н.э. пшеницу возделывали в Армении, Туркмении, Индии и Китае, а также на Украине. Данной культурой успешно занимались скифы, а позже и славяне, которые продвинули пшеницу далеко на север. В Америку и Австралию пшеница попала намного позже. В Латинскую Америку в 1528 г., в США в 1602 г., в Австралию в 1788 г, в Канаде возделывание пшеницы началось только в 1812 г. (Карпук, Сидорова, 2011).

Всё разнообразие возделываемых видов пшеницы делится на четыре генетические группы: диплоидные (14 хромосом), тетраплоидные (28 хромосом), гексаплоидные (42 хромосомы). Наибольшее производственное значение из которых имеют гексаплоидная мягкая и тетраплоидная твёрдая пшеницы. В настоящее время для пшеницы описаны основные гены устойчивости к болезням. Количество доминантных генов устойчивости к стеблевой ржавчине – 30, имеют обозначение Sr. К бурой листовой ржавчине – 25 генов устойчивости, имеют обозначение Lr. К жёлтой ржавчине – 10, обозначение Yr. К настоящей мучнистой росе – 10, обозначение Pm. К твёрдой головне – 10, обозначение Vt. (Шелепов и др., 2009)

Пшеница – это однолетняя, самоопыляющаяся культура длинного дня с вегетационным периодом 70-115 дней. Относится к классу однодольных растений, к семейству Злаковые (*Gramineae*) или Мятликовые (*Poaceae*). Корневая система пшеницы мочковатая. Стебель прямостоячий, полый или выполненный изнутри. Листья линейные, шероховатые, голые или опушенные, с параллельным жилкованием. Соцветие – сложный колос. Цветок с

простым околоцветником, тремя тычинками и одним пестиком. Плод у пшеницы – зерновка.

Зёрна яровой пшеницы могут начать прорасти при 1-2 °С, но ранние и дружные всходы появляются лишь при 10-12 °С. Оптимальная температура для такой культуры, как яровая пшеница 16-23 °С. На образование одного грамма сухого вещества яровой пшеницы приходится примерно 400-450 граммов воды. Для прорастания семян требуется до 50-60% воды от массы сухого зерна. В наибольшем количестве воды яровая пшеница нуждается в период от начала выхода в трубку до конца молочной спелости. На образование 100 кг зерна и соответствующего количества побочной продукции пшеница использует 3,5- 4,5 кг азота, 0,8-1,2 фосфора и 1,7-3,4 кг калия. Наиболее высокое потребление азота приходится на период от кущения до колошения, фосфора – на период от кущения до выхода в трубку. Калий потребляется яровой пшеницей с начальных дней роста до цветения более равномерно. Оптимальная реакция почвенного раствора для яровой пшеницы нейтральная (рН 6,5 – 7,0). Она плохо растёт на почвах с повышенной кислотностью, поэтому кислые почвы необходимо известковать (Косинский и др., 2000).

Для яровой пшеницы необходимо содержание в почве легкодоступных питательных веществ, что связано с пониженной способностью корневой системы усваивать элементы питания и относительно коротким периодом вегетации. Поэтому в относительно бедные почвы необходимо вносить органоминеральные удобрения и известь. Яровую пшеницу лучше располагать после таких предшественников, как чистые пары, пропашные культуры, многолетние травы, зерновые бобовые и озимые зерновые культуры. Яровая пшеница хорошо отзывается на внесение удобрений. Из минеральных удобрений с осени под основную обработку вносят фосфорные и калийные, весной под культивацию – азотные удобрения. Подкормки азотными удобрениями проводят в период кущения. Яровая пшеница является культурой с ранним сроком посева, запаздывание заметно снижает урожайность. Сеют её узкорядным или перекрёстным способами. На глубину 3-4 см. При таких спо-

собах посева на 1 га высевают 5-6 млн. всхожих зёрен, что составляет 2-2,5 ц. Уход за посевами включает прикатывание, боронование, борьбу с сорняками, болезнями, вредителями. Урожай убирают двухфазным в период восковой спелости или однофазным в период полной спелости способами. (Карпук, Сидорова, 2011).

Наиболее часто на территории Республики Татарстан на яровой пшенице встречаются такие заболевания, как головня (пыльная, твёрдая), спорынья, чернь колоса, ржавчина (бурая, жёлтая, стеблевая), мучнистая роса, септориоз, корневая гниль (гельмитоспориозная, фузариозная, офиоболёзная, церкоспореллёзная), чёрный зародыш (Койшыбаев, 2018).

В данной работе проводился учёт таких заболеваний, как мучнистая роса, септориоз листьев и колоса, чернь колоса.

Возбудителем мучнистой росы является гриб *Erysiphe graminis*, относящийся к роду *Erysiphe*, семейству Эризифовые (*Erysiphaceae*), порядку Эризифовые (*Erysiphales*), классу Эуаскомицеты (*Euascomycetidae*), типу Аскомикота (*Ascomycota*).

Морфология гриба: клейстотеции (клеистокарпии) коричневого цвета, погружены в мицелий. В клейстотециях от 9 до 30 асков. Аски продолговатояйцевидные или близкие к цилиндрической форме. Аскоспоры эллиптической формы. Конидии имеют одноклеточное строение, цилиндрическую или бочковидную форму, бесцветные, расположены цепочками на одноклеточных конидиеносцах. Размер конидий 25,0–30,0 x 8,0–10,0 мкм. (Пересыпкин, 1989; Григоровская, 2019).

Мучнистая роса проявляется на яровой пшенице в виде белого паутинистого налёта на надземных органах. Со временем приобретает форму ватообразных плотных подушечек сероватого цвета с чёрными точками (клеистотециями). Источником инфекции являются растительные остатки и озимые культуры. Учёт распространённости и развития болезни ведётся путём отбора проб (20 проб по 10 стеблей на 100 га). Определение интенсивности поражения проводится по шкале Гешеле (Койшыбаев, Муминджанов, 2016). Бо-

руются с мучнистой росой, обычно используя триазольные фунгициды в период вегетации.

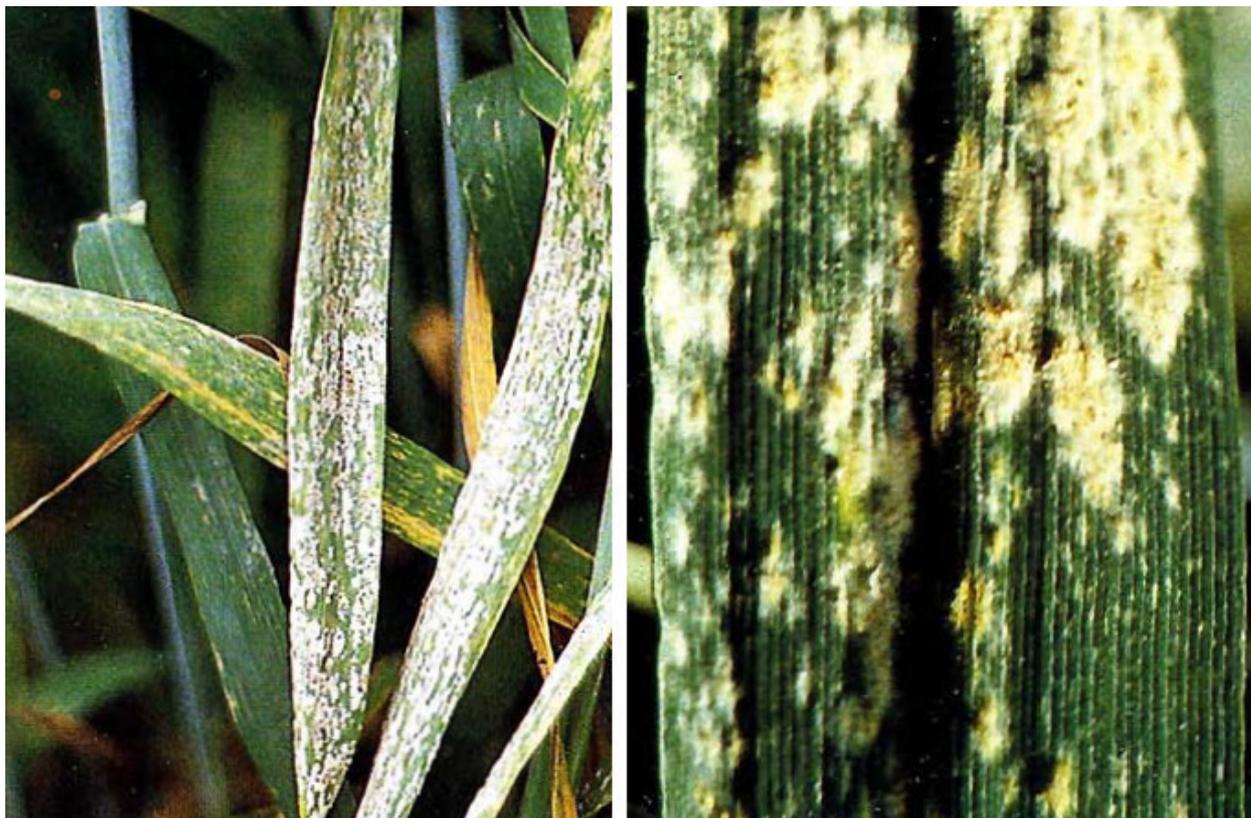


Рис. 1 – Симптомы настоящей мучнистой росы пшеницы (*Erysiphe graminis*) (по «Wheat Diseases and Pests: A Guide for Field Identification. CIMMYT.»)

Возбудителем септориоза листьев является гриб *Septoria tritici*, относящийся к роду *Septoria*, семейству Сферопсидные (*Sphaeropsidaceae*), порядку Сферопсидальные (*Sphaerioidaceae*), классу Целомицеты (*Coelomycetes*), типу Несовершенные грибы (*Anamorphic fungi*), являющийся анаморфной стадией гриба *Mycosphaerella graminicola*, относящегося к роду *Mycosphaerella*, семейству Микосфереллевые (*Mycosphaerellaceae*), Порядку Дотидейные (*Dothideales*), классу Эуаскомицеты (*Euascomycetidae*), типу Аскомикота (*Ascomycota*).

Морфология анаморфы. Пикниды шаровидно-круглые, слегка приплюснутые с вытянутым отверстием у вершины. Диаметр от 40 до 350 мкм. Конидии нитевидные, бесцветные, прямые или изогнутые, заострённые, с 3-5 перегородками. Размеры 52-60 мкм x 1-2 мкм.

Морфология телеоморфы: псевдотеции шаровидной формы, немного приплюснутые. Аски цилиндрические, немного сужены к основанию. Аскоспоры веретеновидные, с тремя перегородками, светло-коричневого или жёлтого цвета, немного изогнутые. Размеры 13-38 мкм x 3-7 мкм. ( Пересыпкин,1989, Григоровская, 2019).

Септориоз проявляется на листьях в виде жёлтых, светло-бурых пятен с тёмным ободком, которые потом становятся коричневыми (рис. 2). На пятнах можно разглядеть черные, шаровидные пикниды. Как правило, поражение ткани начинается с кончика листа и идёт к его основанию. Источник первичной инфекции – растительные остатки и семена. Учёт распространённости и развития болезни ведётся путём отбора проб (20 проб по 10 стеблей на 100 га). Определение интенсивности поражения проводится по шкале Джеймса ( Койшыбаев, Муминджанов, 2016). Борются с септориозом путём протравливания семян и обработки посевов фунгицидами группы триазола.

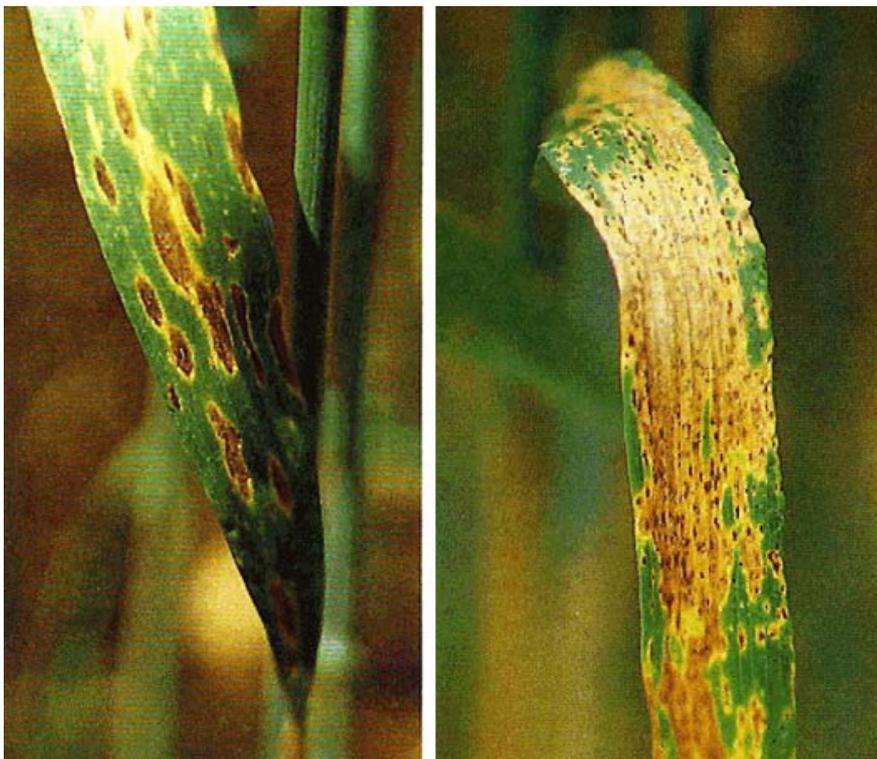


Рис. 2 – Симптомы септориоза листьев пшеницы (*Septoria tritici*) (по «Wheat Diseases and Pests: A Guide for Field Identification. CIMMYT.»)

Возбудителем септориоза колоса является гриб *Septoria nodorum*, относящийся к роду *Septoria*, семейству Сферопсидные (*Sphaeropsidaceae*), порядку Сферопсидальные (*Sphaeroidaceae*), классу Целомицеты (*Coelomycetes*), типу Несовершенные грибы (*Anamorphic fungi*), являющийся анаморфной стадией гриба *Stagonospora nodorum*, относящийся к роду *Phaeosphaeria* (*Stagonospora*), семейству Феосферивые (*Phaeosphaeriaceae*), порядку Плеоспоровые (*Pleosporales*), классу Локулоаскомицеты (*Loculoascomycetes*), типу Аскомикота (*Ascomycota*).

Морфология анаморфы. Пикниды шаровидно-округлые, слегка приплюснутые с вытянутым отверстием у вершины, диаметром 40-350 мкм. Конидии нитевидные, белые или бесцветные, изогнутые или прямые с тремя перегородками. Размеры 15-25 мкм x 2-4 мкм.

Морфология телеоморфы. Псевдотеции шаровидные, с коническим коротким устьицем. Аски цилиндрические, немного сужены к основанию. Аскоспоры бледные, буроватые, веретеновидные, слегка изогнутые, с тремя перегородками. Размеры 13-38 x 3-7 мкм (Пересыпкин, 1989; Григоровская, 2019).

Септориоз колоса поражает колосковые чешуи с образованием темно-бурых позже светлеющих пятен с пикнидами (рис. 3). Болезнь может переходить на зерно, которое будет отличаться от здорового легковесностью и щуплостью. Источником инфекции являются растительные остатки, семена. Учёт распространённости и развития болезни ведётся путём отбора проб (20 проб по 10 стеблей на 100 га). Определение интенсивности поражения проводится по шкале Джеймса (Койшыбаев, Муминджанов, 2016). Борются с септориозом колоса путём протравливания семян и обработки посевов триазольными фунгицидами.



Рис. 3 – Симптомы септориоза колоса пшеницы (*Septoria tritici*) (по «Wheat Diseases and Pests: A Guide for Field Identification. CIMMYT.»)

Возбудителями черни колоса могут быть такие грибы, как *Alternaria alternata*, относящаяся к роду *Alternaria*, семейству Демациевые – Dematiaceae, порядку Гифомицеты – Hyphomycetales, классу Гифомицеты – Hyphomycetes, типу Анаморфные (Несовершенные грибы) - Anamorphic fungi, и *Cladosporium herbarum*, относящемуся к роду *Cladosporium*, семейству Демациевые – Dematiaceae, порядку Гифомицеты – Hyphomycetales, классу Гифомицеты – Hyphomycetes, типу Анаморфные (Несовершенные грибы) – Anamorphic fungi.

Морфология *Alternaria alternata*. Гифы бесцветные, могут быть оливковыми или буроватыми. Конидиеносцы одиночные, либо в маленьких группах, простые либо ветвистые, прямые или извилистые. Цвет бледный, золотисто-коричневый, умеренно-оливковый. Конидии обратнобулавовидные,

яйцевидные или эллиптические. Цвет от бледно до умеренно-коричневого. Несколько продольных и косых перегородок, до 8 поперечных перегородок. Размер 20-63 мкм x 9-18 мкм.

Морфология *Cladosporium herbarum*. Мицелий тёмноокрашенный. Конидиеносцы могут быть прямыми или извилистыми. Цвет от бледно-оливкового до коричневого. Конидии эллиптической формы. Цвет бледно или средне коричневый. Перегородки в начале развития отсутствуют, позднее образуются от одной до пяти. Размер 5-23x3-8 мкм. (Пересыпкин, 1989; Григоровская, 2019). Проявляется в виде чёрного точечного налёта на колосе, напоминающего сажу, легко стирается. Источник инфекции больные семена и растения. Учитывают распространённость в период апробации. При борьбе используют любые химические фунгициды, применяемые при протравливании или в период вегетации.



Рис. 4 – Симптомы черни колоса пшеницы (по «Wheat Diseases and Pests: A Guide for Field Identification. CIMMYT.»)

В условиях мировых изменений климата и ухудшения фитосанитарной обстановки на главных сельскохозяйственных культурах важное значение принимают вопросы разработки новых подходов к защите растений от объектов, приносящих вред произрастающим культурам, в том числе и от фитопатогенов (Дружин, 2010; Левитин, 2015, 2016). Пристальное внимание к проблеме контроля фитопатогенов объясняется не только количественным снижением урожайности полученной продукции, но и ухудшением её качественных характеристик, на которые могут оказывать влияние продукты метаболизма грибковых инфекций, в том числе и на качество зерна пшеницы из-за микотоксинов. (Монастырский, 2006; Гагкаева и др., 2011).

Важное место в таких интегрированных, адаптивных системах контроля фитосанитарного состояния занимает биологический метод (Захаренко, 2015), в фундаменте которого располагается применение всевозможных микроорганизмов, которые выступают в роли биологических агентов контроля, такие как различные микромицеты-антагонисты, (*Trichoderma* и др.) (Gopalakrishnan et al., 2015) бактерии (*Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*) (VanOostenetal., 2017). Микроорганизмы-антагонисты могут использовать различные механизмы подавления фитопатогенной флоры (Singh et al., 2014), но чаще всего к таким механизмам относится конкуренция, паразитизм (Bolwerk et al., 2003; Palumbo et al., 2005; Алимова, 2006), антибиотики ((Wiest и et al., 2002; Stinson et al., 2003; Danaei et al., 2014), индуцированный иммунитет (Meziane et al., 2005; Whipps, McQuilken, 2009; Wu et al., 2017), гормональное влияние и т.д. (Szczech, Shoda, 2004; Бухарин и др., 2007; Whipps, McQuilken, 2009; Xu et al., 2011; Артамонова и др., 2014; Феоктистова и др., 2016). Поэтому создание новых биологических препаратов является перспективным направлением в области защиты растений и относится к направлению, наиболее актуальному в современной фитопатологии. (Штерншис, 2012; Gopalakrishnan et al., 2015; Марченко, 2017).

Одной из наиболее перспективных групп микроорганизмов являются эндофитные бактерии и грибы, очень тесно связанные с растительными тканями, в том числе с тканями семени. (Diekmann, 1996; Hardoim et al., 2015; Links et al., 2014). Исследование деятельности и активности таких биологических агентов, как эндофиты, и создание на их основе биологических препаратов, является одним из основных направлений в биологической защите растений. (Hallmann et al., 1997; Haggag, 2010).

Эндофиты или эндофитные микроорганизмы – это грибы или бактерии, заселяющие внутренние ткани растений, присутствие которых внешне не проявляется в виде симптомов заболевания, не вызывает инфекционного процесса и не оказывает значительного влияния на развитие и рост растительного организма. (Schulz, Boyle, 2006; Chebotar et al., 2015). Эндофиты способны расти в пространстве между клеток, а также внутри клеток корня и в сосудистых пучках, находясь в симбиотических отношениях с растительным организмом (Широких, 2008).

Бактериальные эндофиты, то есть те бактериальные клетки, которые находятся в растительных тканях, известны около 120 лет. В 1926 году присутствие бактерий в тканях растения-хозяина было признано особой фазой жизни бактерий, описанной как особая стадия взаимного существования, и имеющая много общего с мутуалистическим симбиозом. С того времени эндофитными микроорганизмами считаются те микроорганизмы, которые могут быть получены и изолированы на питательных средах из растительных органов путём их поверхностной стерилизации. Эта идея в защите растений была развита до понятия о том, что эндофиты – это все те бактерии, которые не причиняют видимого вреда растению-хозяину и могут быть выделены из поверхностно-стерилизованных растительных тканей. По своим предпочтениям и нуждам к пребыванию в такой среде, как растительные ткани, бактериальные эндофиты можно разделить на «факультативные» и «обязательные». Обязательные, или облигатные, в сильной степени зависят от своего растения-хозяина, внутренняя среда которого жизненно необходима для их

роста, развития и выживания, а переход их от одного растения к другому осуществляется вертикально, т.е. через семя, или с помощью векторов, т.е. переносчиков, способных повредить ткань растения и «захватить» с собой вместе с растительным соком бактериальные клетки. У факультативных, или необязательных, эндофитов в жизненном цикле есть моменты, когда они существуют вне растительной среды, а значит не целиком и полностью зависят от растения-хозяина и способны просуществовать без него. В некоторых ситуациях на бактериальные фитопатогены можно смотреть с точки зрения их эндофитного (обязательного или факультативного) взаимоотношения с растением-хозяином, так как они часто могут присутствовать в них в авирулентной форме.

При разработке биологических методов защиты с использованием эндофитных бактерий, с большим интересом и перспективой относятся к факультативным, нежели чем к облигатным эндофитам, в связи с тем, что последние со своим образом жизни имеют весьма ограниченное распространение. Жизненный цикл факультативных эндофитов можно охарактеризовать как смену двух стадий, чередующихся между растениями и окружающей средой, как правило, почвой. Основное количество микроорганизмов, которые обладают способностью расти и развиваться внутри растительного организма, предположительно, имея тенденцию к такому двухстадийному образу жизни, меняют среду своего обитания на наиболее надёжную в определённых условиях. При этом, важное значение имеет способность эндофитных бактерий проникать внутрь растений и сохраняться в них (Rosenbluethand Martinez-Romero, 2006).

Наиболее часто эндофитные микроорганизмы проникают внутрь растения первоначально заселяя растение путём заражения корней, пробираясь через микроразрывы тканей корня, трещинки в боковых корневых волосках, а после довольно быстро расползаясь в пространстве между клеток корня (Chi, F. et al., 2005). Существуют и другие способы проникновения в растительную ткань, например, через устьичные щели или ранки, возникающие в местах

проникновения фитопатогена (McCully, 2001), но трещинки в тканях корня считаются центральными, так называемыми «горячими точками» бактериальной колонизации (Sørensen and Sessitsch, 2006).

Живущие в почве бактерии вполне способны стать эндофитными случайно, попав в растительную ткань путём колонизации естественных ран (трещин, разрывов) или попадая в корни вместе с микроскопическими круглыми червями нематодами, которые также проникают в растительную внутреннюю среду. Подобные бактерии, попавшие в ткани растения случайно, именуется «пассажирскими эндофитами» и зачастую они ограничены только той областью, в которую их занесло то или иное событие, как правило, это ткани коры корня. Оппортунистические эндофиты показывают особенные характеристики заселения корней, например хемотаксический ответ, который даёт им возможность заселять поверхность корня, а затем проникать и углубляться во внутренние ткани растения через разрывы и трещины, появившиеся в местах выхода боковых корешков и корневого чехлика. Но как это случается с «пассажирскими эндофитами», оппортунистические эндофиты также ограничены определенными тканями растений, например тканями корней. Есть предположение, что «компетентные эндофиты» обладают всеми свойствами оппортунистических эндофитов и, помимо того, отлично приспособляются к растительной среде. Они могут заселять определённые области растения-хозяина, которые недоступны пассажирским и оппортунистическим эндофитам, которые не могут уйти далеко от места проникновения. Они проникают в проводящие ткани и оттуда, распространяясь по всему телу, влияя на метаболизм растений, поддерживают гармоническое равновесие с растением-хозяином.

Несмотря на то, что наличие бактериальных эндофитов не является величиной постоянной и довольно часто изменяется (Van Overbeek, Elsas, 2008) они зачастую могут вызвать сильные физиологические перестройки, которые способны повлиять на стимуляцию роста и развития растения-хозяина. (Conrath, et al., 2006). Зачастую эндофитные бактерии обладают большим

набором проявлений полезных эффектов, чем у большинства бактерий, колонизирующих корни и корнеобитаемый слой (Pillay and Nowak, 1997), и они способны усиливаться, когда растение находится в условиях стресса (Barka et al., 2006). Последовательность этапов колонизации эндофитными бактериями внутренних тканей растения, вероятно, напоминает заселение корней ризобактериями, по крайней мере на начальных её этапах (Hallmann et al., 1997). И правда, бактерии, относящиеся к так называемой корне-колонизирующей ризосфере, например, бактерии, являющиеся представителями родов *Pseudomonas* (например, *P. fluorescens*), *Azospirillum* (например, *A. brasilense*) и *Bacillus*, часто также можно увидеть как колонизаторов внутренних частей растений (Hallmann and Berg, 2006). И всё же есть предположения, что эндофитные бактерии представляют из себя приспособленных членов этих групп, что говорит о том, что эндофитная стадия является продвинутым способом существования бактериальной клетки и представляет, вероятно, одну из стадий их онтогенеза. Складывающиеся генетические и экологические факторы, по некоторым предположениям, играют важную роль в том, как именно бактерии становятся эндофитными (Reinhold-Hurek and Hurek, 1998). Поэтому эндофитная форма существования некоторых видов бактерий является результатом сочетания случайных факторов, которые определяют шансы возникновения подобного рода отношений при контакте клеток тканей корня и бактериальных консорциумов, находящихся в ризосфере корня. При этом возможность эндофитного существования определяется наличием таких систем, которые позволяют бактерии оставаться незамеченной растением при помощи его систем распознавания, что позволит продолжить активный процесс заселения растительной ткани. Большинство водных и почвенных бактерий могут обратиться в успешных колонизаторов растительных тканей, если они будут иметь способность бороться с колебаниями факторов в их окружении, перемещаясь из экзосферы в эндосферу, в которой разные ткани растений требуют разные бактериальные реакции. В эндосфере модуляция изменения в физиологии растений путем

воздействия на уровень этилена стала основной стратегией, потому что любое воздействие на этот мессенджер стресса растений оказывает значительное влияние на бактериальную нишу (Iniguez et al., 2005). В итоге то, как бактерии оказывают влияние на концентрацию этилена, оказывается ключом к их экологическому успеху или компетентность как эндофита. Идея «компетентного эндофита» была предложена как возможность дать характеристику этим бактериям, которые обладают ключевым генетическим механизмом, нужным для заселения эндосферы и возможности сохраниться в ней. Это отличает их от оппортунистических эндофитов, которые успешны, как ризосферные колонизаторы, но у них не хватает генетических строк, которые позволили бы им стать эндофитными и заселить внутреннюю ткань растения. Более того, можно выделить пассажирские эндофиты, которые не имея никакого механизма, позволяющего им эффективно колонизовать внутреннюю часть растения, попадают в него в процессе совершенно случайного события. Для компетентных эндофитов, оба партнера во вновь возникшей бактериально-растительной ассоциации, получают положительный эффект от совместного существования.

Разнообразие и состав сообщества бактерий в эндосфере, вероятно, управляется случайными событиями, которые, в свою очередь, находятся под влиянием определенных процессов колонизации (Battin et al., 2007). Исходя из предположения, что эндофиты являются обычно выходцами из почвы, в которой растет их будущий хозяин, можно сказать, что именно почвенные условия определяют заселение растения разного рода бактериями, а значит и определяют состав сообщества бактериальных эндофитов. Такие факторы, как генотип растения, стадия роста и физиологический статус, тип растительной ткани, почвенно-климатические условия и способы ведения сельского хозяйства также определяют эндофитную колонизацию и состав эндосферных сообществ (Hallmann and Berg, 2006). Помимо этого, внутренние особенности и свойства самой бактерии для заселения тканей растений имеют важное значение в качестве определения разнообразия эндофитов.

Например, часть выделенных бактерий, показывающих подвижность, извлеченная из корней пшеницы, была более чем в пять раз больше, чем часть, восстановленная из соответствующей ризосферы (Czaban, 2007). Одними из самых важных определяющих факторов, которые предопределяют успех почвенной бактерии, как эндофитной, является способность её приближаться к корням растений через подвижность, вызванную хемотаксисом и эффективно заселять их. (Vasilio-Jimenez et al., 2003).

Колонизация корней бактериями зачастую начинается с узнавания особых соединений корневых экссудатов, позволяющих бактерии найти корень по росту концентрации специфического вещества. (De Weert et al., 2002). Эти корневые экссудаты, возможно, также имеют важное место во взаимодействиях подземных сообществ. В теории, растения одновременно общаются с комменсалами, мутуалистами, симбиотами и патогенами через экссудаты, выделяемые их корнями (Bais et al., 2004). И всё же, было предположено, что растение может выделять экссудаты в ризосферу специально, с целью привлечения нужного ей микроорганизма для их собственной экологической и эволюционной выгоды. Очень трудно разобраться в механизмах, определяющих процессы данного отбора из-за сложности взаимодействия микрофлоры в почве между собой и корневой системы растения.

Одним из факторов, который значительно способствует конкурентоспособности в заселении корня является двигательной направленностью от хемотаксического ответа на корневые экссудаты. Этот ответ меняется среди эндофитных видов, и вполне вероятно, что несколько параллельных путей развивались в течение разных растительно-микробных взаимодействий. Органические кислоты являются основными химическими аттрактантами по отношению и во взаимодействии с *P. fluorescens* – томата (De Weert et al., 2002), тогда как углеводы и аминокислоты привлекают *Corynebacterium flavescens* и *Bacillus pumilus* к рису (Bais et al., 2004). Наглядная особенность в этих взаимодействиях, вероятно, связана с потребностями в питании бактерий, которые движутся по хемотаксису вдоль тех соединений, выступающих

в почву, которые их устраивают как субстрат. Как только их клетки попадают внутрь растения, «компетентные эндофиты» реагируют на сигналы растений для обеспечения дальнейшей индукции клеточных процессов, необходимых для вступления в эндофитную стадию жизни и распространения на другие ткани растения. Производство таких ферментов, как эндоглюканазы и эндополигалактуронидазы, вероятно, незаменимо в этом деле. На этой стадии компетентные эндофиты способны быстро размножиться внутри растения, зачастую достигая огромного числа клеток (например,  $10^8$  клеток на 1 грамм сухой ткани корня) (Barraquio et al., 1997). Численность эндофитного биома находится в зависимости и положительно коррелирует с фазой развития растений, постепенно начиная расти с фазы всходов и далее до максимума при старении растений.

Зачастую состав эндофитных бактериальных сообществ весьма непредсказуем, потому что большие изменения могут наблюдаться даже у тех же самых видов растений. Повышение бактериальной колонизации под влиянием специфических углеводистых выделений корневой системы растения и способность определенных бактерий изменять обмен веществ растений являются основными вопросами о возможном мутуалистическом отношении в системе растение-эндофит. Конкретные эндофиты часто могут иметь важную роль для роста и развития растений-хозяев. Если такие эндофиты не передаются через семена последующим поколениям растений, то появление эффективной физиологической системы хозяина, обеспечивающей их отбор из почвы, могло бы иметь ключевое значение для эволюции видов растений.

Интересы практики биологические препараты на основе эндофитных микроорганизмов могут удовлетворить благодаря их возможности влиять на рост и развитие растения-хозяина, влияя на его защиту от патогенов, проявляя свои биофунгицидные свойства, тем самым изменяя показатели урожайности сельскохозяйственных культур в лучшую сторону при их применении. Современный набор биологических препаратов на основе таких микроорганизмов совсем невелик. Наиболее часто в качестве биологического агента

положены различные штаммы широко распространённых в почвах эндофитных бактерий *Bacillus subtilis*. К таким препаратам относятся биофунгициды Фитоспорин М и Интеграл, которые показали высокую эффективность в защите растений пшеницы от стрессов (Хайруллин и др., 2007; Мубинов, 2007).

Положительное влияние биопрепаратов на основе эндофитных бактерий показано во многих исследованиях. Например, на яровой пшенице обработка Фитоспорином–М (Немченко, Цыпышева, 2014) увеличило урожайность на 3,1 ц/га. Препарат Экстрасол увеличил урожайность яровой пшеницы на 3,8 ц/га (Привезенцев, Тарасов, 2016). Аналогичные результаты были получены и в Казахстане (Амангельды и др., 2017), в Башкортостане (Цыпышева, 2014), в Ульяновской области (Никитин, Захаров, 2016).

В связи с этим, создание новых биологических препаратов на основе эндофитных бактерий имеет несомненную актуальность.

## Глава 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Цель и задачи исследования

Цель исследования – оценка эффективности применения на яровой пшенице экспериментального биопрепарата на основе бактерии *Bacillus mojavenensis* PS17

Задачи исследования:

1. Оценить эффективность применения *Bacillus mojavenensis* PS17 в отношении основных болезней пшеницы листьев и колоса в период вегетации.
2. Исследовать влияние обработки *Bacillus mojavenensis* PS17 на урожайность яровой пшеницы и его качество;
3. Оценить влияния *Bacillus mojavenensis* PS17 на эндофитную микрофлору семян нового урожая;
4. Провести оценку экономической эффективности применения *Bacillus mojavenensis* PS17 на яровой пшенице.

### 2.2. Агрометеорологические условия

Агроклиматические условия вегетационного периода 2018 года складывались следующим образом (рис. 5).

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2018 года можно охарактеризовать как отличающиеся большими колебаниями в агрометеорологических параметрах. В мае и июне, при температурах близких к многолетним значениям, количество осадков было значительно ниже нормы. Тогда как в июле, напротив, температурный фон был выше нормы и выпало на 23,1 мм больше осадков. Такие условия оказали влияние на формирование урожая и развитие болезней пшеницы. В целом погодные условия вегетации 2018 года были не совсем благоприятными для пшеницы, что связано с периодическими засушливыми явлениями.

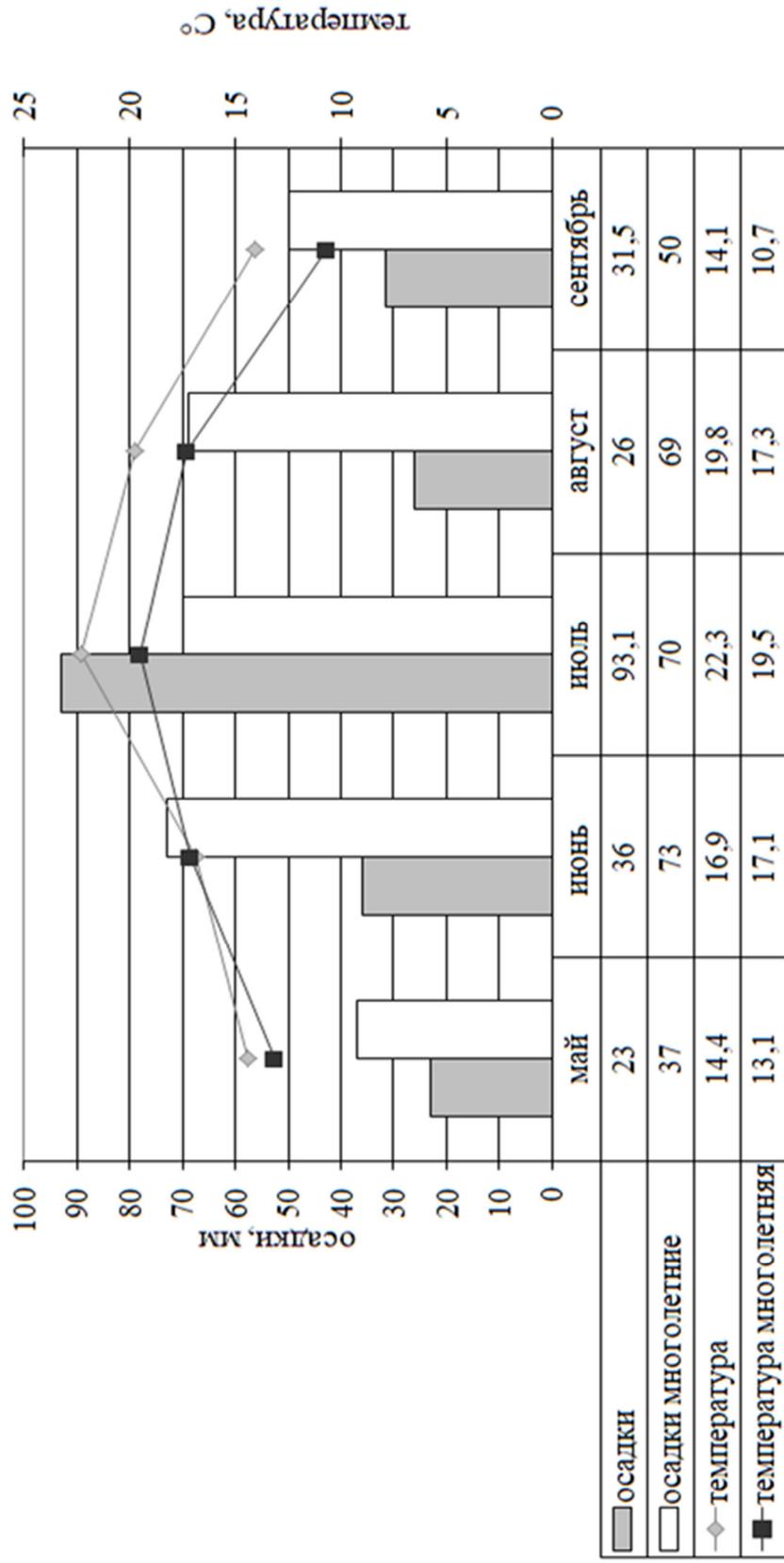


Рис. 5 – Агроклиматические условия вегетационного периода 2018 года  
(станция Казань Опорная)

### 2.3. Методика проведения полевых опытов и исследований

Полевые опыты закладывались в 2018 году на опытных полях кафедры Общего земледелия, защиты растений и селекции ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» (опыт с некорневым внесением).

Объект исследований – яровая пшеница сорта Экада 66.

#### Схема опыта:

1. Контроль (без обработки).
2. фунгицид Фалькон (250 г/л спироксамина, 167 г/л тебуконазола, 43 г/л триадиминола), 0,6 л/га
3. биофунгицид (Ризоплан) (*Pseudomonas fluorescens*), 1,0 л/га.
4. экспериментальный биопрепарат на основе *Bacillus mojavensis* штамм PS-16, 1,0 л/га.
5. экспериментальный биопрепарат на основе *Bacillus mojavensis* (штамм PS-17), 1,0 л/га.
6. экспериментальный биопрепарат на основе *Pseudomonas fluorescens* (штамм WCS-365), 1,0 л/га.

Экспериментальные штаммы эндофитных бактерий *Bacillus mojavensis* были получены в Казанском ГАУ 2017 году и обозначены как PS-16 и PS-17. Ризосферная бактерия *Pseudomonas fluorescens* (WCS-365) была получена из Казанского Федерального Университета.

Обработки растений проводились в фазу колошения. Общая площадь делянки – 21 м<sup>2</sup>, учетная – 15 м<sup>2</sup>. Повторность в опыте – четырехкратная. Под культивацию вносились 2 ц/га азофоски и 1 ц /га аммиачной селитры. Посев яровой пшеницы сорта Экада 66 провели 9 мая, с нормой высева 5,5 млн. всхожих семян. Агротехнология возделывания яровой пшеницы – общепринятая для зоны Предкамья Республики Татарстан. Расход рабочей жидкости – 200 л/га. Обработку проводили дважды – в фазу колошения и в фазу цветения.

### **В опытах проводились следующие учеты, наблюдения и анализы:**

1. *Методика выделения эндофитных бактерий из семян.* Поверхностная стерилизация семян и последующее выделение эндофитной микрофлоры проводили по методике M. Simons et al., (1996). В каждом варианте отбиралось по 100 семян, которые помещались в стерильную колбу, затем в течение 5 минут проводили стерилизацию 50 мл 70% этанолом. Последующую стерилизацию проводили 4% гипохлоритом натрия (NaClO) с 0,5 мл додецил сульфата натрия (ДСН) и 38 мл дистиллированной воды. Стерилизация проводилась в течение 15 минут при комнатной температуре. Семена промывались не менее 6 раз 100 мл стерильной дистиллированной воды комнатной температуры до исчезновения запаха. Стерильным и остывшим шпателем раскладывали семена на поверхности чашек Петри со средой Кинг Б.

2. *Методика получения экспериментальных биопрепаратов.* Производство биопрепаратов на основе изучаемых штаммов проводилось на лабораторной качалке Innova 40R (Eppendorf) при температуре 37°C, время инкубации – 17 часов при ротации 180 об/мин. Среда для получения препаратов – жидкая питательная среда LB. Титр не менее  $2,5 \cdot 10^9$  КОЭ/л.

3. *Учет развития болезней* проводили общепринятыми методами. Распространенность колосовых заболеваний (Р) рассчитывали по формуле:  **$P = n / N \times 100$** ;

где Р- распространенность болезни, (%)

n- число пораженных растений, (шт.)

N-общее количество растений в пробе, (шт.)

Развитие листовых болезней определяли согласно иллюстрированным шкалам (приложение).

4. Урожайность определяли методом сплошной уборки комбайном SAMPO 500.

5. Экономическую эффективность рассчитывали по технологическим картам МСХ и П РТ для яровой пшеницы и методике СибНИИСХ.

### Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы

В 2018 году на листьях яровой пшеницы развивались такие заболевания как мучнистая роса и септориоз листьев. Результаты учетов развития данных микозов после обработки разными препаратами представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Развитие листовых болезней и биологическая эффективность их контроля при применении различных препаратов на яровой пшенице (через 14 дней после обработки), %, 2018 г

Вариант	Развитие болезни, %		Биологическая эффективность, %	
	септориоз листьев	настоящая мучнистая роса	септориоз листьев	настоящая мучнистая роса
Контроль	13,0	2,5		
Фалькон	5,5	0	57,7	100,0
Ризоплан	15,1	1,0	0	60,0
Штамм PS-16	15,0	2,5	0	0
Штамм PS-17	10,0	0,5	23,1	80,0
Штамм WCS-365	12,5*	5,1	3,8	0

Примечание: \* - недостоверно к контролю при  $P = 0,05$  (при 5% ошибке).

Результаты оценки показали, что в отношении септориоза листьев, среди изучаемых биопрепаратов, активность проявил только биопрепарат на основе штамма PS-17 *Bacillus mojavensis*, но при этом, величина биологической эффективности в данном варианте, была почти в 2,5 раза ниже, чем при применении химического фунгицида. В отношении мучнистой росы, также из биопрепаратов выделялся вариант на основе *Bacillus mojavensis* PS-17, но и здесь биологическая эффективность была ниже, чем у химического стандарта. Однако, в отношении обоих изучаемых заболеваний, экспериментальный препарат на основе штамма PS-17 *Bacillus mojavensis* обладал более

сильным фунгицидным действием, чем стандартный биофунгицид Ризоплан и *Pseudomonas fluorescens* штамм WCS-365 из коллекции КФУ.

В фазу восковой спелости, проводили учет поражения колосьев различными болезнями, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Распространенность болезней колоса и биологическая эффективность их контроля при применении препаратов на яровой пшенице (фаза восковой спелости), %, 2018 г

Вариант	Распространенность болезней, %		Биологическая эффективность, %	
	чернь колоса	септориоз	чернь колоса	септориоз
Контроль	2,0	5,1		
Фалькон	1,0	1,1	50,0	78,4
Ризоплан	1,5	2,1	25,0	58,8
Штамм PS-16	1,7	2,9	15,0	43,1
Штамм PS-17	1,1	1,8	45,0	64,7
Штамм WCS-365	1,9*	3,0	5,0	41,2

Примечание: \* - недостоверно к контролю при  $P = 0,05$  (при 5% ошибке).

В большинстве случаев, при обработке изучаемыми препаратами отмечалось достоверное снижение зараженности колосьев яровой пшеницы болезнями. Самое минимальное распространение как черни колоса, так и септориоза было при использовании фунгицида Фалькон. При сравнении биопрепаратов, можно отметить, что также как и в отношении листовых микозов, по снижению зараженности колосьев микозами выделялся штамм PS-17 *Bacillus mojavensis*, который превосходил по своей биологической эффективности как стандартный биологический препарат Ризоплан, так и штамм WCS-365 из коллекции КФУ.

Таким образом, по эффективности контроля болезней яровой пшеницы среди биопрепаратов выделялся штамм PS-17 *Bacillus mojavensis*.

### 3.2. Урожайность и структура урожая яровой пшеницы.

Данные по урожайности яровой пшеницы по вариантам опыта с различными препаратами приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Урожайность яровой пшеницы сорта Экада 66 при применении различных биопрепаратов, т/га, 2018 г

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	%
Контроль	2,48		
Фалькон	3,38	0,90	36,3
Ризоплан	2,57	0,09	3,8
Штамм PS-16	2,88	0,40	16,3
Штамм PS-17	3,01	0,53	21,3
Штамм WCS-365	2,91	0,43	17,5
НСР <sub>05</sub>	0,09		

В условиях 2018 года, наибольшая урожайность яровой пшеницы была получена при обработке посевов химическим фунгицидом Фалькон. При его использовании урожайность повысилась на 0,9 т/га или на 36,3% к контролю. Во всех вариантах с биологическими препаратами урожайность была достоверно ниже.

При сравнении урожайности в вариантах с биопрепаратами можно отметить, что наибольшая прибавка урожая была получена при применении дважды за вегетацию экспериментального препарата на основе штамма PS-17 *Bacillus mojavensis*. В данном варианте, прибавка урожая составила 0,53 т/га или на 21,3%. Такая прибавка была значительно выше, чем при применении стандартного биофунгицида Ризоплан и штамма WCS-365 из коллекции Казанского ФУ.

Для понимания причин роста урожайности при применении различных препаратов важно понимать за счет каких элементов структуры урожая он осуществляется (табл. 4).

Таблица 4 – Масса 1000 семян и количество зёрен в колосе яровой пшеницы сорта Экада 66 при применении различных препаратов, г, 2018 г

Вариант	Число зёрен в колосе	Масса 1000 семян (МТС), г
Контроль	29	38,96
Фалькон	26	38,46
Ризоплан	30	37,30
Штамм PS-16	33	36,96
Штамм PS-17	29	43,79
Штамм WCS-365	32	34,34

При применении биопрепаратов несколько увеличилось количество зёрен в колосе, по сравнению с контролем и вариантом с химическим фунгицидом.

При применении биологического препарата на основе *Bacillus mojaven-sis* PS-17 заметно повышается масса 1000 семян, как в сравнении с контролем, так и с другими препаратами.

Таким образом, положительный эффект в увеличении урожайности от использования экспериментального биопрепарата на основе *Bacillus mojaven-sis* PS-17 связан с увеличением массы 1000 семян.

## 3.3. Качество урожая яровой пшеницы

Определение качественных характеристик зерна яровой пшеницы проводилось в сертифицированной лаборатории в соответствии с соответствующими ГОСТам. Результаты оценки представлены в таблице 5.

Таблица 5– Качество урожая зерна яровой пшеницы сорта Экада 66 при применении опрыскивания различными препаратами

Вариант	Стекло- видность, %	Натура зерна, г/см <sup>3</sup>	Содержа- ние белка, %	Массовая доля клейко- вины, %	Показа- ния ИДК
Контроль	89	760	11,4	20,1	88,6
Фалькон	89*	781	14,2	26,2	87,7
Ризоплан	90*	759*	13,8	21,0	88,0
Штамм PS-16	82*	751*	12,0*	22,1	88,2
Штамм PS-17	87*	776	15,0	25,0	83,6
Штамм WCS-365	89*	765*	12,6	21,2	85,1

Примечание: \*- разница недостоверна к контролю при  $P=0,05$

Проведенные исследования показали, что наиболее сильное положительное влияние на повышение качественных характеристик зерна яровой пшеницы оказало двукратное применение химического препарата Фалькон. Из биологических агентов преимущество имел экспериментальный биопрепарат на основе штамма PS-17 *Bacillus mojavenensis*.

Таким образом, было установлено, что применение экспериментального биопрепарата на основе *Bacillus mojavenensis* PS-17 не только приводит к росту урожайности, но и улучшает качество продукции.

### 3.4. Количество эндофитных бактерий в зерне после обработки

Значительный научный интерес представляет вопрос как обработки различными биопрепаратами влияют на микрофлору семян, в частности количество эндофитных бактерий. Результаты такой оценки приведены в таблице 6.

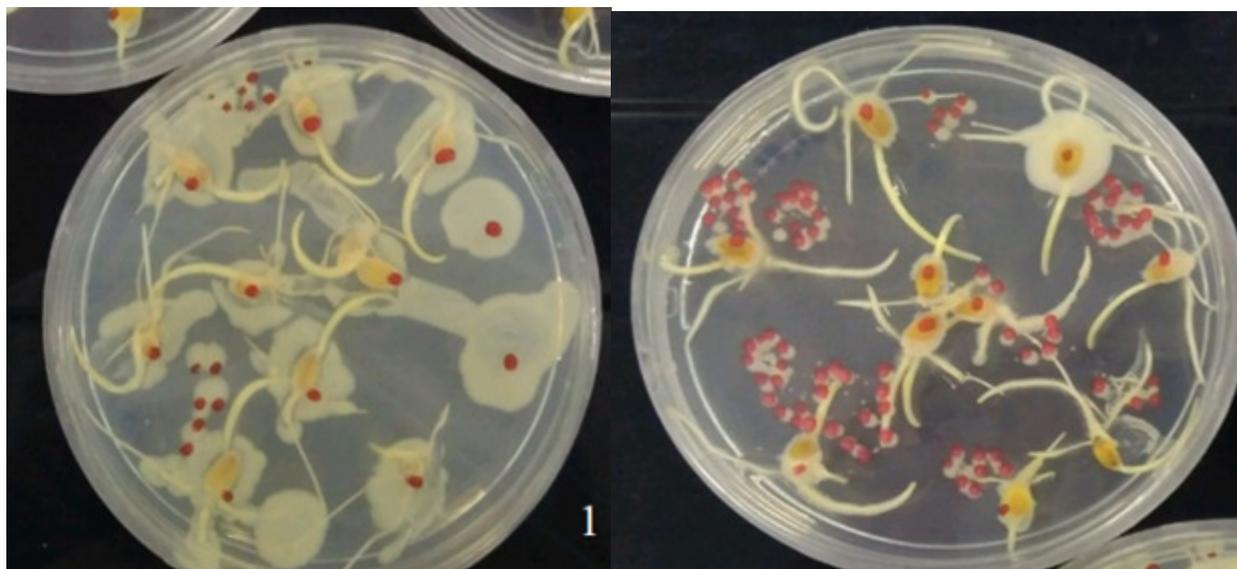
Таблица 6 – Количество эндофитных бактерий, выделенных из семян сорта Экада 66 при применении биоагентов, КОЕ на 1 семя, 24.01.2019

Вариант	КОЕ/семя
Контроль	2,1
Фалькон	1,3
Ризоплан	8,4
Штамм PS-16	9,0
Штамм PS-17	21,2
Штамм WCS-365	10,3

Как показывают данные таблицы, количество эндофитов, выделенных из семян в контроле (без обработки) было крайне небольшим. Аналогичные результаты были получены и при использовании химического препарата (фунгицида), причем отмечался достоверный отрицательный эффект от такой обработки в сравнении с контролем.

Среди биологических препаратов, по численности эндофитных бактерий в семенах нового урожая существенное преимущество имел вариант где применяли штамм PS-17 *Bacillus mojavenensis*. Так в данном варианте прирост величины КОЭ на семя было в 2 раза выше, чем в контроле. Для стандартного биофунгицида, а также экспериментальных штаммов PS-16 и WCS-365 показатели были примерно на одном уровне.

На рис. 6 представлены результаты определения по некоторым вариантам опыта:



Контроль

PS-17

Рис. 6 – Влияние опрыскивания на численность эндофитных бактерий семян яровой пшеницы нового урожая, 24.01.2019  
(красные точки – колонии эндофитных бактерий)

Таким образом, применение штамма PS-17 *Bacillus mojavensis* оказывает положительное влияние на количество эндофитов в семенах нового урожая.

## Глава 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Результаты экономической оценки приводятся по прямым производственным затратам. Данные представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Экономическая эффективность обработки растений яровой пшеницы сорта Экада 66 различными препаратами, 2018 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Прямые затраты, руб./га	затраты на препараты, руб./га	Себестоимость 1 т зерна, руб.	Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Контроль	2,48	23,56	12,38		4,99	11,18	90,3
Фалькон	3,38	32,11	15,39	2,16	4,55	16,72	108,6
Ризоплан	2,57	24,42	13,23	0,40	5,15	11,19	84,6
Штамм PS-16	2,88	27,36	13,38	0,40	4,65	13,98	104,5
Штамм PS-17	3,01	28,60	13,45	0,40	4,47	15,15	112,7
Штамм WCS-365	2,91	27,65	13,40	0,40	4,60	14,25	106,4

Примечание: цена 1 т зерна яровой пшеницы в 2018 году – 9,5 тыс. руб.; цена 1 л фунгицида Фалькон – 1800 руб. ; биопрепаратов – 200 руб.

Несмотря на высокую стоимость применение химического препарат Фалькон оказалось экономически рентабельным. В то же время, для стандартного биофунгицида Ризоплан, уровень рентабельности был ниже, чем в контроле. Однако, по всему опыту, наилучшие экономические результаты производства зерна пшеницы были получены при применении экспериментального биопрепарата на основе PS-17 *Bacillus mojavensis* (рентабельность выше в 1,24 раза, чем в контроле).

## Глава 5. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1. Охрана окружающей среды

Пестициды широко применяются на местах производства сельскохозяйственной продукции в связи с большим количеством и разнообразием вредных объектов на производственных полях. Пестициды ежегодно используются в больших количествах на огромных площадях, обладая токсичностью не только по отношению к целевым объектам, против которых применяются (сорная растительность, фитопатогены и вредители), но и по отношению теплокровным животным, полезной энтомофауне (пчёлы, энтомофаги и т.п.), и к человеку. Они способны накапливаться в почвах, переноситься ветрами, просачиваться в грунтовые воды, загрязняя окружающую среду и создавая опасность существования для многих живых организмов, включая человека. В связи с тем, что неправильное и неаккуратное их использование может приводить к столь серьёзным последствиям для экологии, порядок их применения строго регламентируется на законодательном уровне. Чтобы снизить экологическую нагрузку при производстве сельскохозяйственной продукции, не теряя драгоценного урожая посредством потерь от вредных биологических объектов, целесообразно расширять ассортимент биологических препаратов, обладающих удовлетворительными показателями истребительной и профилактической активности по отношению к ВБО. В частности, разработка новых биофунгицидных препаратов на основе эндофитных бактерий может пополнить ассортимент орудий против микозов и бактериозов, снижая общую химическую нагрузку, как на элементы окружающей среды, так и на продукцию растениеводства и животноводства, ежедневно попадающую на стол к каждому человеку.

## 5.2. Техника безопасности при применении пестицидов

При проведении защитных мероприятий необходимо руководствоваться предписанными правилами выполнения опасных полевых работ, предусматривающих охрану здоровья работника, выполняющего опрыскивание посевов растворами пестицидов, способных при халатном и безответственном поведении не только оказать удар по окружающей среде, но и подставить под угрозу здоровье и даже жизнь того, кто с ними работает. При работе с опрыскивателями необходимо соблюдать технику безопасности, которая обязывает работника не контактировать с опасными жидкостями (пестицидам) без средств индивидуальной защиты (резиновые перчатки, респиратор, пластиковые очки, защитный костюм), набор которого определяется классом опасности пестицида и условий работы с ними. К работе с опрыскивателями допускаются только лица старше 18 лет, хорошо знакомые с устройством и действием аппаратов, а также с правилами регулировки и ухода за ними. Во время работ с ядохимикатами запрещается принимать пищу, курить, пить, чтобы избежать возможного попадания пестицида в дыхательный или пищеварительный каналы. Препараты должны храниться в специально выделенных под это местах, изолированных от детей, больных, беременных и кормящих женщин, животных, пищевых продуктов, и исключаящий их контакт с ними. Перевозить их можно только в герметичной таре, исключаящей утечку СЗР при транспортировке.

При работе с пестицидами ввиду их высокой токсичности для человека и окружающей среды, преимущество необходимо отдавать препаратам с низкой токсичностью и препаратам биологического происхождения.

## Глава 6. ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Физическая культура на производстве является важным фактором в ускорении научно-технического прогресса и производительности труда. Исходя из этого, выпускнику Казанского ГАУ, освоившему программы бакалавриата, необходимо уметь использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Основное средство физической культуры – физические упражнения, способствующие совершенствованию жизненно важных сторон человека, обеспечивая развитие его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. Для развития физических способностей используются следующие способы:

- повышенное количество движений в вынужденных позах;
- выполнение вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ловкости рук, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости мышц, разгибающих позвоночник, а также мышц живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, которые позволяют сохранить здоровье человека, его психическое благополучие и помогают совершенствовать его физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

На основе результатов проведенных опытов можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Наименьшее развитие как листовых болезней, так и микозов колоса было при применении химического фунгицида Фалькон. Из биологических препаратов наиболее выраженным положительный эффект в снижении развития листовых болезней был при применении штамма PS-17 *Bacillus mojavenensis*.

2. В условиях 2018 года, наибольшая урожайность яровой пшеницы была получена при обработке посевов химическим фунгицидом Фалькон. Во всех вариантах с биологическими препаратами урожайность была достоверно ниже. Наибольшая прибавка урожая в вариантах с биопрепаратами была получена при применении дважды за вегетацию экспериментального препарата на основе штамма PS-17 *Bacillus mojavenensis*. Она составила 0,53 т/га или на 21,3%. Рост урожайности в данном варианте, связан с увеличением показателя массы 1000 семян.

3. Наилучшие качественные характеристики зерна яровой пшеницы (стекловидность, содержание белка, клейковины, показатели её деформации) были при использовании химического препарата Фалькон. Среди биопрепаратов преимущество имел вариант с *Bacillus mojavenensis* PS-17.

4. Применение штамма PS-17 *Bacillus mojavenensis* оказывает положительное влияние на количество эндофитных бактерий в семенах нового урожая.

5. Наилучшие экономические результаты производства зерна пшеницы были получены при применении экспериментального биопрепарата на основе PS-17 *Bacillus mojavenensis* (рентабельность выше в 1,24 раза, чем в контроле).

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

На яровой пшенице имеет перспективы использование биологического препарата на основе штамма *Bacillus mojavensis* PS-17 в норме 1,0 л/га. На основе данного штамма можно создать эффективный биопрепарат.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимова, Ф.К. Промышленное применение грибов рода *Trichoderma* / Ф.К.Алимова. – Казань: Казанский государственный университет им.В.И.Ульянова-Ленина, 2006. – 209 с.
2. Амангельды, Н. Применение Экстрасола против болезни корневой гнили на яровой пшенице /Амангельды Н., Кочоров А.С., Агибаев А.Ж. //Аграрная наука - сельскому хозяйству. – Алтайский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 48-50.
3. Артамонова М. Н. Роль бактериальных симбионтов в растительно-микробных ассоциациях/ М. Н. Артамонова, Н. И. Потатуркина-Нестерова, О. Е. Беззубенкова//Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т. 19. – №1. – С.81-84.
4. Бухарин, О. В Ассоциативный симбиоз/ О. В. Бухарин, Е. С. Лобакова, Н. В. Немцева, С. В. Черкасов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 264 с.
5. Гагкаева, Т.Ю. Фузариоз зерновых культур/ Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В.//Приложение к журналу Защита и карантин растений. – 2011. – №5. – 52 с.
6. Григоровская П.И. Болезни сельскохозяйственных культур/Григоровская П.И., Зайцева Т.В. – 2019. – Режим доступа: <http://www.pesticidy.ru/>.
7. Дружин, А.Е.Влияние изменений климата на структуру популяций патогенов яровой пшеницы в Поволжье/ А.Е.Дружин//Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010. – № 1 (4). – С.31-35.
8. Захаренко, В.А. Биотехнологии и защита растений//Защита и карантин растений. – 2015. – №11. – С.3-8.
9. Койбышев М. Болезни пшеницы /Мурат Койшыбаев. – Анкара. – 2018. - 394 с).

10. Койбышев М. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур /Мурат Койшыбаев, Хафиз Муминджанов. – Анкара. – 2016. - 42 с).
11. Карпук, В.В. Растениеводство /В.В.Карпук, С.Г.Сидорова. – Минск. – 2011. – 351 с.
12. Косинский В.С. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство /В,С,Косинский, В.С.Никляев, В.В.Ткачев, А.А.Сучилина. – Москва. - 2000. - 555 с.
13. Левитин, М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата/М.М. Левитин //Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Том 50. – № 5. – С. 641-647.
14. Марченко, А. Б. Фузариозное увядание астры однолетней и ограничение его распространения / А. Б. Марченко // Защита и карантин растений. – 2017. – № 9. – С. 50-51.
15. Монастырский, О. А. Чем грозит глобальное потепление // Защита и карантин растений. – 2006. - № 2. – С. 18-20.
16. Монастырский, О.А. Токсинообразующие грибы и микотоксины/ О.А. Монастырский//Защита и карантин растений. – 2006. – №11. – С.18-20.
17. Мубинов И.Г. Реакции пшеницы на действие клеток эндофитного штамма 26Д *Bacillus subtilis* – основы биофунгицида фитоспорин. Автореф. дис. ... канд.биол. наук. Уфа: БГУ. 2007. 22 с.
18. Немченко, В.В. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на структуру урожая и продуктивность яровой пшеницы/ В.В. Немченко, М.Ю. Цыпышева //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 8 (118). – С. 5-8. 19. Никитин, С. Н. Эффективность применения биопрепаратов на яровой пшенице/ С. Н. Никитин, С. А. Захаров // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal) .NAUKI ROLNICZE.* – 2016. – № 7. – P.165-168.
20. Пересыпкин В.Ф. Сельскохозяйственная фитопатология/ В.Ф.Пересыпкин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 480 с.

21. Привезенцев, С.Р. Влияние биопрепаратов Экстрасол и Бисолбифит на продуктивность пшеницы яровой в условиях Верхневолжского региона/ С.Р. Привезенцев, А.Л. Тарасов // Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства. – Суздаль, 2016. – С. 267-269.

22. Феоктистова, Н.В. Ризосферные бактерии //Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки/ Н.В. Феоктистова, А.М. Марданова, Г.Ф. Хадиева, М.Р. Шарипова. – 2016. – Т. 158, кн. 2. – С. 207–224.

23. Хайруллин Р.М. Повышение устойчивости пшеницы к абиотическим стрессам эндофитным штаммом *Bacillus subtilis*/ Хайруллин Р.М., Недорезков В.Д., Мубинов И.Г., Захарова Р.Ш. // Вестник Оренбургского гос. университета. 2007. № 2. С. 129-134.

24. Цыпышева, М.Ю. Эффективность применения биопрепаратов и листовых фунгицидов на яровой пшенице/ М.Ю. Цыпышева// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4. – С. 51-53.

25. Шелепов В.В. Пшеница: история, морфология, биология, селекция /Шелепов В.В., Чебаков Н.П., В.А.Вергунов, В.С.Кочмарский.- Мироновка. – 2009. - 543 с.

26. Широких А.А. Выделение и оценка биорегуляторных свойств эндофитных бактерий/ А.А.Широких, И.Г. Широких, С.Ю.Огородникова, О.В. Мерзаева// Теоретическая и прикладная экология. – 2008. – №3. – С.73-80.

27. Штерншис, М.В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012. – № 2 (18). – С. 92–100.

28. Bacilio-Jimenez, M. et al. (2003) Chemical characterization of root exudates from rice (*Oryza sativa*) and their effects on the chemotactic response of endophytic bacteria//Plant Soil 249, 271–277.

29. Bais, H.P. et al. (2004) How plants communicate using the underground information superhighway.// Trends Plant Sci. 9, 26–32

30. Barka, E.A. et al. (2006) Enhancement of chilling resistance of inoculated grapevine plantlets with a plant growth-promoting rhizobacterium, *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. //Appl. Environ. Microbiol. 72, 7246–7252.
31. Barraquio, W.L. et al. (1997) Isolation of endophytic diazotrophic bacteria from wetland rice. //Plant Soil 194, 15–24.
32. Battin, T.J. et al. (2007) Microbial landscapes: new paths to biofilm research.// Nat. Rev. Microbiol. 5, 76–81.
33. Bolwerk, A. Interactions in the tomato rhizosphere of two *Pseudomonas* biocontrol strains with the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*/ A. Bolwerk, A.L. Lagopodi, A.H.M. Wijfjes, G.E.M. Lamers, T.F.C. Chin-A-Woeng, B.J.J. Lugtenberg, G.V. Bloemberg //Molecular Plant–Microbe Interactions. – 2003. – Vol. 16. – P. 983–993.
34. Chebotar V.K., Endophytic bacteria in microbial preparations that improve plant development (review) /Chebotar V.K., Malfanova N.V., Shcherbakov A.V., Ahtemova G.A., Borisov A.Y., Tikhonovich I.A., Lugtenberg B.//Applied Biochemistry and Microbiology. 2015. T. 51. № 3. C. 271-277.
35. Chi, F. et al. Ascending migration of endophytic rhizobia, from roots to leaves, inside rice plants and assessment of benefits to rice growth physiology. //Appl. Environ. Microbiol. 2005 71, 7271–7278.
36. Conrath, U. et al. (2006) Priming: getting ready for battle. //Mol. Plant Microbe Interact. 19, 1062–1071.
37. Czaban, J. et al. (2007) The motility of bacteria from rhizosphere and different zones of winter wheat roots. //Pol. J. Environ. Stud. 16, 301–308.
38. Danaei, M. Biological control of plant fungal diseases using volatile substances of *Streptomyces griseus*/ M. Danaei, A. Baghizadeh, S. Pourseyedi, J. Amini and M. M. Yaghoobi//European Journal of Experimental Biology. – 2014. – Vol. 4(1). – 334-339.
39. De Weert, S. et al. (2002) Flagella-driven chemotaxis towards exudate components is an important trait for tomato root colonization by *Pseudomonas fluorescens*. //Mol. Plant Microbe Interact. 15, 1173–1180.

40. Diekmann M. (1996) Diseases in seed production. Eds. Seed Science and Technology. Proc. Train-the-Trainers Workshop Sponsored by Med-campus Programme (EEC), 24Apr.-9 May 1993, Amman. Aleppo, Syria, ICARDA.– P.170-175.
41. Gopalakrishnan, S. Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities/ S. Gopalakrishnan, A. Sathya, R. Vijayabharathi, R.K. Varshney, C.L.L. Gowda, L. Krishnamurthy//Biotech. – 2015.–Vol. 5(4). – 355–77.
42. Haggag W. M. (2010) Role of entophytic microorganisms in biocontrol of plant diseases. Life Science Journal. 7(2):57-62.
43. Hallmann, J. and Berg, G. (2006) Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes. In Microbial Root Endophytes (Schulz, B.J.E. et al., eds), pp. 15–31, Springer
44. Hallmann, J. et al. (1997) Bacterial endophytes in agricultural crops.// Can. J. Microbiol. 43, 895–914.
45. Hallmann, J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W. F. and Kloepper J. W. (1997).Bacterial endophytes in agricultural crops.Can. J. Microbiol. 43:895– 914.
46. Hardoim P. R., van Overbeek L. S., Berg G., Pirttilä A. M., Compant S., Campisano A., et al. (2015) The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 79:293–320.
47. Iniguez, A.L. et al. (2005) Regulation of enteric endophytic bacterial colonization by plant defenses//Mol. Plant Microbe Interact. 18, 169–178.
48. Links M.G., Demeke T., Gräfenhan T., Hill J. E., Hemmingsen S. M. and Dumonceaux T. J. (2014). Simultaneous profiling of seed-associated bacteria and fungi reveals antagonistic interactions between microorganisms within a shared rhizospheric microbiome on Triticum and Brassica seeds. New Phytol. 202(2): 542–553.
49. McCully, M.E. Niches for bacterial endophytes in crop plants: a plant biologist's view. //Aust. J. Plant Physiol. 2001. – 28, 983–990.

50. Meziane, H. Determinants of *Pseudomonas putida* WCS358 involved in inducing systemic resistance in plants/ Meziane H, van der Sluis I, van Loon LC, Höfte M, Bakker PAHM // *Molecular Plant Pathology*. – 2005. – Vol. 6. – P.177–185.

51. Palumbo J.D. Mutagenesis of  $\beta$ -1,3-glucanase genes in *Lysobacter enzymogenes* strain C3 results in reduced biological control activity toward *Bipolaris* leaf spot of tall fescue and *Pythium* damping-off of sugar beet/ J.D. Palumbo, G.Y. Yuen, C.C. Jochum, K. Tatum, D.Y. Kobayashi // *Phytopathology*. – 2005. – Vol. 95. – P.701–707.

52. Pillay, V.K. and Nowak, J. (1997) Inoculum density, temperature, and genotype effects on in vitro growth promotion and epiphytic and endophytic colonization of tomato (*Lycopersicon esculentum* L) seedlings inoculated with a pseudomonad bacterium. // *Can. J. Microbiol.* 43, 354–361.

53. Reinhold-Hurek, B. and Hurek, T. (1998) Life in grasses: diazotrophic endophytes// *Trends Microbiol.* 6, 139–144.

54. Rosenblueth, M. and Martinez-Romero, E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. // *Mol. Plant Microbe Interact.* (2006) 19, 827–837.

55. Schulz B., Boyle C. What are endophytes? *Microbial Root Endophytes* / Eds. C.J.C. Boyle, T.N. Sieber. Berlin: Springer\_Verlag, 2006. P. 191–206.

56. Sørensen, J. and Sessitsch, A. Plant-associated bacteria lifestyle and molecular interactions. In *Modern Soil Microbiology* (2nd edn) (van Elsas, J.D. et al., eds), 2006, pp. 211–236, CRC Press.

57. Stinson, A.M. Mycofumigation with *Muscodor albus* and *Muscodor roseus* for control of seedling diseases of sugar beet and verticillium wilt of eggplant/Stinson A.M., Zidack N.K., Strobel G.A., Jacobsen B.J. // *Plant Disease*. – 2003. – Vol. 87. – P.1349–1354.

58. Szczech, M. Biocontrol of *Rhizoctonia* damping-off of tomato by *Bacillus subtilis* combined with *Burkholderia cepacia*/ M. Szczech, M. Shoda// *J. Phytopathol.* – 2004.– Vol. 152. – P.549-556.

59. Van Oosten, M. J. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants/Michael James Van Oosten, Olimpia Pepe, Stefania De Pascale, Silvia Silletti and Albino Maggio //Chem. Biol. Technol. Agric. – 2017. – Vol.4:5. – 12 p. /DOI 10.1186/s40538-017-0089-5
60. Van Overbeek, L. and van Elsas, J.D. Effects of plant genotype and growth stage on the structure of bacterial communities associated with potato (*Solanum tuberosum* L.). //FEMS Microbiol. Ecol. 64, (2008) 283–296
61. Whipps, J. M. Biological control agents in plant disease control/ J. M. Whipps, M. McQuilken //Disease Control in Crops: Biological and Environmentally Friendly Approaches. – Blackwell Publishing Ltd ,2009. – P.27-61.
62. Wiest, A. Identification of peptaibols from *Trichoderma virens* and cloning of a peptaibol synthetase/ A. Wiest, D. Grzegorski, B.W. Xu, C. Goulard, S. Rebuffat, D.J. Ebole, B. Bodo, C. Kenerley //Journal of Biological Chemistry. – 2002. – Vol. 70. – Vol. 70. 277. – 20862–20868.
63. Wu, L . Induction of systemic disease resistance in *Nicotiana benthamiana* by the cyclodipeptides cyclo (l-Pro-l-Pro) and cyclo (d-Pro-d-Pro)/ Wu, L., Wu, H., Chen, L., Zhang, H. & Gao, X. // Mol. Plant Pathol. – 2017. – Vol.18. – 67–74.
64. Xu, X.-M. Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice/ Xu, X.-M., Jeffries, P., Pautasso, M., and Jeger, M. J.// Phytopathology. – 2011. – Vol. 101. – P. 1024-1031.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

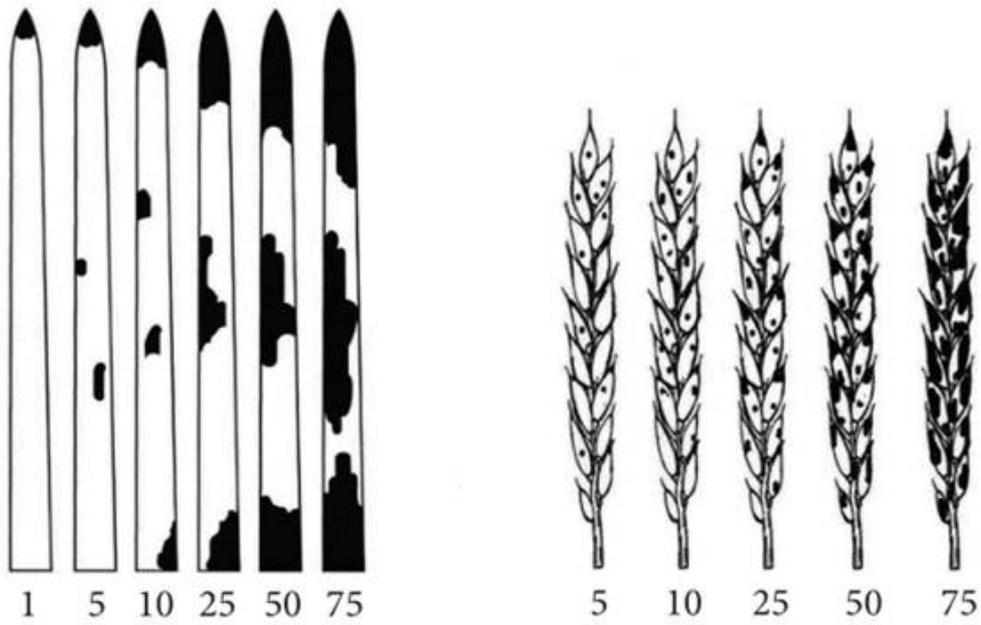


Рис. 10.1. Оценка пораженности злаков септориозом, %

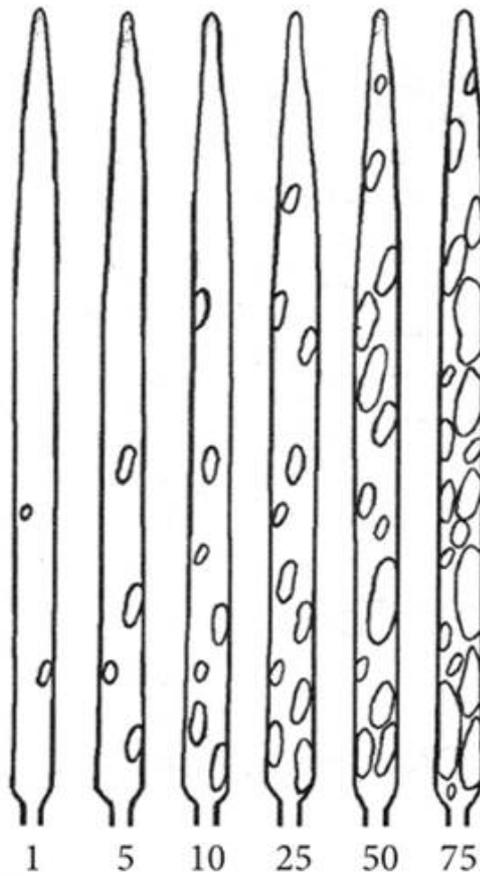


Рис. 10.2. Шкала оценки пораженности листьев злаков мучнистой росой, %

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ОДНОФАКТОРНОГО ОПЫТА						
Культура:	яровая пшеница					
Фактор А:	обработка					
Год исследований:	2018					
Градация фактора	6					
Исследуемый показатель:	урожайность					т/га
Количество повторностей:	4					
Руководитель						
Таблица						
Фактор А	Повторность				Суммы	Средние
	1	2	3	4		
Контроль	2,50	2,33	2,65	2,44	9,92	2,48
Фалькон	3,46	3,27	3,67	3,12	13,52	3,38
Ризоплан	2,63	2,52	2,75	2,39	10,28	2,57
Штамм PS-16	2,95	2,82	3,08	2,67	11,52	2,88
Штамм PS-17	3,08	2,97	3,22	2,77	12,04	3,01
Штамм WCS-365	2,98	2,87	3,11	2,68	11,64	2,91
суммы Р	17,58	16,77	18,49	16,07	68,92	
						68,92
Таблица дисперсионного анализа						
Дисперсия	Сумма квадр. отклонений	Число степ. свободы	Средний квадрат, s <sup>2</sup>	Fфакт	F05	Достоверность
Общая	2,69	23,00				
Повторностей	0,55	3,00				
Вариантов	2,09	5,00	0,42	114,76	2,49	достоверно
Остаток	0,055	15,000	0,004			
Ошибка разности ср	0,04	т/га				
НСР05	0,09	т/га				

