Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 4 (44). С. 19-27
Vestnik Kurganskoj GSHA. 2022; (4-44): 19-27

Научная статья
УДК 632.9:581.2
Код ВАК 4.1.3

DOI: 10.52463/22274227_2022_44_19
EDN: FFRPZV

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ФИТОПАТОГЕНОВ В ЗАУРАЛЬЕ

Владимир Алексеевич Павлюшин[1], Алексей Александрович Постовалов[2] ✉
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия
[2]Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, Курган, Россия
[1]vapavlyushin@vizr.spb.ru, https://orcid.org/0000-0002-4727-8750
[2]p_alex79@mail.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-2204-2952

Аннотация. Исследования проводили с целью совершенствования зональных систем защиты агробиоценозов кормовых культур от фитопатогенов в Зауралье. Наблюдения за ростом и развитием растений, учет урожайности вели согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Учет болезней кормовых культур проводили по существующим методикам. Статистический анализ экспериментальных данных позволил установить доли влияния погодных условий, сорта, препаратов для предпосевной обработки семян, минеральных и органоминеральных удобрений на развитие корневой гнили, фузариоза, листостебельных болезней и на урожайность ячменя ярового, гороха, рапса ярового. Проведены комплексные исследования по совершенствованию зональных систем интегрированной защиты и приемов фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур. Исследованиями установлено, что в условиях Зауралья доминирующими болезнями кормовых культур являются фузариоз, корневые гнили, аскохитоз и ржавчина гороха, альтернариоз и пероноспороз рапса ярового. Одним из основополагающих факторов устойчивости растений к болезням и формирования устойчивых урожаев кормовых культур является возделывание сортов. Доля влияния фактора «сорт» на развитие корневой гнили и фузариоза на сортах ячменя составляла от 8,1 до 38,5 %, рапса ярового – 74,8 %, на продуктивность культур доля влияния сорта изменялась от 37,7 % до 56,9 %. Предпосевная обработка семян ячменя и гороха оказывала существенное влияние на развитие корневой гнили и фузариоза на протяжении всего периода вегетации, доля влияния фактора «препараты» составляла от 10,0 до 74,60 %. При внесении минеральных удобрений в почву в ризосфере растений отмечалось увеличение антагонистической активности в отношении возбудителей корневой гнили и фузариоза до 32,2-63,2 %. Внесение сбалансированных доз NPK позволяло снизить уровень поражения кормовых культур корневыми гнилями и фузариозом, в формировании урожайности доля влияния минеральных удобрений составляла 15,1-22,1 %. На развитие листостебельных болезней гороха и рапса ярового в большей степени оказывали влияние погодные условия года – от 53,5 % до 78,3 %. Усовершенствованные зональные системы интегрированной защиты кормовых культур оптимизированы по составу доминирующих фитопатогенов.

Ключевые слова: ячмень яровой, горох, рапс яровой, корневая гниль, фузариоз, листостебельные болезни, урожайность, усовершенствованные системы защиты растений.

Для цитирования: Павлюшин В.А., Постовалов А.А. Совершенствование систем защиты кормовых культур от фитопатогенов в Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 4 (44). С. 19-27. https://doi.org/DOI: 10.52463/22274227_2022_44_19

Scientific article

IMPROVEMENT OF SYSTEMS OF PROTECTION OF FODDER CROPS FROM PHYTOPATHOGENS IN THE TRANS-URALS

Vladimir A. Pavlyushin[1], Alexey A. Postovalov[2]✉
[1]All-Russian Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russia
[2]Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan, Russia
[1]vapavlyushin@vizr.spb.ru, https://orcid.org/0000-0002-4727-8750
[2]p_alex79@mail.ru✉, https://orcid.org/0000-0002-2204-2952

Abstract. The research was conducted to improve zonal systems of protection of agrobiocenoses of fodder crops from phytopathogens in the Trans-Urals. Observations on the growth and development of plants and yield accounting were conducted according to the methods of state crop variety trials. The accounting of diseases of fodder crops was carried out according to existing methods. Statistical analysis of experimental data allowed us to determine the share of the influence of weather conditions, varieties, preparations for pre-seed treatment, mineral and organomineral fertilizers on the development of root rot, fusarium, leaf-stem diseases and the yield of spring barley, peas, spring rapeseed. Comprehensive studies have been carried out to improve zonal systems of integrated protection and methods of phytosanitary optimization of agrobiocenoses of fodder crops. Studies have established that in the conditions of the Trans-Urals, the dominant diseases of forage crops are fusarium, root rot, ascochitosis and rust of peas, alternariasis and peronosporosis of spring rapeseed. One of the fundamental factors of plant resistance to diseases and the formation of stable yields of fodder crops is the cultivation of varieties. The share of the influence of the "variety" factor on the development of root rot and fusarium on barley varieties ranged from 8.1 to 38.5%, spring rapeseed – 74.8 %, the share of the influence of the variety on crop productivity varied from 37.7 % to 56.9 %. Pre-sowing treatment of barley and pea seeds had a significant impact on the development of root rot and fusarium throughout the growing season, the share of the influence of the factor «preparations» ranged from 10.0 to 74.60 %. When applying mineral fertilizers to the soil in the rhizosphere of plants, there was an increase in antagonistic activity against

© Павлюшин В.А., Постовалов А.А., 2022

pathogens of root rot and fusarium to 32.2-63.2 %. The introduction of balanced doses of NPK made it possible to reduce the level of damage to fodder crops by root rot and fusarium, the share of the influence of mineral fertilizers in the formation of yield was 15.1-22.1 %. The development of leaf-stem diseases of peas and spring rapeseed was more influenced by the weather conditions of the year – from 53.5 % to 78.3 %. Improved zonal systems of integrated protection of forage crops are optimized for the composition of dominant phytopathogens.

Keywords: spring barley, peas, spring rape, root rot, fusarium, leaf-stem diseases, yield, improved plant protection systems.

For citation: Pavlyushin V.A., Postovalov A.A. Improvement of systems of protection of fodder crops from phytopathogens in the Trans-Urals. Vestnik Kurganskoj GSHA. 2022; (4-44): 19-27. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_44_19. (In Russ).

Введение. Недостаточный уровень использования пестицидов и удобрений в аграрном секторе в период реформирования экономики России привел к резкому ухудшению фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур. Значительная часть посевных площадей была переведена в разряд бросовых земель, существенно изменилась система ведения сельского хозяйства. Изменение структуры землепользования отрицательно сказалось на фитосанитарном состоянии агроэкосистем. Массовый вывод из оборота плодородных земель привел к бесконтрольному развитию вредителей, возбудителей болезней и сорняков [1-2]. Все это привело к фитосанитарной дестабилизации агроэкосистем. К основным дестабилизирующим факторам относятся: утрата севооборотов, перенасыщение структуры посевов зерновыми колосовыми, внедрение энергосберегающей, нулевой обработки почвы, посев по стерневому предшественнику, дефицит минеральных удобрений, средств защиты растений, выведение из культурооборота значительных площадей и другие. Каждый фактор фитосанитарной дестабилизации не критичен по отдельности, но в совокупности они создают и поддерживают высокую опасность для всей агроэкосистемы, приводя к росту затрат и экологических осложнений [3-5].

Нарушение зональных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур усугубляет вредоносность болезней, фитофагов и сорных растений, что ведет к возникновению глобальных фитосанитарных проблем. В связи с этим в защите растений необходимы новые подходы, направленные на долговременную стабилизацию фитосанитарного состояния агроэкосистем. Они должны быть основаны на биоценотическом подходе к построению защитных мероприятий, разработке программ управления численностью вредных видов, фитосанитарным проектированием максимального насыщения сортами с комплексной устойчивостью к фитофагам и патогенам, формировании биорационального ассортимента средств защиты растений, многопольных севооборотов, улучшение функционирования растительно-микробных сообществ, повышение антагонистической активности почв и т.д. [6-8].

Цель исследований – совершенствование зональных систем защиты агробиоценозов кормовых культур (ячмень яровой, горох, рапс яровой) от фитопатогенов в Зауралье.

В связи с этим предполагалось решить следующие задачи:

- определить состав доминирующих болезней кормовых культур и влияние климатических условий на их проявление;

- оценить роль сорта, минеральных и органоминеральных удобрений, препаратов для предпосевной обработки семян на развитие болезней и урожайность кормовых культур;

- на основании фитосанитарного состояния посевов усовершенствовать зональные системы интегрированной защиты кормовых культур.

Материалы и методы. Годы исследований (2000-2019 гг.) характеризовались различными метеорологическими условиями. В годы с хорошим увлажнением (2000 и 2002 гг.) осадков выпадало на 42,3 и 63,3 % выше среднегодовых значений, а ГТК периода вегетации составлял 1,36 и 1,74. Пять лет (23,8 %) характеризовались удовлетворительным режимом увлажнения, когда гидротермический коэффициент периода вегетации изменялся от 1,03 до 1,19. К годам с острозасушливыми условиями отнесены 2004, 2010, 2012 гг., когда за период вегетации осадков выпало от 34,2 % до 69,9 % от среднемноголетних значений, ГТК составлял от 0,24 до 0,59. Засушливыми условиями (66,7 % случаев) характеризовались вегетационные периоды с ГТК 0,6-1,0. Многообразие метеоусловий в годы проведения исследований определяло урожайность, особенности проявления и развития болезней и в целом фитосанитарное состояние агробиоценозов кормовых культур.

Наблюдения за ростом и развитием растений, учет урожайности вели согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [9-10]. Учет болезней кормовых культур проводили по существующим методикам [11-13].

Результаты исследований и их обсуждение. Многолетними исследованиями установлено, что в Зауралье наиболее распространенными и вредоносными болезнями кормовых культур (ячмень яровой, горох, рапс яровой) являются фузариоз (корневая гниль и увядание), аскохитоз и ржавчина гороха, альтернариоз и пероноспороз ярового рапса [14-15]. Увеличение неблагоприятных резких изменений погоды, особенно при переходе на сухие и засушливые условия, способствовало поражению кормовых культур корневой гнилью и фузариозом, отмечалась сильная отрицательная корреляционная зависимость между суммой осадков в период вегетации и поражением растений корневыми инфекциями. Резкая смена погодных условий в сторону удовлетворительных и хороших по режи-

му увлажнения в сильной степени влияла на развитие листостебельных болезней кормовых культур. Отмечалась сильная положительная зависимость между суммой осадков периода вегетации и развитием болезней при смене сухих и засушливых условий на удовлетворительное увлажнение [16-17].

Обобщение экспериментального материала, полученного в результате многолетнего фитосанитарного мониторинга позволяет выделить основные факторы фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур в Зауралье. К этим факторам относятся: абиотические (первичные), от которых зависит проявление и интенсивность действия всех других факторов, и биотические факторы, влияющие на фитосанитарное состояние и обусловленные биологическими механизмами поддержания устойчивого фитосанитарного состояния агробиоценозов.

Мощным фактором устойчивости растений к болезням и формирования устойчивых урожаев кормовых культур является возделывание сортов. Целесообразно возделывать не только сорта, имеющие очень высокий потенциал продуктивности посевов, но и сорта, формирующие стабильную урожайность.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ позволил установить роль сорта и погодных условий периода вегетации на индекс развития корневой гнили. В фазу кущения доля влияния погодных условий на развитие корневой гнили на сортах ячменя составляла от 18,8 до 67,2 %, а доля влияния сорта – от 8,1 до 38,5 % (таблица 1).

Таблица 1 – Сила влияния погодных условий и сорта на индекс развития корневой гнили и урожайность ячменя ярового, %

Фактор	Корневая система	Эпикотиле	Основание стебля	Урожайность
Фаза кущения				
Погодные условия года	67,2	65,6	18,8	-
Сорт	12,9	8,1	38,5	-
Перед уборкой				
Погодные условия года	75,9	83,4	75,4	7,5
Сорт	10,1	2,6	4,6	56,9

Перед уборкой ячменя влияние погодных условий на развитие корневой гнили оставалось довольно высоким и составляло 75,4-83,4 %, при этом доля влияния фактора «сорт» составляла 2,6-10,1 %. Таким образом, погодные условия вегетационного периода являлись ведущим фактором в распространении и развитии корневой гнили на сортах ячменя ярового. Фактор сорт играл ведущую роль в формировании урожайности ячменя ярового на его долю приходилось 56,9 %, а на погодные условия года – 7,5 %.

Сортовые особенности рапса ярового определяли его устойчивость к фузариозу. Сила влияния фактора «сорт» на развитие фузариоза составляла 74,8 %. На развитие листостебельных болезней в большей степени оказывали влияние погодные условия года, доля влияния этого фактора составляла 53,5-78,3 %, а влияния фактора «сорт» на развитие болезней не превышала 5,2-10,3 %. Сила влияния фактора «сорт» на продуктивность рапса ярового была в 2,3 раза выше, чем фактора «погодные условия года» (таблица 2).

Таблица 2 – Сила влияния погодных условий и возделывания сортов на устойчивость к болезням и продуктивность ярового рапса, %

Фактор	Фузариоз	Пероноспороз	Альтернариоз	Урожайность
Погодные условия года	5,0	78,3	53,5	16,6
Сорт	74,8	10,3	5,2	37,7

Посевной материал кормовых культур в условиях Зауралья в сильной степени заражен возбудителями болезней. Зараженные семена являются фактором передачи возбудителей корневых и листостебельных инфекций, поэтому для обеспечения повышения посевных и фитосанитарных качеств необходимо по результатам фитоэкспертизы семян проводить предпосевную обработку биологическими и химическими препаратами согласно «Государственному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации».

Нашими исследованиями установлено, что в начальные фазы развития ячменя биологические препараты защищали подземные органы растений от поражения корневой гнилью. Доля влияния фактора «биопрепараты» составляла от 56,5 до 60,3 %. Доля влияния фактора «погодные условия периода вегетации» составляла 2,1-12,2 % (таблица 3).

К моменту уборки ячменя ярового сила влияния биопрепаратов оставалась довольно высокой и составляла от 10,0 до 27,6 %. Таким образом, биологические препараты защищали растения ячменя ярового от поражения корневой гнилью на протяжении всего периода вегетации. Доля влияния фактора «погодные условия» в эту фазу развития составляла от 56,2 до 79,5 %. Урожайность ячменя в большей степени определялась влиянием погодных условий, доля влияния этого фактора составила 56,2 %, а доля влияния биопрепаратов – 27,0 %.

Таблица 3 – Сила влияния погодных условий и биопрепаратов для предпосевного обеззараживания семян на индекс развития корневой гнили и урожайность ячменя ярового, %

Фактор	Корневая система	Эпикотиле	Основание стебля	Урожайность
Фаза кущения				
Погодные условия года	12,2	2,1	не сущ.	
Биопрепараты	57,9	60,3	56,5	
Перед уборкой				
Погодные условия года	61,7	79,5	56,2	56,2
Биопрепараты	27,6	10,0	22,2	27,0

Двухфакторный дисперсионный анализ результатов исследований позволил установить долю влияния гидротермических условий вегетационного периода и предпосевной обработки семян химическими препаратами на развитие корневой гнили ячменя ярового. В фазу кущения ячменя ярового отмечалась высокая доля влияния предпосевной обработки семян на индекс развития болезни, которая составляла от 51,0 до 81,0 %, а доля влияния погодных условий – от 4,0 до 28,0 %. Перед уборкой ячменя доля влияния условий периода вегетации составляла 5,0-61,0 %, тогда как доля влияния химических препаратов оставалась по-прежнему высокой – 23,0-62,0 %. Таким образом, можно отметить, что изучаемые препараты защищали растения ячменя ярового на протяжении всего периода вегетации. Продуктивность ячменя ярового возрастала при благоприятных гидротермических условиях, доля влияния этого фактора на урожайность ячменя составила 23,8 %, а доля влияния предпосевной обработки семян – 55,5 % (таблица 4).

В ходе исследований нами установлено, что доля влияния фактора «препараты» на развитие корневой гнили в фазу всходов гороха составила 39,7…78,1 %, тогда как доля влияния фактора «погодные условия года» была на уровне 4,0…35,5 %. Следует отметить, что сила влияния фактора «препараты» на развитие корневой гнили оставалась высокой на протяжении всего периода вегетации и к моменту уборки культуры составляла 60,7…74,6 %. На развитие фузариоза в большей степени оказывали влияние погодные условия периода вегетации. Доля фактора «погодные условия года» была на уровне 16,7…76,9 %, тогда как сила влияния фактора «препараты» составляла 9,5…46,4 %. Нами установлено, что на развитие листостебельных болезней, к которым относится аскохитоз, в большей степени оказывали влияние погодные условия периода вегетации. Сила влияния фактора «погодные условия года» в момент первого учета составляла 13,7…79,1 %, тогда как доля влияния фактора «препараты» была на уровне 9,9…57,4 %. Доля влияния фактора «погодные условия года» на развитие аскохитоза в конце вегетации составляла 61,6…88,7 %, а фактора «препараты» – 7,6-35,7 %. На формирование урожайности гороха доля влияния фактора «погодные условия года» составляла 72,8…76,1 %, тогда как доля влияния фактора «препараты» не превышала 15,9…18,3 % (таблица 5).

Таблица 4 – Сила влияния погодных условий и фунгицидов для предпосевной обработки семян на индекс развития корневой гнили и урожайность ячменя ярового, %

Фактор	Корневая система	Эпикотиле	Основание стебля	Урожайность
Фаза кущения				
Погодные условия года	11,0	4,0	28,0	
Химические препараты	58,0	81,0	51,0	
Перед уборкой				
Погодные условия года	5,0	33,0	61,0	23,8
Химические препараты	62,0	50,0	23,0	55,5

Таблица 5 – Сила влияния погодных условий и препаратов для предпосевной обработки семян на поражаемость болезнями и урожайность гороха, %

Фактор	Корневая гниль	Фузариоз	Аскохитоз	Урожайность
	Фаза всходов		июль	-
Погодные условия года	4,0...35,5	-	13,7...79,1	-
Препараты	39,7…78,1	-	9,9...57,4	-
	Перед уборкой		июль-август	Перед уборкой
Погодные условия года	7,7...13,3	16,7...76,9	61,6...88,7	72,8...76,1
Препараты	60,7…74,6	9,5…46,4	7,6…35,7	15,9...18,3

Внесение минеральных удобрений повышает микробиологическую активность, увеличивает численность аммонифицирующих бактерий, а высокие дозы удобрений ингибируют активность почвенной микрофлоры [18-19]. Внесение удобрений усиливает жизнедеятельность отдельных групп почвенного микробного населения и повышает его численность [20].

Внесение минеральных удобрений в почву изменяло численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере растений,

отмечалось повышение целлюлозоразлагающей, протеолитической, каталазной, инвертазной и общей биологической активности почвы. При внесении минеральных удобрений в ризосфере ярового ячменя отмечалось увеличение антагонистической активности почвы до 56,7-63,2 % в отношении возбудителей корневой гнили. Отмечена отрицательная корреляционная зависимость между антагонистической активностью почвы и развитием корневой гнили ячменя ярового, уравнение регрессии имело следующий вид: y = 47,08 - 0,05x. Антагонистическая активность почвы в отношении возбудителей фузариоза гороха возрастала при внесении минеральных удобрений на 32,2-46,0 %, уравнения регрессии имело следующий вид: y = 54,11-0,05x. Антагонистическая активность почвы в отношении возбудителей корневой гнили и фузариоза рапса повышалась до 43,7-48,4 % или в 2,2-2,3 раза, по сравнению с контролем.

Внесение сбалансированных доз NPK позволяло в 1,5-3,0 раза снизить уровень поражения растений ячменя корневыми гнилями. При этом существенное влияние оказывали погодные условия, доля влияния этого фактора была максимальной на протяжении всего периода вегетации и составляла от 23,5 % до 86,9 %. Доля влияния минеральных удобрений на поражаемость культуры болезнью была ниже и составляла от 6,5 % до 33,3 % (таблица 6).

Таблица 6 – Сила влияния погодных условий и минеральных удобрений на индекс развития корневой гнили и урожайность ячменя ярового, %

Фактор	Корневая система	Эпикотиле	Основание стебля	Урожайность
Фаза кущения				
Погодные условия года	78,9	55,7	23,1	-
Минеральные удобрения	8,1	7,8	14,9	-
Перед уборкой				
Погодные условия года	86,9	85,1	37,5	72,1
Минеральные удобрения	7,8	6,5	33,3	22,1

Продуктивность ячменя ярового возрастала при благоприятном режиме увлажнения. Доля влияния этого фактора на продуктивность составляла 72,1 %, тогда как доля влияния минеральных удобрений была в 3,2 раза ниже. Это вполне объяснимо, так как влажность является основным лимитирующим фактором урожайности.

При внесении минеральных удобрений снижалась поражаемость гороха корневыми инфекциями в 1,2-1,5 раза, а листостебельными – в 1,2-1,7 раза. Доля влияния погодных условий периода вегетации на развитие корневой гнили гороха оставалась довольно высокой на протяжении всего периода вегетации и составляла 67,5-76,9 %, тогда как доля влияния минеральных удобрений была на уровне 17,3-23,9 %. В развитии фузариоза доля влияния минеральных удобрений составляла 12,3 %, а влияние фактора условия года были на уровне 64,3 % (таблица 7).

Таблица 7 – Сила влияния погодных условий и минеральных удобрений на поражаемость болезнями и урожайность гороха, %

Фактор	Корневая гниль	Фузариоз	Аскохитоз	Ржавчина	Урожайность
	Фаза всходов		июль		
Погодные условия года	67,5	-	68,7	76,9	-
Минеральные удобрения	23,9	-	19,0	12,7	-
	Перед уборкой		июль-август		Перед уборкой
Погодные условия года	76,9	64,3	81,5	89,2	76,2
Минеральные удобрения	17,3	12,3	13,8	6,2	15,1

На развитие листостебельных инфекций (аскохитоз и ржавчина) существенное влияние оказывали погодные условия периода вегетации, доля влияния этого фактора составляла в зависимости от времени учета от 68,7 % до 89,2 %, а доля влияния минеральных удобрений – 6,2-19,0 %.

Внесение минеральных удобрений под рапс яровой в дозе $N_{60}P_{30}$ не оказывало существенного влияния на устойчивость растений к корневой гнили и фузариозу, при этом отмечалось снижение развития альтернариоза на стручках до 2,1-4,4 %. Поражаемость рапса корневыми инфекциями (корневые гнили и фузариоз) в большей степени зависела от сортовых особенностей культуры. Сила влияния фактора «сорт» составляла 36,9-46,6 %, тогда как доля влияния фона питания – была на уровне 6,5-13,9 %. Поражение альтернариозом на 18,4 % зависело от сортовых особенностей и на 33,9% от фактора «фон питания». Продуктивность ярового рапса на 20,9 % определялась фоном питания, а сортовыми особенностями культуры – на 60,8 %, или в 2,9 раза выше (таблица 8).

Наибольшая устойчивость к болезням рапса ярового (фузариоз и альтернариоз) отмечалась при некорневой подкормке органоминеральными удобрениями. Процент пораженных растений фузариозом не превышал 15,7 %, а альтернариозом – 20,7 %. Доля влияния органоминеральных удобрений на развитие фузариоза составляла 31,6 %, а погодных условий в 2,9 раза ниже (таблица 9).

Таблица 8 – Сила влияния фона питания и возделывания сортов на устойчивость к болезням и продуктивность рапса ярового, %

Фактор	Корневая гниль	Фузариоз	Альтернариоз	Урожайность
Фон питания	13,9	6,5	33,9	20,9
Сорт	36,9	46,6	18,4	60,8

Таблица 9 – Сила влияния погодных условий и обработки посевов органоминеральными удобрениями на поражаемость болезнями и продуктивность рапса ярового, %

Фактор	Фузариоз	Альтернариоз	Урожайность
Погодные условия	11,0	87,5	82,2
Органоминеральные удобрения	31,6	4,8	11,6

Развитие листостебельных инфекций и урожайность рапса ярового в большей степени зависели от погодных условий периода вегетации, доля влияния фактора «погодные условия» составляла 82,2-87,5 %

Обобщение собственных исследований и литературных данных позволило оптимизировать общую зональную систему защиты кормовых культур в Зауралье. Существующие зональные системы интегрированной защиты кормовых культур от фитопатогенов в период вегетации включают минимум 2-3 пестицидные обработки от вредных организмов. Это в свою очередь неблагоприятно сказывается на структурных компонентах и приводит к дисбалансу агробиоценоза. Предлагаемая система фитосанитарной оптимизации позволит осуществлять регуляцию численности фитопатогенов, обеспечить оптимальные условия для развития полезной микрофлоры и формирования стабильных урожаев агробиоценозов кормовых культур. При оптимизации фитосанитарного состояния необходимо выращивать высокоинтенсивные, экологически пластичные сорта, которые отзывчивы на улучшение условий и характеризуются стабильной урожайностью (таблица 10).

При использовании фитосанитарной технологии возделывания кормовых культур развитие фузариоза и корневых гнилей снижалось в 1,2-1,8 раза, а листостебельных инфекций в 1,5-2,0 раза по сравнению с зональной системой защиты, при этом антагонистическая активность почвы к возбудителям фузариоза и корневой гнили увеличилась до 31,8-63,2 %.

Предлагаемые мероприятия способствовали увеличению урожайности культур на 13,8-27,1 %, при этом условный чистый доход возрастал с 10353-25000 до 12098-31500 р./га, а рентабельность производства – с 8,9-61,3 % до 15,2-70,3 %.

Усовершенствованные зональные системы интегрированной защиты кормовых культур от фитопатогенов основаны на данных многолетнего изучения фитосанитарного состояния посевов, оценки хозяйственного значения вредных организмов, эффективности защитных мероприятий. Системы защиты ячменя ярового, гороха и рапса ярового ориентированы на проведение профилактических (соблюдение агротехнических приемов, возделывание устойчивых сортов, применение минеральных удобрений и т.д.) и оперативных (применение химических и биологических препаратов) защитных мероприятий, а также оптимизированы по составу доминирующих фитопатогенов.

Усовершенствованные системы интегрированной защиты включают следующие мероприятия:

на ячмене яровом – предпосевная обработка семян по результатам фитоэкспертизы биологическими и химическими препаратами, внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$ или $N_{60}P_{60}K_{60}$, органоминерального удобрения с Фитоспорином,

Таблица 10 – Эффективность усовершенствованных зональных систем интегрированной защиты агробиоценозов кормовых культур в Зауралье, 2001-2020 гг.

Показатели	Технология					
	базовая система интегрированной защиты			усовершенствованная зональная система интегрированной защиты		
	ячмень яровой	горох	рапс яровой	ячмень яровой	горох	рапс яровой
Развитие корневой гнили и фузариоза, %	21,7…23,2	15,7…40,0	8,7…17,5	11,5…12,5	11,8…30,2	7,5…12,5
Развитие листостебельных инфекций, %	-	26,0…39,3	8,0…10,0	-	13,2…36,0	4,6…9,4
Антагонистическая активность почвы, %	15,1…27,9	12,7…16,0	19,5…21,2	39,2…63,2	31,8…61,1	43,7…48,4
Урожайность, т/га	2,55	1,88	1,75	3,24	2,14	2,00
Производственные затраты, р./га	10364	9500	15500	12031	10500	18500
Условный чистый доход, р./ га	12969	10353	25000	17615	12098	31500
Рентабельность производства, %	25,1	8,9	61,3	46,4	15,2	70,3

возделывание устойчивых сортов Прерия и Челябинский 96; по результатам фитосанитарного мониторинга применение гербицидов на основе метсульфурон-метила, 2,4-Д, клорпиралида и феноксапроп-П-этила, однократное опрыскивание инсектицидами на основе диазинона, диметоата, альфа-, бета-циперметрина, имидаклоприда, обработка фунгицидами на основе пропиканазола, пропиканазол+тебуконазол и др.;

на горохе – предпосевная обработка семян по результатам фитоэкспертизы биологическими препаратами, регуляторами роста и фунгицидами, внесение минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}$ или $N_{20}P_{40}K_{20}$, выращивание сорта Аксайский усатый 55, по результатам фитосанитарного мониторинга обработка гербицидами на основе хизалофоп-П-этила и МЦПА кислоты, применение инсектицидов на основе диметоата, альфа- и бета-циперметрина, имидаклоприда в различных комбинациях, фунгицидов на основе дифеноконазола, флутриафола, тебуконазола и пропиконазола в различных вариантах их комбинации;

на рапсе яровом – обработка семян фунгицидами на основе имазалила и тебуконазола по результатам фитоэкспертизы, инсектицидами на основе имидаклоприда, внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{30}$, возделывание устойчивых сортов Ратник, Аккорд, Юбилейный, Гранит, Старт; некорневые подкормки жидкими органоминеральными удобрениями и биостимуляторами; по результатам фитосанитарного мониторинга опрыскивание гербицидами на основе клопиралида в комбинации с имазамоксом, хизалофоп-П-этила; инсектицидами на основе имидаклоприда, циперметрина, альфа-циперметрина, лямбда-цигалотрина, фунгицидами на основе пропиконазола или в комбинации с тебуконазолом.

Заключение. В условиях Зауралья доминирующими болезнями кормовых культур являются фузариоз и корневые гнили. Наиболее распространенными и вредоносными листостебельными болезнями являются аскохитоз и ржавчина гороха, альтернариоз и пероноспороз рапса ярового. На поражаемость кормовых культур (ячменя ярового, гороха, рапса ярового) корневой гнилью и фузариозом в большей степени оказывали влияние климатические условия, характеризующиеся резкими изменениями с достаточного режима увлажнения на сухие и засушливые условия, а листостебельными болезнями (горох и рапс яровой) – при резкой смене сухих и засушливых условий на удовлетворительное увлажнение.

Одним из основополагающих факторов устойчивости растений к болезням и формирования устойчивых урожаев кормовых культур является возделывание сортов. Доля влияния фактора «сорт» на развитие корневой гнили на сортах ячменя составляла от 8,1 до 38,5 %, а на развитие фузариоза на сортах рапса ярового – 74,8 %. На развитие листостебельных болезней в большей степени оказывали влияние погодные условия года, доля влияния этого фактора на рапсе изменялась от 53,5 % до 78,3 %. На продуктивность ячменя и рапса доля влияния фактора «сорт» изменялась от 37,7 % до 56,9 %.

Предпосевная обработка семян ячменя и гороха оказывала существенное влияние на развитие корневой гнили и фузариоза на протяжении всего периода вегетации, доля влияния фактора «препараты» составляла от 10,0 до 74,60 %, на развитие листостебельных болезней в большей степени оказывали влияние погодные условия периода вегетации. Продуктивность культур возрастала при благоприятных гидротермических условиях, доля влияния фактора погодные условия составляла от 56,2 до 76,1 %.

Внесение минеральных удобрений в почву изменяло численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере растений, отмечалось повышение микробиологической активности почвы и увеличение антагонистической активности в отношении возбудителей корневой гнили и фузариоза до 32,2-63,2 %.

Внесение сбалансированных доз NPK позволяло снизить уровень поражения кормовых культур корневыми гнилями и фузариозом, доля влияния фактора «удобрения» составляла от 6,5 % до 46,6 %, в развитии листостебельных болезней на долю удобрений приходилось 6,2-18,4 %, а погодных условий года – 68,7-89,2 %. В формировании урожайности кормовых культур доля влияния минеральных удобрений составляла 15,1-22,1 %.

Предлагаемые усовершенствованные зональные системы интегрированной защиты кормовых культур основаны на данных многолетнего изучения фитосанитарного состояния посевов, оценки хозяйственного значения вредных организмов, эффективности защитных мероприятий, а также оптимизированы по составу доминирующих фитопатогенов.

Список источников

1. Захаренко В.А., Воронов И.С. Особенности химизации в управлении фитосанитарным состоянием и продуктивностью сортовых агроэкосистем зерновых культур // Защита и карантин растений. 2017. № 9. С. 13-15.

2. Коваленков В.Г. Антропогенные факторы и фитосанитарная дестабилизация // Защита и карантин растений. 2015. № 9. С. 3-8.

3. Долженко В.И., Силаев А.И. Защита растений: состояние, проблемы и перспективы их решения в зерновом производстве // Агро XXI. 2010. № 7-9. С. 3-5.

4. Иващенко В.Г., Павлюшин В.А. Интенсификация растениеводства и эколого-продукционный баланс агроэкосистем: снижение плодородия почв и фитосанитарная дестабилизация // Вестник защиты растений. 2017. № 3 (93). С. 5-16.

5. Захаренко В.А. Экономическая целесообразность системы защиты зерновых культур в России // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 5-8. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10701.

6. Павлюшин В.А. Фитосанитарная безопасность агроэкосистем // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве: вторая всероссийская научная конференция с международным участием. Санкт-Петербург: ГНУ АФИ Россельхозакадемии, 2018. С. 45-51. DOI: 10.25695/agrophysica.2018.2.18675.

7. Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421-438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.

8. Санин С.С. Стратегия современной защиты растений при интенсивном зернопроизводстве // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (66). С. 35-39.

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 195 с.

10. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар: ВНИИМК, 2010. 327 с.

11. Методическое руководство по учету болезней сельскохозяйственных культур. Новосибирск, 1985. 66 с.

12. Рекомендации по защите зернобобовых культур от корневых гнилей. М.: Колос, 1982. 31 с.

13. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю. Корневые гнили // Защита и карантин растений. 2004. № 2. С. 16-18.

14. Постовалов А.А., Суханова С.Ф. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя фунгицидами // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2020. № 2 (55). С. 42-49. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49.

15. Суханова С.Ф., Постовалов А.А., Григорьев Е.В. Продуктивность и устойчивость сортов ярового рапса к фузариозу в условиях Курганской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (49). С. 65-70. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-1-65-70.

16. Постовалов А.А., Суханова С.Ф. Многолетняя динамика развития болезней гороха в Зауралье // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (51). С. 105-110. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-105-110.

17. Постовалов А.А. Зависимость урожайности кормовых культур от климатических изменений и развития инфекционных болезней в Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 26-31. DOI:10.52463/22274227_2022_43_26. EDN: VLRQAP.

18. Блынская Т.А. Агроэкологическая оценка и пути регулирования почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий Архангельской области: автореф. … канд. с.-х. наук: 06.01.02 – мелиорация, рекультивация и охрана земель. М., 2009. 18 с.

19. Еремин Д.И., Демина О.Н. Влияние уровня минерального питания на численность аммонифицирующих бактерий пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья // Аграрная наука и образование Тюменской области: связь времен: материалы международной научно-практической конференции. Тюмень: Изд-во ГАУ Северного Зауралья, 2019. С. 269-277.

20. Зинченко С.И., Стоянова Л.Г. Действие различных систем удобрения на интенсивность биологических процессов в серой лесной почве // Владимирский земледелец. 2014. № 2-3 (68-69). С. 19-21.

References

1. Zakharenko V.A., Voronov I.S. Osobennosti khimizatsii v upravlenii fitosanitarnym sostoyaniem i produktivnost'yu sortovykh agroekosistem zernovykh kul'tur [Peculiarities of chemicalization in the management of the phytosanitary state and productivity of varietal agroecosystems of grain crops]. *Protection and quarantine of plants*. 2017; (9): 13-15. (In Russ).

2. Kovalenkov V.G. Antropogennye faktory i fitosanitarnaya destabilizatsiya [Anthropogenic factors and phytosanitary destabilization]. *Protection and quarantine of plants*. 2015; (9): 3-8. (In Russ).

3. Dolzhenko V.I., Silaev A.I. Zashchita rastenii: sostoyanie, problemy i perspektivy ikh resheniya v zernovom proizvodstve [Plant protection: state, problems and prospects for their solution in grain production]. *Agro XXI*. 2010; (7-9): 3-5. (In Russ).

4. Ivashchenko V.G., Pavlyushin V.A. Intensifikatsiya rastenievodstva i ekologo-produktsionnyi balans agroekosistem: snizhenie plodorodiya pochv i fitosanitarnaya destabilizatsiya [Intensification of crop production and ecological and production balance of agroecosystems: decrease in soil fertility and phytosanitary destabilization]. *Plant Protection News*. 2017; (3-93): 5-16. (In Russ).

5. Zakharenko V.A. Ekonomicheskaya tselesoobraznost' sistemy zashchity zernovykh kul'tur v Rossii [Economic feasibility of the grain crops protection system in Russia]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2018. (32-7): 5-8. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10701. (In Russ).

6. Pavlyushin V.A. Fitosanitarnaya bezopas-

nost' agroekosistem [Phytosanitary safety of agroecosystems]. Second All-Russian Scientific Conference with International Participation «Application of Earth Remote Sensing in Agriculture». St. Petersburg: Agrophysical Research Institute; 2018: 45-51. DOI: 10.25695/agrophysica.2018.2.18675. (In Russ).

7. Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Boikova I.V. Mikrobiologicheskaya zashchita rastenii v tekhnologiyakh fitosanitarnoi optimizatsii agroekosistem: teoriya i praktika (obzor) [Microbiological protection of plants in technologies of phytosanitary optimization of agroecosystems: theory and practice (review)]. *Agricultural Biology.* 2020; (55-3): 421-438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus. (In Russ).

8. Sanin S.S. Strategiya sovremennoi zashchity rastenii pri intensivnom zernoproizvodstve [The strategy of modern plant protection in intensive grain production]. *Bulletin of Orel State Agrarian University*. 2017; (3-66): 35-39. (In Russ).

9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methods of state variety testing of agricultural crops]. M.: Kolos; 1989. (In Russ).

10. Lukomets V.M. et al. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami [Methodology for conducting field agrotechnical experiments with oilseeds]. Krasnodar: VNIIMK; 2010. (In Russ).

11. Metodicheskoe rukovodstvo po uchetu boleznei sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodological guide to accounting for diseases of agricultural crops]. Novosibirsk; 1985. (In Russ).

12. Rekomendatsii po zashchite zernobobovykh kul'tur ot kornevykh gnilei [Recommendations for the protection of leguminous crops from root rot]. M.: Kolos; 1982. (In Russ).

13. Chulkina V.A., Toropova E.Yu. Kornevye gnili [Root rot]. *Protection and quarantine of plants*. 2004; (2): 16-18. (In Russ).

14. Postovalov A.A., Sukhanova S.F. Effektivnost' predposevnoi obrabotki semyan yarovogo yachmenya fungitsidami [Efficiency of pre-sowing treatment of spring barley seeds with fungicides]. *Bulletin of NSAU* (Novosibirsk State Agrarian University). 2020; (2-55): 42-49. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49. (In Russ).

15. Sukhanova S.F., Postovalov A.A., Grigoriev E.V. Produktivnost' i ustoichivost' sortov yarovogo rapsa k fuzariozu v usloviyakh Kurganskoi oblasti [Productivity and resistance of spring rapeseed varieties to fusarium in the conditions of the Kurgan region]. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2020; (1-49): 65-70. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-1-65-70. (In Russ).

16. Postovalov A.A., Sukhanova S.F. Mnogoletnyaya dinamika razvitiya boleznei gorokha v Zaural'e [Long-term dynamics of the development of pea diseases in the Trans-Urals]. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2020; (3-51): 105-110. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-3-105-110. (In Russ).

17. Postovalov A.A. Zavisimost' urozhainosti kormovykh kul'tur ot klimaticheskikh izmenenii i razvitiya infektsionnykh boleznei v Zaural'e [Dependence of fodder crop yields on climatic changes and development of infectious diseases in the Trans-Urals]. Vestnik Kurganskoj GSHA. 2022; (3-43): 26-31. DOI: 10.52463/22274227_2022_43_26. EDN: VLRQAP. (In Russ).

18. Blynskaya T.A. Agroekologicheskaya otsenka i puti regulirovaniya pochvennogo plodorodiya sel'skokhozyaistvennykh ugodii Arkhangel'skoi oblasti [Agroecological assessment and ways of regulating soil fertility of agricultural lands in the Arkhangelsk region]: abstract for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. M.; 2009. (In Russ).

19. Eremin D.I., Demina O.N. Vliyanie urovnya mineral'nogo pitaniya na chislennost' ammonifitsiruyushchikh bakterii pakhotnogo chernozema lesostepnoi zony Zaural'ya [Influence of the level of mineral nutrition on the number of ammonifying bacteria in the arable chernozem of the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. Materials of the international scientific-practical conference «Agrarian science and education of the Tyumen region: connection of times». Tyumen; 2019: 269-277. (In Russ).

20. Zinchenko S.I., Stoyanova L.G. Deistvie razlichnykh sistem udobreniya na intensivnost' biologicheskikh protsessov v seroi lesnoi pochve [The effect of various fertilizer systems on the intensity of biological processes in gray forest soil]. *Vladimir agricolist*. 2014; (2-3-68-69): 19-21. (In Russ).

Информация об авторах

В.А. Павлюшин – доктор биологических наук, профессор, академик РАН; AuthorID 108941.

А.А. Постовалов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; AuthorID 413919.

Information about the authors

V.A. Pavlyushin – Doctor of Biological Sciences, Professor, academician of the Russian Academy of Sciences; AuthorID 108941.

A.A. Postovalov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID 413919.

Статья поступила в редакцию 07.09.2022; одобрена после рецензирования 20.10.2022; принята к публикации 16.11.2022.

The article was submitted 07.09.2022; approved after reviewing 20.10.2022; accepted for publication 16.11.2022.