

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ НАУЧНОЕ ДОЧЕРНЕЕ УНИТАРНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ «ИНСТИТУТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»**

УДК 633.358:632.421.12:632.9

**ТЕРЛЕЦКАЯ
Наталья Федоровна**

**МУЧНИСТАЯ РОСА ГОРОХА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО
ОГРАНИЧЕНИЮ ЕЕ ВРЕДНОСТИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

по специальности 06.01.07 – защита растений

аг. Прилуки Минского района, 2018 г.

Работа выполнена в лаборатории защиты кормовых и технических культур
Республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Институт
защиты растений»

- Научный руководитель:** **Иванюк Владимир Григорьевич**, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор
Сорочинский Леонид Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник РУП «Институт защиты растений»
- Официальные оппоненты:** **Карпук Василий Васильевич**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры ботаники Белорусского государственного университета
Гаджиева Галина Иосифовна, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты кормовых и технических культур РУП «Институт защиты растений»
- Оппонирующая организация:** УО «Гродненский государственный аграрный университет»

Защита состоится «27» сентября 2018 г. в 10.00 часов на заседании совета по защите диссертаций (К 01.53.01) при Республиканском научном дочернем унитарном предприятии «Институт защиты растений» по адресу: 223011, ул. Мира, 2, аг. Прилуки Минской области и района, Республика Беларусь, тел.: +375-17-509-23-43, факс.: +375-17-509-23-39, e-mail: belizr@tut.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РУП «Институт защиты растений».

Автореферат разослан «10» августа 2018 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент



Ярчаковская С.И.

ВВЕДЕНИЕ

В мировом земледелии гороху отводится одно из ведущих мест в посевах сельскохозяйственных культур. Он возделывается на всех континентах земного шара и по посевным площадям (около 7 млн га) находится на пятом месте после сои, фасоли, арахиса и нута. В европейских странах горох выращивается на пищевые и кормовые цели на площади около 3 млн га (В.Г. Тарануха, 2009).

В Республике Беларусь в настоящее время чистые и смешанные посевы данной культуры занимают не более 100 тыс. га (И.Р. Вильдфлуш и др., 2016). Одной из основных причин сокращения посевных площадей гороха в большинстве хозяйств республики является массовое поражение растений болезнями грибной этиологии, что препятствует получению качественного и высокого урожая.

К экономически значимым заболеваниям гороха относят мучнистую росу. Однако целенаправленных исследований по изучению биологических особенностей развития возбудителя, патогенеза в условиях Республики Беларусь не проводилось. Высокая вредоносность мучнистой росы и возможность ее массового распространения в связи с изменением погодно-климатических условий, отсутствие четкой информации о жизненном цикле развития патогена, его специализации и научно обоснованных мероприятиях по защите культуры от болезни, определили актуальность данного исследования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Исследования проведены в 2006-2010 гг. в лаборатории защиты кормовых и технических культур Республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Институт защиты растений» в рамках ГНТП «Агропромкомплекс – возрождение и развитие села» по заданию «Разработать и внедрить технологии оптимизации фитосанитарной ситуации в агроценозах, основанные на принципах интегрированной защиты растений и обеспечивающие повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 10-40 %, уровень экологической чистоты на 15-20 %» (номер государственной регистрации 20064920) и в лаборатории агробиологии Государственного научного учреждения «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси» в рамках ГППИ «Земледелие и механизация» по заданию «Разработать и внедрить адаптивные технологии выращивания засухоустойчивых сортов однолетних бобовых культур на мелиорированных землях западной части

Белорусского Полесья в условиях гетерогенного почвенного покрова» (номер государственной регистрации 20064812).

Цель и задачи исследования. Цель исследования – на основании уточнения видовой принадлежности и биоэкологических особенностей развития возбудителя мучнистой росы гороха обосновать мероприятия по ограничению вредоносности болезни в условиях Беларуси.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить распространенность и развитие мучнистой росы в посевах гороха и ее вредоносность;
- оценить устойчивость сортов гороха к болезни;
- определить влияние почвенно-климатических факторов на динамику развития мучнистой росы;
- уточнить видовую принадлежность и биоэкологические особенности развития возбудителя болезни (морфогенез, патогенез, специализацию, жизненный цикл развития);
- обосновать мероприятия по снижению вредоносности мучнистой росы на горохе.

Объект исследований – гриб *Erysiphe pisi* DC. – возбудитель мучнистой росы гороха.

Предмет исследований – мучнистая роса гороха, распространенность, развитие, вредоносность болезни, биоэкологические особенности гриба *E. pisi*, поражаемость сортов, эффективность защитных мероприятий.

Научная новизна. Уточнены распространенность, развитие и вредоносность мучнистой росы в посевах гороха, дана оценка поражаемости сортов болезнью. Рассчитаны уравнения регрессии, позволяющие прогнозировать потери урожая гороха в зависимости от степени поражения мучнистой росой. Установлен биологический порог вредоносности болезни. Изучены биологические особенности развития гриба *E. pisi*, специализация и продолжительность инкубационного периода патогена в зависимости от абиотических факторов, уточнен жизненный цикл развития возбудителя болезни, определены уязвимые для заражения фенологические фазы растений. Впервые установлено, что сумкоспоры гриба *E. pisi* заражают только горох посевной и горох полевой. Обоснованы оптимальные сроки применения фунгицидов и показана биологическая и экономическая эффективность защитных мероприятий по ограничению вредоносности мучнистой росы в посевах гороха.

Положения, выносимые на защиту:

1. В условиях Беларуси мучнистая роса в посевах гороха встречается повсеместно. Распространенность болезни на горохе посевном варьирует от 36,0

до 86,0 %, развитие – от 7,0 до 55,0 %; на горохе полевом – от 8,0 до 81,0 % и от 3,3 до 49,0 % соответственно.

Из 9 исследованных сортов гороха посевного и 5 сортов гороха полевого непоражаемых мучнистой росой не выявлено.

На торфяно-глеевой осушенной почве распространенность болезни составляет 67,0-94,0 %, развитие 38,9-61,3 %, на дерново-подзолистой – 43,0-86,0 % и 20,8-55,0 % соответственно.

2. Вредоносность мучнистой росы гороха проявляется в снижении урожайности ($r = -0,988$; $-0,980$), массы семян с одного растения ($r = -0,916$; $-0,823$), количества нормально развитых бобов ($r = -0,884$; $-0,900$), массы 1000 семян ($r = -0,902$; $-0,841$).

Биологический порог вредоносности мучнистой росы гороха составляет 12,0 %. При его достижении с увеличением развития болезни масса 1000 семян гороха посевного в зависимости от степени поражения снижается на 9,5-31,6 %, масса семян с одного растения – на 20,8-69,1 %; гороха полевого – на 8,3-27,5 % и 14,2-47,0 % соответственно.

3. Возбудителем мучнистой росы гороха является сумчатый гриб *E. pisi*, цикл развития которого в условиях Беларуси включает конидиальную и сумчатую стадии. Конидии патогена инфицируют многие виды культурных и сорных растений из семейства *Fabaceae*, сумкоспоры – только горох посевной и горох полевой.

Оптимальными условиями для развития патогена и инфицирования растений являются: температура воздуха 20-27 °С, относительная влажность воздуха 80 % и выше. Инкубационный период болезни составляет 4-8 суток. Начало лёта сумкоспор происходит при устойчивом переходе температуры воздуха через 17 °С в сторону повышения (фаза цветения – плодообразования и налива семян), массовый лёт – через 12-20 дней (фаза плодообразования и налива семян – зеленой спелости).

4. Мероприятия по ограничению вредоносности мучнистой росы гороха основаны на уточнении биологических особенностей развития патогена и включают: сроки сева (начало физической и биологической спелости почвы), норму высева семян (1,0-1,2 млн всхожих семян на гектар), севооборот, использование регуляторов роста и применение фунгицидов при умеренном развитии болезни – однократно (при первых признаках болезни); при эпифитотийном – двукратно с дополнительной обработкой при достижении биологического порога вредоносности (12,0 %) в фазы плодообразование и налив семян – зеленая спелость, что в условиях производства обеспечивает биологическую эффективность на уровне 76,1-80,4 %, сохранение 3,2-3,5 ц/га

урожая зерна и получение чистого дохода 80,8-84,3 руб./га при уровне рентабельности 111,0-149,0 %.

Личный вклад соискателя ученой степени. Автором самостоятельно проведены полевые и лабораторные исследования, осуществлена систематизация, анализ, обобщение и статистическая обработка полученных данных, сделаны выводы, заключение и рекомендации производству. Теоретическое обобщение результатов исследований проводилось совместно с научными руководителями. Диссертация является самостоятельным и завершенным научным трудом. Работа выполнена соискателем лично и представлена к защите впервые. В публикациях [1, 9], подготовленных диссертантом лично, представлены материалы по распространенности, развитию и вредоносности мучнистой росы в посевах гороха. В статьях [2, 5, 6] отражены основные результаты изучения морфологических и биоэкологических особенностей возбудителя болезни. В работах [4, 7, 8, 11] диссертантом лично и в соавторстве [10] представлены данные по специализации гриба *E. pisi*, основным источникам инфекции, циклу развития возбудителя. В работе [3] показана роль основных агротехнических мероприятий в ограничении развития болезни. Идентификация возбудителя мучнистой росы гороха подтверждена кандидатом биологических наук И.С. Гириловичем.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные положения диссертации представлены и обсуждены на заседаниях Ученого совета РУП «Институт защиты растений» в 2007-2009 гг., на Международной научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные проблемы интегрированной защиты растений», посвященной 95-летию со дня рождения члена-корреспондента АН РБ А.Л. Амбросова и 70-летию со дня рождения академика ААН РБ В.Ф. Самерсова (Минск, 2007 г.), на 9-й международной научно-практической конференции «Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2009 г.), на XII международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства» (Гродно, 2009 г.), на 10-й международной научной конференции «Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2010), Международной научной конференции «Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития» (Брест, 2010 г.), на международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность защиты растений», посвященной 105-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси А.Л. Амбросова и 80-летию со дня рождения академика НАН Беларуси В.Ф. Самерсова (Минск, 2017 г.).

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в которых отражены ее основные положения. Из

них 3 в научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь, 8 – в других изданиях. Общий объем опубликованных материалов составляет 2,1 авторских листа.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 146 страницах машинописного текста, содержит 27 таблиц, 32 рисунка, 9 приложений. Состоит из перечня сокращений и условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, практических рекомендаций производству, библиографического списка и приложения. Список использованных литературных источников включает 262 наименования, в том числе 86 – на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Обзор литературы

В главе приведены результаты исследований отечественных и зарубежных авторов по распространенности и вредоносности мучнистой росы гороха, специализации, биологическим особенностям растения-хозяина, истории изучения болезни, проанализированы существующие системы классификации патогена. Рассмотрены основные направления контроля развития болезни, включающие агротехнический и химический методы. Анализ литературных данных показал, что недостаточно изучены вопросы биологического обоснования целесообразности мероприятий по снижению вредоносности мучнистой росы в посевах гороха в условиях Республики Беларусь.

Материалы, методы и условия проведения исследований

Работа выполнена в 2006-2010 гг. в лаборатории защиты кормовых и технических культур Республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Институт защиты растений» (РУП «Институт защиты растений») и в лаборатории агробиологии Государственного научного учреждения «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси» («Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»). Полевые опыты закладывали в 2007-2010 гг. на стационарном участке в ГУСП «Племзавод «Мухавец» Брестского района, производственные – в 2009 г. в ОАО «Видомлянское» Каменецкого района Брестской области.

Изучение распространенности и развития мучнистой росы гороха в период вегетации осуществляли в 2008-2009 гг. на основании маршрутных обследований

посевов в хозяйствах Гомельской и Брестской областей с использованием общепринятых в фитопатологии методик.

Видовую идентификацию возбудителя мучнистой росы проводили в соответствии с методами фитопатологии согласно Н.П. Черепановой, П.С. Черепанова (2004). При изучении морфологических и биоэкологических особенностей патогена применяли методики М.К. Хохрякова (1979), В.В. Мазина, Л.С. Шашкова (1979).

Полевые опыты закладывали согласно общепринятым методикам (Б.А. Доспехов «Методика полевого опыта» (1985) и «Методическим указаниями по проведению регистрационных испытаний фунгицидов в сельском хозяйстве» (2007). Биологическую и хозяйственную эффективность фунгицидов рассчитывали на основе рекомендаций, изложенных в «Экономическом обосновании применения средств защиты растений» (1999) и «Интегрированных системах защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков» (2005). Систематизацию, обобщение, статистический анализ полученных результатов осуществляли с использованием общепринятых методик Б.А. Доспехова (1985). Обработку полученных данных выполняли в пакете прикладных программ MS Excel и Statistica 6.0.

Распространенность и вредоносность мучнистой росы гороха

По результатам маршрутных обследований агроценозов гороха посевного и полевого в хозяйствах Гомельской и Брестской областей установлено, что мучнистая роса встречается повсеместно. В 2008 г. распространенность болезни в посевах гороха посевного колебалась от 36,0 до 86,0 %, гороха полевого – от 8,0 до 58,0 %, в 2009 г. – от 18,0 до 81,0 % и от 8,0 до 67,0 % соответственно.

Развитие мучнистой росы на горохе посевном в производственных условиях в зависимости от региона возделывания варьировало от 7,0 до 55,0 %, горохе полевым – от 3,3 до 49,0 % соответственно. Наиболее высокая степень поражения болезнью выявлена в посевах гороха посевного сортов Богатырь чешский (55,0 %), Эйфель (54,8 %) и Миллениум (44,0 %), гороха полевого – сортов Свитанак (48,4 %) и Гомельская (49,0 %).

В полевых опытах при фитопатологической оценке 9 сортов гороха посевного и 5 сортов гороха полевого по степени поражения их возбудителем мучнистой росы непоражаемых сортов не выявлено, большинство исследуемых сортов отнесено к слабоустойчивым. Максимальное развитие болезни в агроценозах гороха посевного на дерново-подзолистой почве отмечено на сортах Аист (77,5 %), Натальевский (65,6 %), Кудесник (61,8 %), на торфяно-глеевой осушенной – Аист (80,2 %), Натальевский (73,5 %) и Червенский (70,8 %). Из

сортов гороха полевого наиболее поражаемыми мучнистой росой явились Агат и Ева, в посевах которых развитие болезни на дерново-подзолистой почве составило 52,1-62,0 %, на торфяно-глеевой осушенной – 60,2-71,3 %.

Установлено, что распространенность и развитие мучнистой росы на торфяно-глеевой осушенной почве выше, чем на дерново-подзолистой. На дерново-подзолистой почве распространенность болезни в агроценозах гороха посевного сорта Богатырь чешский в годы проведения исследований составила 62,0-86,0 %, гороха полевого сорта Свитанак – 43,0-58,0 %, на торфяно-глеевой осушенной – 81,0-94,0 и 67,0-81,0 % соответственно. Развитие мучнистой росы на горохе посевном, возделываемом на дерново-подзолистой почве, находилось в пределах 24,6-55,0 %, горохе полевым – 20,8-35,6 %, на торфяно-глеевой осушенной – 50,8-61,3 % и 38,9-48,4 % соответственно (таблица 1).

Таблица 1. – Распространенность и развитие мучнистой росы в посевах гороха, возделываемого на различных типах почв (фаза полной спелости, полевые опыты, ГУСП «Племзавод «Мухавец»)

Культура, сорт	Почва	Распространенность, %			Развитие, %		
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Горох посевной, Богатырь чешский	дерново-подзолистая	86,0	62,0	68,0	55,0	24,6	31,7
	торфяно-глеевая осушенная	94,0	81,0	89,0	61,3	50,8	51,2
Горох полевой, Свитанак	дерново-подзолистая	58,0	43,0	51,0	35,6	20,8	24,2
	торфяно-глеевая осушенная	81,0	67,0	72,0	42,7	48,4	38,9

Статистический анализ показал наличие отрицательной корреляционной зависимости ($r = -0,924; -0,992; -0,998$) между скоростью нарастания мучнистой росы и суммой осадков за декаду.

Мучнистая роса гороха поражает все надземные органы растений. Установлена тесная обратная корреляционная зависимость между степенью развития болезни и урожайностью зерна, массой семян с одного растения, количеством нормально развитых бобов, массой 1000 семян. Коэффициент корреляции между данными показателями для гороха посевного сорта Богатырь чешский составил: -0,988, -0,916, -0,884, -0,902, для гороха полевого сорта Свитанак – -0,980; -0,823; -0,900; -0,841 соответственно.

Рассчитано, что максимальный коэффициент вредоносности при развитии болезни на горохе посевном от 10,0 до 20,0 % составляет 0,90 % на каждый процент развития; от 20,0 до 50,0 % – 0,94 %; от 50,0 до 80,0 % – 0,97 %; выше

80,0 % – 1,00 %; на горохе полевом – 0,69 %; 0,77 %; 0,85 %; 0,90 % соответственно.

Снижение урожайности гороха описывается полиномиальными уравнениями регрессии второй степени, которые позволяют рассчитать потери урожая (Y , %) на каждый процент развития болезни (x , %) (1, 2).

$$Y_1 = 0,0006x_1^2 + 0,8768x_1 - 8,7633; R^2 = 0,976 \quad (1),$$

где Y_1 – потери урожая гороха посевного, %;
 x_1 – развитие болезни, %.

$$Y_2 = 0,0013x_2^2 + 0,6453x_2 - 7,4581; R^2 = 0,966 \quad (2),$$

где Y_2 – потери урожая гороха полевого, %;
 x_2 – развитие болезни, %.

Установлено, что достоверные потери урожая отмечаются при 12,0 % развитии мучнистой росы (биологический порог вредоносности).

После достижения биологического порога вредоносности с увеличением развития болезни масса 1000 семян гороха посевного в зависимости от степени поражения снижается на 9,5-31,6 %, масса семян с одного растения – на 20,8-69,1 %; гороха полевого – на 8,3-27,5 % и 14,2-47,0 % соответственно.

Биологические особенности развития возбудителя мучнистой росы гороха

Установлено, что возбудителем мучнистой росы гороха является сумчатый гриб *Erysiphe pisi* DC., цикл развития которого в условиях Беларуси включает конидиальную и сумчатую стадии. Опыты по искусственному заражению свидетельствуют о том, что в конидиальной стадии гриб *E. pisi* способен поражать широкий круг растений семейства *Fabaceae* (люпин узколистный, желтый, многолетний, вику яровую, клевер луговой и белый, кормовые бобы, люцерну хмелевидную, горох овощной и горошек мышиный). Сумкоспоры заражают только горох посевной и горох полевой. В межвегетационный период патоген сохраняется в виде клейстотециев на пораженных растительных остатках гороха и многолетних бобовых культурах. Источником первичной инфекции мучнистой росы служат сумкоспоры (рисунок).

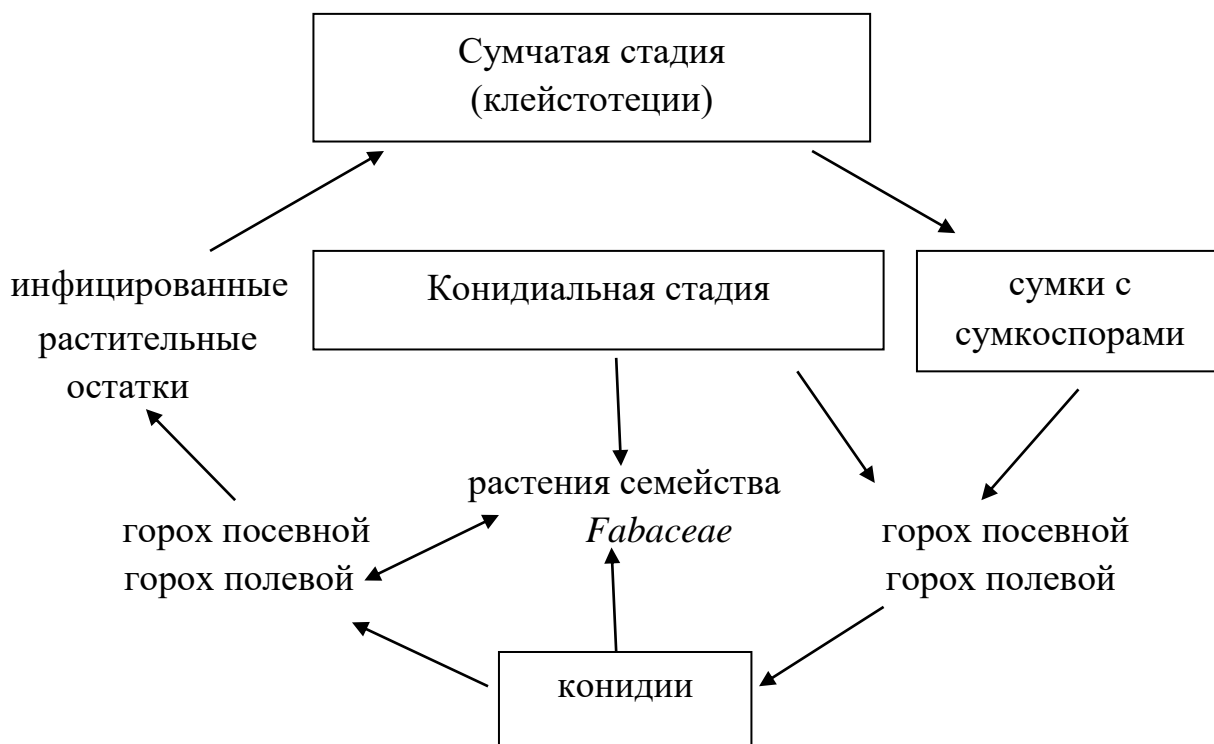


Рисунок – Цикл развития гриба *E. pisi* в условиях Беларуси

При изучении в лабораторных условиях биологических особенностей развития возбудителя болезни установлено, что конидии патогена способны прорасти в широком диапазоне температур: от +7 до +35 °С, относительной влажности воздуха 40-100 % и рН среды 4-10. Оптимальными для их прорастания являются температура 20-27 °С, рН 5-7 и относительная влажность воздуха 80 % и более. В таких условиях инкубационный период патогена не превышает 4 суток, при отклонении от них – увеличивается до 8 суток. Конидии гриба *E. pisi* могут прорасти как при наличии капельно-жидкой влаги, так и ее отсутствии, но при высокой относительной влажности воздуха. Установлено, что в естественных условиях при влажности воздуха (80 % и более) и дневной температуре 20-27 °С, ночной – не ниже 16-18 °С через 4-5 суток после заражения без наличия капельно-жидкой влаги наблюдается прорастание конидий.

Начало лёта сумкоспор обусловлено температурными показателями и происходит при устойчивом переходе температуры через 17 °С в сторону повышения, что в условиях Беларуси совпадает с фазой цветения – плодообразования и налива семян гороха, массовый лёт – через 12-20 дней в фазе плодообразования и налива семян – зеленой спелости. Как показали трехлетние наблюдения, лёт сумкоспор растянут во времени до 1-1,5 месяцев и завершается в конце июля – начале августа (период желтой – полной спелости).

Мероприятия по ограничению вредоносности мучнистой росы гороха

Широкая распространенность и высокая вредоносность мучнистой росы в посевах гороха, ограниченный ассортимент рекомендованных против болезни фунгицидов явились предпосылкой для разработки мероприятий по защите культуры с учетом биологических особенностей развития возбудителя.

Установлена регулирующая роль агротехнических мероприятий в развитии мучнистой росы гороха. К числу основных относятся: оптимальные сроки сева, норма высева семян, соблюдение севооборота, применение регуляторов роста.

Оптимальные сроки сева гороха определяются физической и биологической спелостью почвы. Ранний срок сева способствует появлению мучнистой росы в более позднюю фенологическую фазу (плодообразования и налива семян), что приводит к снижению развития болезни в посевах гороха посевного на 25,5-39,5 % и сохранению 3,4-5,3 ц/га урожая зерна, гороха полевого – снижению развития болезни на 36,1-41,4 % и сохранению 4,0-5,2 ц/га урожая (таблица 2).

Таблица 2. – Влияние сроков сева гороха на развитие мучнистой росы (полевые опыты, ГУСП «Племзавод «Мухавец» Брестского района, дерново-подзолистая почва)

Культура, сорт	Срок сева	Развитие болезни ко времени уборки, %			Урожайность, ц/га		
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Горох посевной, Богатырь чешский	III декада апреля	55,0	24,6	31,7	30,4	35,4	35,0
	I декада мая	62,6	34,3	44,7	28,6	33,8	33,5
	II декада мая	80,5	58,2	71,2	25,1	32,0	30,9
НСР ₀₅					3,7	2,6	3,9
Горох полевой, Гомельская	III декада апреля	31,9	23,1	34,6	32,3	32,1	31,6
	I декада мая	48,0	41,6	37,2	31,0	29,4	30,6
	II декада мая	73,3	59,2	70,8	27,1	28,0	27,6
НСР ₀₅					3,3	3,1	2,3

Выявлено, что оптимальной нормой высева гороха является 1,0-1,2 млн всхожих семян на гектар. В посевах с нормой высева 1,5-1,8 млн всхожих семян на гектар за счет более плотного стеблестоя повышается влажность, что создает благоприятные условия для быстрого распространения и накопления инфекции, в результате чего развитие мучнистой росы в агроценозах гороха посевного возрастает на 10,5-33,4 %, гороха полевого – на 9,6-47,2 %, а урожайность снижается на 1,2-3,3 и 1,4-4,2 ц/га соответственно.

При возделывании бессменной двухлетней культуры развитие болезни в фазе полной спелости гороха на 15,8-26,8 %, бессменной трехлетней культуры – на 39,6-47,9 %, бессменной четырехлетней культуры – на 54,1 % выше, чем при соблюдении севооборота.

Результаты экспериментальных исследований показали, что использование регуляторов роста способствует снижению развития болезни и повышению урожайности гороха. Наиболее эффективным является двукратное применение (предпосевная обработка и обработка во время появления первых признаков болезни) препаратов Эпин Плюс р. (40 мл/т, 60 мл/га) и Агат 25 К, ТПС (70 г/т, 40 г/га), при котором развитие мучнистой росы в посевах гороха посевного снижается на 7,7-18,1 %, урожайность возрастает на 3,0-4,1 ц/га.

С целью расширения ассортимента фунгицидов для контроля развития мучнистой росы гороха изучена эффективность препаратов Амистар Экстра, СК (200 г/л азоксистробин + ципроконазол, 80 г/л), Абакус, СЭ (пираклостробин, 62,5 г/л + эпоксиконазол, 62,5 г/л), Альто Супер, СЭ (пропиконазол, 250 г/л + ципроконазол, 80 г/л), ПСК 25 % в.р. и Дерозал, КС (карбендазим, 500 г/л). Результаты проведенных исследований показали, что наиболее эффективными в снижении вредоносности болезни являются препараты Альто Супер, КЭ и Амистар Экстра, СК.

Для биологического обоснования оптимальных сроков и целесообразности применения фунгицидов против мучнистой росы в полевых условиях изучались 4 схемы применения данных препаратов в наиболее уязвимые для заражения фазы гороха.

В 2008 г. в благоприятных для развития патогена условиях при обработке посевов препаратами Альто Супер, КЭ и Амистар Экстра, СК наиболее высокие показатели биологической (88,2-92,0 %) и хозяйственной эффективности (сохраненный урожай 5,3-5,5 ц/га) получены при проведении двукратной обработки (при появлении первых признаков болезни и достижении биологического порога вредоносности) (таблица 3).

Таблица 3. – Биологическая и хозяйственная эффективность фунгицидов в агроценозах гороха посевного сорта Богатырь чешский (полевые опыты, ГУСП «Племзавод «Мухавец» Брестского района, 2008 г.)

Вариант опыта	Альто супер, КЭ (0,4 л/га)		Амистра экстра, СК (0,7 л/га)	
	Биологическая эффективность, %	Урожайность, ц/га	Биологическая эффективность, %	Урожайность, ц/га
Контроль (без обработки)	–	30,4	–	30,4
Профилактическая обработка в фазе бутонизации*	32,5	31,9	20,4	31,1
Профилактическая обработка в фазе бутонизации* + обработка при достижении биологического порога вредоносности **	74,2	34,9	69,5	34,5
Профилактическая обработка в фазе бутонизации* + обработка при появлении первых признаков болезни	63,6	36,0	56,7	35,9
Обработка при появлении первых признаков болезни + обработка при достижении биологического порога вредоносности **	92,0	35,9	88,2	35,7
НСР ₀₅		2,9		3,5

Примечание – «*» – начало выхода сумкоспор; «**» – 12,0 % развития болезни.

В 2009 г. на фоне умеренного развития мучнистой росы из изучаемых схем была исключена вторая обработка, так как биологический порог вредоносности после применения фунгицидов не был достигнут до конца вегетации. Однократная (при появлении первых признаков болезни) обработка препаратами способствовала сохранению 2,0-2,6 ц/га урожая семян гороха при биологической эффективности 80,5-85,0 %.

В результате проведенных исследований установлено, что в годы эпифитотийного развития мучнистой росы наиболее эффективной является двукратная обработка посевов препаратами Альто Супер, КЭ (0,4 л/га) и Амистар Экстра, СК (0,7 л/га) при появлении первых признаков болезни и при достижении биологического порога вредоносности до фазы желтой спелости гороха. При умеренном развитии мучнистой росы достаточно однократной обработки посевов данными препаратами для сдерживания развития болезни на депрессивном уровне.

На основании установленных оптимальных сроков применения фунгицидов против мучнистой росы в ОАО «Видомлянское» Каменецкого района Брестской области в 2009 г. в производственных условиях оценивалась эффективность разработанных защитных мероприятий.

С учетом складывающихся погодных условий 2009 г. проводилась только однократная обработка посевов при появлении первых признаков болезни препаратами Альто Супер, КЭ и Амистар Экстра, СК, после которой развитие мучнистой росы до периода полной спелости не достигло биологического порога вредоносности. В результате проведенных защитных мероприятий развитие болезни было снижено на 76,1-80,4 % по сравнению с контрольным вариантом, что позволило сохранить 3,2-3,5 ц/га урожая семян и получить чистый доход в размере 80,8-84,3 руб./га при уровне рентабельности 111,0-149,0 % (таблица 4).

Таблица 4. – Эффективность фунгицидов в посевах гороха посевного в защите от мучнистой росы (ОАО «Видомлянское» Каменецкого района, дерново-подзолистая почва, сорт Богатырь чешский, 2009 г.)

Показатели	Препарат (норма расхода)	
	Альто Супер, КЭ (0,4 л/га)	Амистар Экстра, КС (0,7 л/га)
Развитие болезни (фаза полной спелости), %:		
контроль	46,0	46,0
вариант	11,0	9,0
Биологическая эффективность, %	76,1	80,4
Урожайность, ц/га:		
контроль	27,5	22,9
Вариант	30,7	26,4
Сохраненный урожай, ц/га	3,2	3,5
Стоимость продукции, руб./т	440,0	440,0
Стоимость дополнительного урожая, руб./га	140,8	154,0
Стоимость дополнительных затрат, руб./га	56,5	73,2
Чистый доход, руб./га	84,3	80,8
Уровень рентабельности, %	149,0	111,0

Примечание – Расчет проведен в ценах на 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлено, что в условиях Беларуси мучнистая роса встречается на горохе повсеместно. Распространенность болезни в агроценозах гороха посевного варьирует от 36,0 до 86,0 % при развитии 7,0-55,0 %, гороха полевого – от 8,0 до 81,0 % при развитии 3,3-49,0 % соответственно.

Из 9 сортов гороха посевного и 5 сортов гороха полевого, возделываемых в Беларуси, непоражаемых мучнистой росой не выявлено. Отмечено, что большинство исследуемых сортов относится к слабоустойчивым.

На торфяно-глеевой осушенной почве распространенность мучнистой росы в агроценозах гороха посевного составляет 81,0-94,0 %, развитие 50,8-61,3 %, на дерново-подзолистой – 62,0-86,0 % и 24,6-55,0 % соответственно, гороха полевого – 67,0-81,0 и 38,9-48,4 %, 43,0-58,0 % и 20,8-35,6 % соответственно [1, 9].

2. Вредоносность мучнистой росы гороха проявляется в поражении всех надземных органов растения, что приводит к снижению урожайности. Выявлена тесная обратная корреляционная зависимость между степенью развития болезни и основными показателями продуктивности гороха: урожайностью зерна ($r = -0,988$; $-0,980$), массой семян с одного растения ($r = -0,916$; $-0,823$), количеством нормально развитых бобов ($r = -0,884$; $-0,900$), массой 1000 семян ($r = -0,902$; $-0,841$).

Потери урожая гороха посевного составляют 0,90 % на 1,0 % развития мучнистой росы при развитии болезни от 10,0 до 20,0 %, 0,94 % – от 20,0 до 50,0 %, 0,97 % – от 50,0 до 80,0 % и 1,00 % – выше 80,0 %; гороха полевого – 0,69 %; 0,77 %; 0,85 %; 0,90 % соответственно.

Установлено, что биологический порог вредоносности мучнистой росы гороха составляет 12,0 %. При его достижении с увеличением развития болезни масса 1000 семян гороха посевного снижается на 9,5-31,6 %, масса семян с одного растения – на 20,8-69,1 %; гороха полевого – на 8,3-27,5 % и 14,2-47,0 % соответственно [1, 9].

3. Доказано, что в условиях Беларуси цикл развития гриба *E. pisi* включает конидиальную и сумчатую стадии. Конидии патогена поражают многие виды культурных и сорных растений семейства *Fabaceae*: люпин узколистый, желтый, многолетний, горох посевной и полевой, вику яровую, клевер луговой, клевер белый, кормовые бобы, люцерну хмелевидную, горох овощной и горошек мышиный, в то время как сумкоспоры заражают только горох посевной и горох полевой. Источники первичной инфекции – пораженные растительные остатки и многолетние бобовые культуры.

Определены оптимальные условия для прорастания конидий гриба *E. pisi*: температура 20-27 °С, рН 5-7, относительная влажность воздуха 80 % и более. При данных условиях инкубационный период патогена составляет 4 суток, при отклонении от них – увеличивается до 8 суток. Установлено, что конидии могут прорасти как при наличии капельно-жидкой влаги, так и в ее отсутствии в условиях высокой относительной влажности воздуха.

Начало лёта сумкоспор происходит при устойчивом переходе температуры воздуха через 17 °С в сторону повышения, что совпадает с фазой цветения – плодообразования и налива семян гороха [2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11].

4. Контроль развития мучнистой росы гороха должен осуществляться с учетом биологических особенностей возбудителя, его специализации и включать агротехнические и химические мероприятия.

Регулирующая роль агротехнических факторов заключается в соблюдении оптимальных сроков сева (физическая и биологическая спелость почвы), норм высева (1,0-1,2 млн всхожих семян на гектар), севооборота, двукратном применении регуляторов роста (предпосевная обработка семян, обработка при появлении первых признаков болезни).

Ранний срок сева способствует снижению развития болезни в посевах гороха посевного на 25,5-39,5 % и сохранению 3,4-5,3 ц/га урожая зерна, в посевах гороха полевого – снижению развития болезни на 36,1-41,4 % и сохранению 4,0-5,2 ц/га урожая.

Установлено, что оптимальной нормой высева гороха является 1,0-1,2 млн всхожих семян на гектар. С увеличением нормы высева до 1,5-1,8 млн всхожих семян на гектар развитие мучнистой росы в посевах гороха посевного возрастает на 10,5-33,4 %, гороха полевого – на 9,6-47,2 %, а урожайность снижается на 1,2-3,3 и 1,4-4,2 ц/га соответственно.

Доказано, что при возделывании монокультуры в течение 2-4 лет развитие мучнистой росы возрастает на 15,8-54,1 %.

Двукратное применение регуляторов роста Эпин Плюс р. (40 мл/т, 60 мл/га) и Агат 25 К, ТПС (70 г/т, 40 г/га) (предпосевная обработка и обработка во время появления первых признаков болезни) способствует снижению развития мучнистой росы гороха на 7,7-18,1 % и увеличению урожайности на 3,0-4,1 ц/га.

При эпифитотийном развитии мучнистой росы наиболее эффективным является двукратное применение фунгицидов (Альто Супер, КЭ (0,4 л/га) и Амистар Экстра, СК (0,7 л/га), рекомендованных на основании результатов проведенных исследований для включения в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь») при появлении первых признаков болезни и достижении

биологического порога вредоносности, что обеспечивает высокую биологическую эффективность (88,2-92,0 %) и позволяет сохранить 5,3-5,5 ц/га урожая.

В годы умеренного развития мучнистой росы однократная обработка химическими препаратами при появлении первых признаков болезни способствует сохранению 2,0-2,6 ц/га урожая зерна гороха при биологической эффективности 80,5-85,0 %.

В производственных условиях разработанные защитные мероприятия по ограничению вредоносности мучнистой росы гороха обеспечивают высокую биологическую эффективность (76,1-80,4 %), позволяют сохранить 3,2-3,5 ц/га урожая зерна и получить чистый доход в размере 80,8-84,3 руб./га при уровне рентабельности 111,0 и 149,0 % [3].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Целесообразно проводить посев гороха сразу после наступления физической и биологической спелости почвы с нормой высева 1,0-1,2 млн всхожих семян на гектар.

2. Учитывая биологические особенности развития возбудителя мучнистой росы, необходимо выращивать горох в севообороте.

3. Рекомендуется предпосевная обработка семян и обработка посевов при появлении первых признаков мучнистой росы регуляторами роста.

4. При умеренном развитии болезни необходимо проводить фунгицидные обработки однократно при появлении первых ее признаков, при эпифитотийном – двукратно с дополнительной обработкой при достижении биологического порога вредоносности (12,0 %) в фазы плодообразование и налив семян – зеленая спелость.

5. Материалы, полученные в результате исследований, используются в учебном процессе УО «Гродненский аграрный университет» при изучении мучнистой росы зернобобовых культур.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи, опубликованные в научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь

1. Терлецкая, Н. Ф. Мучнистая роса гороха в условиях Белорусского Полесья / Н. Ф. Терлецкая // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 4 (113). – С. 36–39.

2. Терлецкая, Н. Ф. Биологические особенности гриба *Erysiphe pisi* DC. – возбудителя мучнистой росы гороха / Н. Ф. Терлецкая // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 5 (114). – С. 39–43.

3. Терлецкая, Н. Ф. Роль агротехнических мероприятий в ограничении развития мучнистой росы гороха / Н. Ф. Терлецкая // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений. – Минск, 2017. – Вып. 41. – С. 189–195.

Статьи, опубликованные в прочих изданиях

4. Климова, Н. Ф. Грибные болезни зернобобовых культур в условиях Белорусского Полесья / Н. Ф. Климова // Молодежь в науке – 2007 : прил. к журн. «Вес. Нац. акад. наук Беларуси» : в 4 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых НАН Беларуси ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Ч. 4 : Серия аграрных наук. – С. 218–221.

5. Терлецкая, Н. Ф. Влияние абиотических факторов на развитие конидий гриба *Erysiphe pisi* DC. Fl. Fr. – возбудителя мучнистой росы гороха / Н. Ф. Терлецкая // Экологическая безопасность защиты растений : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 105-летию со дня рождения чл.-кор. А. Л. Амбросова и 80-летию со дня рождения акад. В. Ф. Самерсова, Прилуки, 24–26 июля 2017 г. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л. И. Трепашко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 144–147.

6. Терлецкая, Н. Ф. Морфологические особенности гриба *Erysiphe pisi* Dietrich. – возбудителя мучнистой росы зернобобовых культур / Н. Ф. Терлецкая // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века : материалы 9-й междунар. науч. конф., 21–22 мая 2009 г., г. Минск, Респ. Беларусь / Междунар. гос. экол. ун-т им. А. Д. Сахарова [и др.] ; ред.: С. П. Кундас, С. Б. Мельнов, С. С. Позняк. – Минск, 2009. – С. 195.

7. Терлецкая, Н. Ф. Специализация возбудителя мучнистой росы зернобобовых культур / Н. Ф. Терлецкая // Современные технологии

сельскохозяйственного производства : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2009. – С. 289.

8. Климова, Н. Ф. Грибные болезни семян зернобобовых культур в условиях Белорусского Полесья / Н. Ф. Климова // Актуальные проблемы интегрированной защиты растений : материалы междунар. науч. конф. молодых ученых, посвящ. 95-летию со дня рождения чл.-кор. АН РБ А. Л. Амбросова и 70-летию со дня рождения акад. ААН РБ В. Ф. Самерсова (Минск, 24–27 июля 2007 г.) / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л. И. Трепашко (гл. ред.) [и др.]. – Несвиж, 2007. – С. 115–116.

9. Терлецкая, Н. Ф. Распространенность мучнистой росы гороха в условиях Белорусского Полесья / Н. Ф. Терлецкая // Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития : тез. докл. V Междунар. науч. конф. (Брест, 8–10 сент. 2010 г.) / Полес. аграр.-экол. ин-т [и др.] ; редкол.: Н. В. Михальчук (отв. ред.) [и др.]. – Брест, 2010. – С. 40.

10. Терлецкая, Н. Ф. Источники инфекции мучнистой росы гороха / Н. Ф. Терлецкая, В. Г. Иванюк // Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития : тез. докл. V Междунар. науч. конф. (Брест, 8–10 сент. 2010 г.) / Полес. аграр.-экол. ин-т [и др.] ; редкол.: Н. В. Михальчук (отв. ред.) [и др.]. – Брест, 2010. – С. 41.

11. Терлецкая, Н. Ф. Цикл развития гриба *Erysiphe pisi* DC. Fl. Fr. – возбудителя мучнистой росы гороха / Н. Ф. Терлецкая // Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века : материалы 10-й междунар. науч. конф., 20–21 мая 2010 г., г. Минск, Респ. Беларусь / Междунар. гос. экол. ун-т им. А. Д. Сахарова [и др.] ; ред.: С. П. Кундас, С. Б. Мельнов, С. С. Позняк. – Минск, 2010. – Ч. 1. – С. 254.

РЕЗЮМЕ**Терлецкая Наталья Фёдоровна****Мучнистая роса гороха и мероприятия по ограничению ее вредоносности**

Ключевые слова: горох, мучнистая роса, распространенность, развитие, вредоносность, регуляторы роста, фунгициды, патоген, эффективность.

Работа выполнена в РУП «Институт защиты растений».

Объекты исследований: гриб *Erysiphe pisi* DC. – возбудитель мучнистой росы гороха.

Предмет исследований: мучнистая роса гороха, распространенность, развитие, вредоносность болезни, биоэкологические особенности гриба *E. pisi*, поражаемость сортов, эффективность защитных мероприятий.

Цель исследований: на основании уточнения видовой принадлежности и биоэкологических особенностей развития возбудителя мучнистой росы гороха обосновать мероприятия по ограничению вредоносности болезни в условиях Беларуси.

Методы исследований: использованы общепринятые методы фитопатологии, микологии, защиты растений и статистического анализа.

Полученные результаты и их новизна: уточнены распространенность, развитие и вредоносность мучнистой росы в посевах гороха, дана оценка поражаемости сортов болезнью. Рассчитаны уравнения регрессии, позволяющие прогнозировать потери урожая гороха в зависимости от степени поражения мучнистой росой. Установлен биологический порог вредоносности болезни. Изучены биологические особенности развития гриба *E. pisi*, специализация и продолжительность инкубационного периода патогена в зависимости от абиотических факторов, уточнен жизненный цикл развития возбудителя болезни, определены уязвимые для заражения фенологические фазы растений. Впервые установлено, что сумкоспоры гриба *E. pisi* заражают только горох посевной и горох полевой. Обоснованы оптимальные сроки применения фунгицидов и показана биологическая и экономическая эффективность защитных мероприятий по ограничению вредоносности болезни в посевах гороха.

Область применения: фитопатология, защита растений.

РЭЗЮМЭ

Цярлецкая Наталля Фёдараўна

Мучністая раса гароху і мерапрыемствы па абмежаванню яе шкоднаснасці

Ключавыя словы: гарох, мучністая раса, распаўсюджанасць, развіццё, шкоднаснасць, рэгулятары росту, фунгіцыды, патаген, эфектыўнасць.

Работа выканана ў РУП «Інстытут аховы раслін».

Аб'екты даследавання: грыб *Erysiphe pisi* DC. – узбуджальнік мучністай расы гароху.

Прадмет даследаванняў: мучністая раса гароху, распаўсюджанасць, развіццё, шкоднаснасць хваробы, біяэкалагічныя асаблівасці грыба *E. pisi*, паражальнасць сартоў, эфектыўнасць ахоўных мерапрыемстваў.

Мэта даследаванняў: на аснове ўдакладнення відавой прыналежнасці і біяэкалагічных асаблівасцей развіцця ўзбуджальніка мучністай расы гароху абгрунтаваць мерапрыемствы па абмежаванню шкоднаснасці хваробы ва ўмовах Беларусі.

Метады даследаванняў: выкарыстаны агульнапрынятыя метады фітапаталогіі, мікалогіі, аховы раслін і статыстычнага аналізу.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: удакладнены распаўсюджанасць, развіццё і шкоднаснасць мучністай расы ў пасевах гароху, дадзена ацэнка паражальнасці сартоў хваробай. Разлічаны ўраўненні рэгрэсіі, якія дазваляюць прагназаваць страты ўраджаю гароху ў залежнасці ад ступені паражэння мучністай расой. Вызначаны біялагічны парог шкоднаснасці хваробы. Вывучаны біялагічныя асаблівасці развіцця грыба *E. pisi*, спецыялізацыя і працягласць інкубацыйнага перыяду патагена ў залежнасці ад абіятычных фактараў, удакладнены жыццёвы цыкл развіцця ўзбуджальніка хваробы, устаноўлены спрыяльныя для заражэння феналагічныя фазы раслін. Упершыню ўстаноўлена, што сумкаспоры грыба *E. pisi* заражаюць толькі гарох пасяўны і гарох палявы. Абгрунтаваны аптымальныя тэрміны выкарыстання фунгіцыдаў і паказана біялагічная і эканамічная эфектыўнасць ахоўных мерапрыемстваў па абмежаванню шкоднаснасці хваробы ў пасевах гароху.

Галіна выкарыстання: фітапаталогія, ахова раслін.

SUMMARY

Tsiarletsкая Natallia Fyodorovna

Powdery mildew of pea and measures to limit its harmfulness

Key words: pea, powdery mildew, incidence, development, harmfulness, growth regulators, fungicides, pathogen, efficiency.

The work is done at the RUC «Institute of plant protection».

Objects of researches: fungus *Erysiphe pisi* DC. – pea powdery mildew agent.

Subject of researches: powdery mildew of pea, incidence, development, harmfulness of disease, bioecological peculiarities of the *E. pisi*, cultivars susceptibility, protective measures efficiency.

Objective of researches: to justify measures to limit the harmfulness of the disease in Belarus on the basis of clarification of the species affiliation and bioecological features of the development of the causative agent of powdery mildew of peas.

Methods of researches: the general methods of mycology, phytopathology, plant protection and statistical analysis.

Obtained results and their novelty: the incidence, development and harmfulness of powdery mildew in pea crops have been determined, the assessment of cultivars affection by disease has been estimated. The regression equations are calculated, which allow to predict the loss of pea crops depending on the degree of defeat with powdery mildew. The biological threshold harmfulness of the disease has been established. The biological features of *E. pisi* fungus development, the specialization and duration of the incubation period of the pathogen depending on abiotic factors, the life cycle of the causative agent development, and the phenological phases of plants vulnerable for infection have been established. For the first time it was found out that the sumcospores of the *E. pisi* fungus infect only sowing pea and field pea. The optimal timing of the use of fungicides was proved and the biological and economic effectiveness of protective measures for limiting the severity of the disease in pea crops was shown.

Sphere of application: phytopathology, plant protection.