

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 1 (45). С. 13-22

Vestnik Kurganskoy GSNA. 2023; (1-45): 13-22

Научная статья

УДК 632.9(470.54/.56+.58)

Код ВАК 4.1.3

EDN: CZDRTU

ПРИЁМЫ ФИТОСАНИТАРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОБИОЦЕНОЗОВ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАУРАЛЬЕ

Владимир Алексеевич Павлюшин¹, Алексей Александрович Постовалов²✉

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

²Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева – филиал Курганского государственного университета, Курган, Россия

¹vapavlyushin@vizr.spb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4727-8750>

²p_alex79@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-2204-2952>

Аннотация. Исследования проводили с целью выявления приемов фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур (ячмень яровой, горох, рапс яровой) в Зауралье. Наблюдения за ростом и развитием растений, учет болезней и урожайности вели согласно существующим методикам. Проведены комплексные исследования по совершенствованию приемов фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур. Установлено, что доминирующими болезнями являлись фузариоз и корневые гнили, аскохитоз и ржавчина гороха, альтернариоз и пероноспороз рапса ярового. Основными приемами фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур в Зауралье являются возделывание устойчивых сортов, внесение минеральных удобрений, обработка посевов органоминеральными удобрениями, предпосевная обработка семян биологическими и химическими препаратами. К высокоинтенсивным сортам ячменя ярового относились Вереск, Сонет и Прерия, рапса ярового – Старт, ДЛЕ и Юбилейный. При внесении минеральных удобрений в почву увеличивалась антагонистическая активность в отношении возбудителей корневой гнили и фузариоза. При этом поражение растений корневой гнилью снижалось в 1,5-3,0 раза, а развитие листостебельных инфекций – в 1,2-1,7 раза. Некорневая подкормка рапса органоминеральными удобрениями способствовала снижению поражения фузариозом до 15,7 %, альтернариозом – до 20,7 %. Урожайность ячменя ярового, гороха и рапса ярового при внесении минеральных удобрений увеличивалась на 10-25 %. Предпосевная обработка семян биологическими и химическими препаратами снижала развитие корневой гнили и фузариоза ячменя ярового и гороха, поражаемость гороха аскохитозом снижалась в 1,4-1,7 раз. При использовании фитосанитарной технологии возделывания кормовых культур развитие фузариоза и корневых гнилей снизилось в 1,2-1,8 раза, а листостебельных инфекций в 1,5-2,0 раза, при этом антагонистическая активность почвы к возбудителям фузариоза и корневой гнили увеличилась до 31,8-63,2 %, урожайность кормовых культур увеличивалась на 13,8-27,1 %, рентабельность производства возрастала до 15,2-70,3 %.

Ключевые слова: ячмень яровой, горох, рапс яровой, корневая гниль, фузариоз, листостебельные болезни, фитосанитарная оптимизация.

Для цитирования: Павлюшин В.А., Постовалов А.А. Приемы фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур в Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 1 (45). С. 13-22.

Scientific article

METHODS OF PHYTOSANITARY OPTIMIZATION OF AGROBIOCENOSIS OF FORAGE CROPS IN THE TRANS-URAL

Vladimir A. Pavlyushin¹, Alexey A. Postovalov²✉

¹All-Russian Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russia

²Kurgan state agricultural academy named after T. S. Maltsev – the branch of The Kurgan state university, Kurgan, Russia

¹vapavlyushin@vizr.spb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4727-8750>

²p_alex79@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-2204-2952>

Abstract. The research was carried out in order to identify methods of phytosanitary optimization of agrobiocenoses of fodder crops (spring barley, peas, spring rapeseed) in the Trans-Urals. Observations of the growth and development of plants, accounting for diseases and yields were carried out according to existing methods. Comprehensive studies have been carried out to improve the methods of phytosanitary optimization of agrobiocenoses of fodder crops. It was established that the dominant diseases were fusarium and root rot, ascochitosis and rust of peas, alternariosis and downy mildew of spring rape. The main methods of phytosanitary optimization of agrobiocenoses of fodder crops in the Trans-Urals are the cultivation of resistant varieties, the application of mineral fertilizers, the treatment of crops with organomineral fertilizers, the presowing treatment of seeds with biological and chemical preparations. High-intensity varieties of spring barley included Veresk, Sonnet and Prairie, spring rapeseed Start, DLE and Yubileiny. When mineral fertilizers were applied to the soil, antagonistic activity against pathogens of root rot and Fusarium increased. At the same time, damage to plants by root rot decreased by 1.5-3.0 times, and the development of leaf-stem infections – by 1.2-1.7 times. Foliar top dressing of rapeseed with organomineral fertilizers contributed to the reduction of damage by Fusarium to

15.7 %, *Alternaria* – до 20.7 %. The yield of spring barley, peas and spring rapeseed increased by 10-25% when mineral fertilizers were applied. Pre-sowing treatment of seeds with biological and chemical preparations significantly reduced the development of root rot and *Fusarium* blight of spring barley and peas, the susceptibility of peas to ascochytosis decreased by 1.4-1.7 times. When using the phytosanitary technology of cultivation of fodder crops, the development of *fusarium* and root rot decreased by 1.2-1.8 times, and leaf infections by 1.5-2.0 times, while the antagonistic activity of the soil to pathogens of *fusarium* and root rot increased to 31,8-63.2 %, the yield of fodder crops increased by 13.8-27.1 %, the profitability of production increased to 15.2-70.3 %.

Keywords: spring barley, peas, spring rapeseed, root rot, fusariosis, leaf diseases, phytosanitary optimization.

For citation: Pavlyushin V.A., Postovalov A.A. Methods of phytosanitary optimization of agrobiocenoses of forage crops in the Trans-Ural. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2023; (1-45). 13-22. (In Russ).

Введение. Современные системы защиты растений должны быть направлены на долгосрочную стабилизацию фитосанитарного состояния агроэкосистем, основаны на биоценоотическом подходе к построению защитных мероприятий, разработку программ управления численностью вредных видов, фитосанитарным проектированием максимального насыщения сортами с комплексной устойчивостью к фитофагам и патогенам, формирование биорационального ассортимента средств защиты растений, многопольных севооборотов, улучшение функционирования растительно-микробных сообществ, повышение супрессивности почв и т. д. [1-3].

При фитосанитарной оптимизации агробиocenозов необходимо включать такие агротехнические приемы, как севообороты и предшественники, применение сбалансированных минеральных удобрений, внесение органических удобрений, обогащение ризосферы растений антагонистами, обеспечение оптимальной густоты всходов и продуктивного стеблестоя [4-5]. Подбор сортов при этом будет иметь решающее значение, так как сорт выполняет средообразующую функцию агроэкосистем, обуславливая формирование сообществ вредных и полезных организмов, а также обеспечивая самозащиту растений [6-8]. Все эти условия будут способствовать снижению численности вредных организмов в агробиocenозах до уровня биологического и (или) экономического порогов вредоносности [9].

Цель исследований – выявление приемов фитосанитарной оптимизации агробиocenозов кормовых культур (ячмень яровой, горох, рапс яровой) в Зауралье.

В связи с этим предполагалось решить следующие задачи:

- определить состав доминирующих болезней кормовых культур и влияние климатических условий на их проявление;
- определить основные факторы фитосанитарной оптимизации агробиocenозов кормовых культур;
- оценить эффективность фитосанитарной

оптимизации агробиocenозов кормовых культур.

Материалы и методы. Полевые опыты проводились в 2000-2020 гг. на опытном поле Курганской ГСХА. Годы исследований (2000-2020 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 агробиocenозов кормовых культур.

Наблюдения за ростом и развитием растений, учет урожайности вели согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [10-11]. Учет болезней кормовых культур проводили по существующим методикам [12-14].

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из наиболее широко распространенных заболеваний ячменя ярового в Зауралье является гельминтоспориозно-фузариозная корневая гниль (таблица 1). Развитие болезни практически ежегодно превышало порог вредоносности. Нами отмечена средняя обратная корреляционная связь между степенью развития корневой гнили и ГТК май-август, коэффициент корреляции составил $-0,62 \pm 0,26$.

Кроме гидротермических условий развитие болезни зависело от уровня инфицирования семенного материала, запаса инфекционного начала в почве, уровня минерального питания растений и агротехники. Выделение чистой

культуры фитопатогенных грибов позволило установить, что в Зауралье доминирующими возбудителями болезни являются грибы *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker и грибы рода *Fusarium Link*.

Таблица 1 – Доминирующие виды возбудителей болезней кормовых культур в Зауралье

Культура	Патоген
Ячмень яровой	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker, <i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc., <i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc., <i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl., <i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb (гельминтоспориозно-фузариозная корневая гниль)
Горох	<i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc., <i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc., <i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl., <i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc., <i>Fusarium gibbosum</i> Appel. & Wollenw (фузариоз), <i>Ascochyta pinodes</i> Jones (темно-пятнистый аскохитоз), <i>Uromyces pisi-sativa</i> (Pers.) Liro (ржавчина)
Рапс яровой	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc., <i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Sm.) Sacc., <i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl и <i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc. (корневая гниль), <i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl (фузариоз), <i>Alternaria brassicae</i> (Berk.) Sacc. (черная пятнистость (альтернариоз) и <i>Alternaria brassicicola</i> (Schwein.) Wiltshire), <i>Peronospora brassicae</i> Gäum (<i>Hyaloperonospora parasitica</i> (Pers.) Constant (ложная мучнистая роса (пероноспороз)

При анализе почвы на количество спор *B. sorokiniana* установлено, что к моменту уборки происходит заселение почвы возбудителем и к концу вегетации культуры в 1 г почвы содержалось $74,0 \pm 8,0$ до $160,0 \pm 17,4$ конидий на 1 г почвы, что выше порога вредности в 2,5-5,0 раз. В целом, полученные нами данные согласуются с имеющимися в отечественной литературе. Плотность популяции грибов рода *Fusarium* в почве ежегодно оставалась довольно высокой и составляла 300-350 спор / г почвы, что выше порога вредности в 6-7 раз.

Фузариоз гороха. Проявлялся в виде увядания и корневой гнили. Заболевание корневой системы и прикорневой части стеблей. Болезнь развивалась с момента появления всходов и до образования бобов. На основании морфологических и культуральных признаков выделенные нами виды рода *Fusarium Link* относились к *F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. oxysporum* Schltdl, *F. solani* (Mart.) Sacc., *F. gibbosum* Appel. & Wollenw. Установлено, что корневые инфекции (фузариоз и корневая гниль) чаще всего развивались при недостатке влаги в период вегетации, так фузариоз

наиболее интенсивно проявлялся при ГТК < 0,58.

В условиях лесостепи Зауралья из листовых болезней распространены аскохитоз и ржавчина гороха.

Аскохитоз. Наиболее распространен возбудитель темно-пятнистого аскохитоза – *Ascochyta pinodes* Jones. Интенсивно аскохитоз проявлялся в фазы цветения-плодообразования гороха (вторая-третья декады июля). Особенно интенсивно болезнь проявлялась в 2005, 2006, 2008 и 2011 гг., развитие болезни составляло от 59,4 % до 68,5 %.

Ржавчина. Возбудитель болезни – *Uromyces pisi-sativa* (Pers.) Liro. Болезнь проявлялась на листьях, стеблях и бобах гороха с периода бутонизации-цветения или позже и развивалась до уборки. Особенно интенсивно ржавчина гороха проявлялась в 2005-2008 и 2011 годах, развитие болезни в эти годы составляло 41,3-59,3 %.

Среди болезней рапса ярового наиболее распространены и вредоносными в Зауралье являются корневая гниль, фузариоз, альтернариоз и пероноспороз.

Корневая гниль. Болезнь развивалась с момента появления всходов и до образования стручков. Особенно интенсивно болезнь проявлялась в 2011 г., развитие болезни составляло 20,8 %.

Фузариоз. Наиболее интенсивно фузариоз проявлялся в 2010, 2012 и 2018 гг., степень поражения растений составляла 19,2-27,7 %. Патогенный комплекс возбудителей корневой гнили и фузариоза рапса был представлен *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc., *F. oxysporum* Schltdl и *F. solani* (Mart.) Sacc.

Чёрная пятнистость, или альтернариоз. Возбудители альтернариоза – грибы *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc. и *Alternaria brassicicola* (Schwein.) Wiltshire. Особенно интенсивно альтернариоз проявлялся в 2011 г. и 2015-2018 гг. Развитие болезни составляло 19,3-25,3 %, в эти годы ГТК составлял 0,89-1,28, а сумма осадков – 174-250 мм.

Пероноспороз (ложная мучнистая роса). Возбудитель болезни – *Peronospora brassicae* Gäum. Особенно интенсивно пероноспороз проявлялся в 2016 г., когда развитие болезни достигало 45,0 %. Этому способствовали частые осадки в июне-июле (198 мм) и среднемесячная температура воздуха 18,6 °С.

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 (рисунок).

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 режиму 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 [15].

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 [18-20]. Нестабильность и низкий уровень урожайности напрямую связаны с погодными условиями и устойчивостью к биотическим факторам среды (фитопатогены, фитофаги, сорняки). Дальнейший рост урожайности и его стабильность во многом зависят от создания и внедрения в производство новых адаптивных сортов, устойчивых к стрессовым биотическим и абиотическим факторам.

Наибольшей устойчивостью к корневой гнили характеризовались сорта ячменя ярового Прерия, Омский 90, Челябинский 96 и Уреньга, развитие болезни на них не превышало 12,1 %. К высокоинтенсивным сортам ячменя ярового относились Вереск, Сонет и Прерия, у которых экологическая пластичность выше или равна 1,0, они отзывчивы на улучшение условий и характеризовались стабильной урожайностью (таблица 2).

Таблица 2 – Поражаемость корневой гнилью и экологическая пластичность сортов ячменя ярового

Сорт	Развитие корневой гнили, %	Урожайность, ц/га	Экологическая пластичность b_1
Прерия st.	12,1	24,3	0,9
Вереск	14,1	19,3	1,6
Донецкий 8	14,1	16,4	2,0
Красноуфимский 95	13,9	19,2	2,8
Омский 90	11,9	19,0	-0,3
Сонет	14,5	18,7	1,6
Челябинский 96	11,2	21,5	0,3
Уреньга	12,8	32,2	-0,9

Устойчивостью к фузариозу характеризовались сорта рапса ярового Юбилейный, ДЛЕ и Старт, поражение болезнью не превышало 14,8 %. Устойчивостью к пероноспорозу характеризовались сорта Старт, Гранит и ДЛЕ. Развитие болезни на них изменялось от 26,2 до 29,5%, что ниже по сравнению со стандартом. Устойчивыми к альтернариозу были сорта рапса Купол и Старт, развитие болезни на них не превышало 23,9 %. Самая высокая урожайность формировалась у сортов ярового рапса ДЛЕ, Гранит и Старт и составляла 20,6-22,7 ц/га, что выше стандарта на 8,7-17,2 %. К высокоинтенсивным сортам ярового рапса со стабильной урожайностью относятся Старт, ДЛЕ и Юбилейный (таблица 3).

Таблица 3 – Поражаемость болезнями и экологическая пластичность сортов рапса ярового

Сорт	Развитие болезни, %			Урожайность, ц/га	Экологическая пластичность
	фузариоз	пероноспороз	альтернариоз		
Юбилейный(st)	14,8	32,2	24,7	18,8	1,6
ДЛЕ	12,2	28,3	25,0	22,7	1,6
Купол	21,7	36,8	23,6	15,9	1,0
Гранит	21,3	26,2	24,3	20,6	2,4
Старт	14,1	29,5	23,9	22,2	1,6

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.

Фитосанитарная оптимизация агробиоценозов кормовых культур в Зауралье

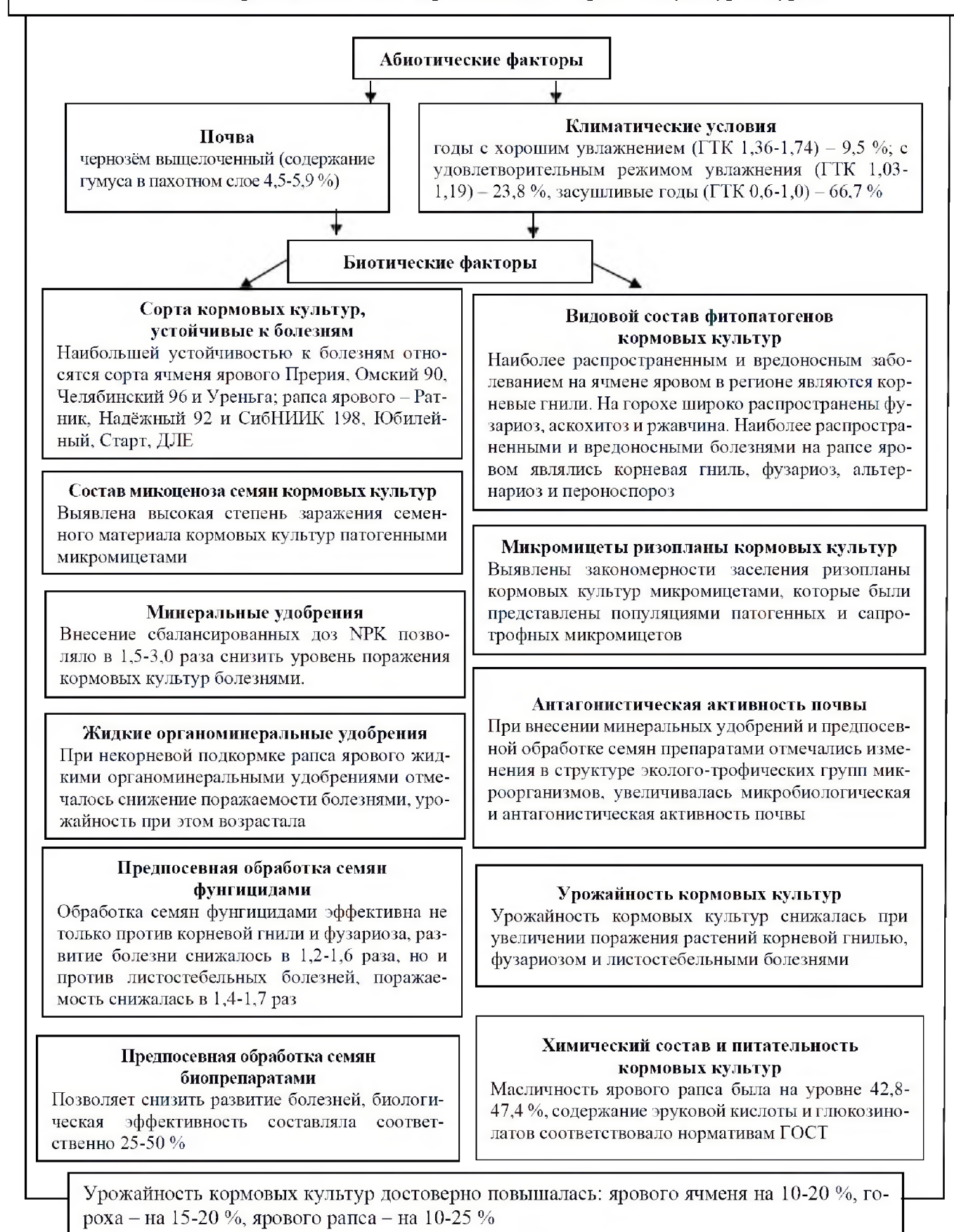


Рисунок – Приемы фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур

На формирование комплекса микромицетов кормовых культур в большой степени оказывали влияние сортовые особенности, а также предпосевная обработка семян биопрепаратами, внесение минеральных удобрений. Ризоплана кормовых культур была представлена популяциями патогенных и сапротрофных грибов. К доминирующим патогенным микромицетам ризопланы кормовых культур отнесены виды р. *Fusarium* с показателем обилия от 18,0 % до 50,0 %, а также р. *Bipolaris* – на ячмене яровом и р. *Alternaria* – на рапсе яровом. К доминирующим сапротрофным микромицетам ризопланы отнесены на ячмене яровом *Penicillium* и *Micelia sterilia* с показателем обилия 14,7-25,9 %; на горохе *Penicillium*, *Cryptococcus* и *Micelia sterilia* с обилием 16,2-28,2 %; на рапсе яровом *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* и *Cryptococcus* с обилием от 14,0 % до 60,0 %.

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, которая составила -0,93, 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 %. Корреляционная зависимость между антагонистической активностью почвы, развитием фузариоза гороха составляла -0,90, уравнение 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 [16].

Внесение сбалансированных доз NPK позволяло в 1,5-3,0 раза снизить уровень поражения растений ячменя корневыми гнилями, повысить устойчивость гороха к болезням, при этом снижалась поражаемость корневыми инфекциями в 1,2-1,5 раза, а листовостебельными инфекциями – в 1,2-1,7 раза. 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 %. Наибольшая устойчивость к болезням рапса ярового (фузариоз и альтернариоз) отмечалась при некорневой подкормке Биостим Масличный (1 л/га) + Ультрамаг Бор (1 л/га), Интермаг Профи Олеистые (1 л/га) + Ультрамаг Бор (1 л/га) + Биостим Масличный (1 л/га) и Интермаг Профи Олеистые (1 л/га) + Ультрамаг Бор (1 л/га) + двукратная обработка Биостим Масличный (0,5 л/га). Процент пораженных растений фузариозом не превышал 15,7 %, а альтернариозом – 20,7 %.

При внесении минеральных удобрений урожайность ячменя увеличивалась на 12-15 ц/га, что достигалось за счет увеличения продуктивного стеблестоя, числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. Установлено, что урожайность ячменя ярового снижалась при увеличении пораженности корневой гнилью, уравнение регрессии имело вид: $y = 45,58 - 0,84x$. Отмечена обратная корреляционная зависимость урожайности от индекса развития болезни, которая от условий года составляла от -0,83 до -0,88. Урожайность гороха при внесении минеральных удобрений увеличивалась на 20,7-25,4 % относительно контроля. Отмечалась тесная обратная корреляционная зависимость между урожайностью и поражением гороха болезнями, коэффициент корреляции составлял $r = -0,78 \pm 0,28 \dots -0,87 \pm 0,22$. Внесение удобрений в норме $N_{60}P_{30}$ повышало урожайность у среднеспелых сортов рапса ярового на 2,9-7,3 ц/га. У скороспелых сортов, при улучшении режима питания, она возрастала на 2,6-4,0 ц/га с более высоким результатом у СибНИИК 21. При некорневой подкормке посевов органоминеральными удобрениями отмечалось увеличение урожайности маслосемян от 12 до 40 %.

По результатам предпосевной фитозащиты семян применение биологических препаратов (Триходермин, Фитоспорин, Интеграл, Планриз) позволяло снизить развитие корневой гнили на ячмене, биологическая эффективность составляла соответственно 39,9-52,9 %. Наиболее эффективно корневую гниль подавляли химические препараты Скарлет и Поларис, степень развития болезни на корневой системе и эпикотиле снижалась соответственно до 9,6 и 13,1 %. Обработка семян гороха фунгицидами оказалась эффективной не только против возбудителей почвенных инфекций – корневая гниль и фузариоз, разви-

тие болезни снижалось в 1,2-1,6 раза, но и против группы листостебельных болезней, поражаемость аскохитозом снижалась в 1,4-1,7 раз.

Максимальная урожайность ячменя ярового получена при обработке семян Фитоспорином и Планризом на 58,4 % выше, чем в контроле, при обработке семян фунгицидами достоверно увеличивалась урожайность ячменя ярового в сравнении с контролем: от 9,3 до 17,3 %. Обработка семян гороха препаратами обеспечивала существенное увеличение урожайности на 9,7 – 23,4 %.

Обобщение собственных исследований и литературных данных позволило оптимизировать общую зональную технологию возделывания 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 (таблица 4).

При использовании фитосанитарной технологии возделывания кормовых культур развитие фузариоза и корневых гнилей снизилось 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 % [17]. Расчёты приведены в ценах 2019-2020 гг

Заключение. В условиях Зауралья доминирующими болезнями кормовых культур являются фузариоз и корневые гнили. Патогенный комплекс корневой гнили и фузариоза представлен *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker и видами рода *Fusarium* Link (*F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. oxysporum* Schltdl, *F. sporotrichioides* Sherb, *F. gibbosum* Appel. & Wollenw, *F. solani* (Mart.) Sacc.), передача которых происходила через инфицированные растительные остатки и почву. Наиболее распространенными и вредоносными листостебельными болезнями кормовых культур в Зауралье являются аскохитоз (*Ascochyta pinodes* Jones) и ржавчина (*Uromyces pisi-sativa* (Pers.) Liro) гороха, альтернариоз (*Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc. и *Alternaria brassicicola* (Schwein.) Wiltshire) и пероноспороз (*Peronospora brassicae* Gäum) рапса ярового.

Основными приемами фитосанитарной оптимизации агробиоценозов кормовых культур в Зауралье являются:

- возделывание устойчивых сортов. Устойчивостью к корневой гнили характеризовались сорта ячменя ярового Прерия, Омский 90, Челябинский 96 и Уреньга, развитие болезни на них не превышало 12,1 %; устойчивостью к фузариозу характеризовались сорта рапса ярового Юбилейный, ДЛЕ и Старт, поражение болезнью не превышало 14,8 %, а устойчивыми к альтернариозу – сорта ячменя ярового Прерия, Омский 90, Челябинский 96 и Уреньга, развитие болезни на них не превышало 12,1 %.

Таблица 4 – 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, ц/га	25,5	18,8	17,5	32,4	21,4	20,0
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

нариозу были сорта рапса Купол и Старт, развитие болезни на них не превышало 23,9 %. К высокоинтенсивным сортам ячменя ярового относились Вереск, Сонет и Прерия, рапса ярового – Старт, ДЛЕ и Юбилейный, экологическая пластичность этих сортов выше или равна 1,0;

- внесение минеральных удобрений. 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, увеличивалась антагонистическая активность почвы в отношении возбудителей корневой гнили и фузариоза. Внесение сбалансированных доз NPK позволяло в 1,5-3,0 раза снизить уровень поражения растений ячменя корневыми гнилями, повысить устойчивость гороха к болезням, при этом снижалась поражаемость корневыми инфекциями в 1,2-1,5 раза, а листовыми инфекциями – в 1,2-1,7 раза. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{30}$ не оказывало существенного влияния на устойчивость рапса ярового к корневой гнили и фузариозу, при этом отмечалось снижение развития альтернариоза на стручках до 2,1-4,4 %. Некорневая подкормка рапса ярового органоминеральными удобрениями способствовала снижению поражения фузариозом до 15,7 %, альтернариозом – до 20,7 %. Урожайность ячменя ярового, гороха и рапса ярового при внесении минеральных удобрений увеличивалась на 10-25 %.

Предпосевная обработка семян. По результатам предпосевной фитозащиты семян в целях снижения численности фитопатогенов в ризосфере проводить предпосевную обработку химическими и биологическими препаратами. Применение биологических препаратов позволяло снизить развитие корневой гнили ячменя ярового, при этом биологическая эффективность препаратов составляла 39,9-52,9 %. Из химических препаратов наиболее эффективно подавляли корневую гниль препараты Скарлет и Поларис, степень развития болезни на корневой системе и эпикотиле снижалась до 9,6-13,1 %. Обработка семян гороха фунгицидами оказалась эффективной не только против возбудителей почвенных инфекций – корневая гниль и фузариоз, развитие болезни снижалось в 1,2-1,6 раза, но и против группы листовых болезней, поражаемость аскохитозом снижалась в 1,4-1,7 раз. Максимальная урожайность ячменя ярового получена при обработке

семян биопрепаратами Фитоспорин и Планриз, при обработке семян химическими препаратами урожайность ячменя ярового увеличивалась на 9,3-17,3 %. Обработка семян гороха препаратами обеспечивала существенное увеличение урожайности на 9,7 – 23,4 %.

Предлагаемая система фитосанитарной оптимизации позволит осуществлять регуляцию численности фитопатогенов, обеспечить оптимальные условия для развития полезной микрофлоры и формирования стабильных урожаев агробиоценозов кормовых культур. При использовании фитосанитарной технологии возделывания кормовых культур развитие фузариоза и корневых гнилей снизилось в 1,2-1,8 раза, а листовых 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 %, рентабельность производства возрастала до 15,2-70,3 %.

Список источников

1. 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.
2. Санин С.С. Стратегия современной защиты растений при интенсивном зернопроизводстве // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (66). С. 35-39.
3. Торопова Е.Ю., Соколов М.С., Глинушкин А.П. Индукция супрессивности почвы – важнейший фактор лимитирования вредоносности корневых инфекций // Агрохимия. 2016. № 8. С. 44-55.
4. Торопова Е.Ю., Селюк М.П. Фундаментальная роль агрометода в оздоровлении почвы в системах биологического земледелия // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов: материалы VIII международной научно-практической конференции. Краснодар: Изд-во Кубанского ГАУ, 2017. С. 420-424.
5. Шпанев А.М., Фесенко М.А., Смуков В.В. Эффективность применения минеральных удобрений и интегрированной системы защиты растений в полевом севообороте на Северо-Западе РФ // Агрохимия. 2021. № 1. С. 12-22. DOI: 10.31857/S0002188121010099.

6. Роль сорта в защите озимой пшеницы / М.И. Зазимко [и др.] // Защита и карантин растений. 2008. № 6. С. 11-13.

7. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 3-6.

8. Санин С.С. Адаптивная защита растений – важнейшее звено современного растениеводства // Защита и карантин растений. 2019. № 2. С. 3-10.

9. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Пешков С.А. Фитосанитарные основы возделывания озимой пшеницы в Западной Сибири // Защита и карантин растений. 2021. № 1. С. 28-37. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_1_28.

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

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

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

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

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

15. 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.

16. Постовалов А.А., Суханова С.Ф. Роль минеральных удобрений в повышении супрессивности почвы и ограничении развития корневой гнили // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58-3. С. 9-16. EDN: CYLMFV.

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

18. Суханова С.Ф. Химический, витаминный состав, питательность зерновых культур в нативном и проращенном виде // Инновационные технологии в полевом и декоративном растениеводстве: сборник статей по материалам III

Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2019. С. 250-256. EDN: FGZTKN.

19. Бисчоков Р.М., Суханова С.Ф., Гварамия А.А. Современная технология прогнозирования урожайности полевых культур // Вестник Курганской ГСХА. 2015. № 3 (15). С. 52-58. EDN: VCQSLB.

20. Бисчоков Р.М., Суханова С.Ф. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур методами нечеткой логики // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (65). С. 119-125. DOI: 10.31563/1684-7628-2023-65-1-119-126. EDN: AEESSST.

References

1. 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).

2. Sanin S.S. Strategiya sovremennoi zashchity rastenii pri intensivnom zernoproizvodstve [Modern plant protection strategy for intensive grain production]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017; (3-66): 35-39. (In Russ).

3. Toropova E.Yu., Sokolov M.S., Glinushkin A.P. Induktsiya supressivnosti pochvy – vazhneishii faktor limitirovaniya vredonosnosti kornevykh infektsii [Soil suppression induction is the most important factor in limiting the harmfulness of root infections]. *Agrohimia*. 2016; (8): 44-55. (In Russ).

4. Toropova E.Yu., Selyuk M.P. Fundamental'naya rol' agrometoda v ozdorovlenii pochvy v sistemakh biologicheskogo zemledeliya [Fundamental role of agro-method in soil improvement in biological farming systems]. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference «Agrotechnical Method of Plant Protection from Harmful Organisms». Krasnodar: Kubanskii GAU, 2017: 420-424. (In Russ).

5. Shpanev A.M., Fesenko M.A., Smuk V.V. Effektivnost' primeneniya mineral'nykh udobrenii i integrirovannoi sistemy zashchity rastenii v polevom sevooborote na Severo-Zapade RF [The effectiveness of the use of mineral fertilizers and the integrated plant protection system in the field crop rotation in the North-West of the Russian Federa-

tion]. *Agrohimia*. 2021; (1): 12-22. DOI: 10.31857/S0002188121010099. (In Russ).

6. Zazimko M.I. et al. Rol' sorta v zashchite ozimoi pshenitsy [The role of the variety in the protection of winter wheat]. *Protection and quarantine of plants*. 2008; (6): 11-13. (In Russ).

7. Sanin S.S. Problemy fitosanitarii Rossii na sovremennom etape [Problems of phytosanitary in Russia at the present stage]. *Protection and quarantine of plants*. 2016; (4): 3-6. (In Russ).

8. Sanin S.S. Adaptivnaya zashchita rastenii – vazhneishee zveno sovremennogo rastenievodstva [Adaptive plant protection is the most important link in modern crop production]. *Protection and quarantine of plants*. 2019; (2): 3-10. (In Russ).

9. Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya., Peshkov S.A. Fitosanitarnye osnovy vozdeliyaniya ozimoi pshenitsy v Zapadnoi Sibiri [Phytosanitary Basics of Winter Wheat Cultivation in Western Siberia]. *Protection and quarantine of plants*. 2021; (1): 28-37. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_1_28. (In Russ).

10. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Methodology for state variety testing of agricultural crops]. M.: Kolos, 1989. (In Russ).

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

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

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

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

15. 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 Kurganskoy GSHA*. 2022; (3-43): 26-31. DOI: 10.52463/22274227_2022_43_26. EDN: VLRQAP. (In Russ).

16. Postovalov A.A., Sukhanova S.F. Rol' mineral'nykh udobrenii v povyshenii supressivnosti pochvy i ogranichenii razvitiya kornevoi gnili [The role of mineral fertilizers in increasing soil suppres-

sion and limiting the development of root rot]. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2021; (58-3): 9-16. EDN: CYLMFV. (In Russ).

17. Pavlyushin V.A., Postovalov A.A. Sovershenstvovanie sistem zashchity kormovykh kul'tur ot fitopatogenov v Zaural'e [Improvement of systems of protection of fodder crops from phytopathogens in the TransUrals]. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2022; (4-44): 19-27. DOI: 10.52463/22274227_2022_44_19. EDN: FFRPZV. (In Russ).

18. Sukhanova S.F. Khimicheskii, vitaminnyi sostav, pitatel'nost' zernovykh kul'tur v nativnom i pro-rashchennom vide [Chemical, vitamin composition, nutritional value of grain crops in native and germinated form]. Collection of articles based on materials of the III All-Russian (national) scientific and practical conference «Innovative technologies in field and ornamental crop production». Kurgan; 2019: 250-256. EDN: FGZTKN. (In Russ).

19. Bischokov R.M., Sukhanova S.F., Gvaramiya A.A. Sovremennaya tekhnologiya prognozirovaniya urozhainosti polevykh kul'tur [Modern forecasting technology of field crops yield]. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2015; (3-15): 52-58. EDN: VC-QLSB. (In Russ).

20. Bischokov R.M., Sukhanova S.F. Prognozirovaniye urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur metodami nechetkoi logiki [Forecasting crop yields using fuzzy logic methods]. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2023; (1-65): 119-125. DOI: 10.31563/1684-7628-2023-65-1-119-126. EDN: AEESST. (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 01.02.2023; одобрена после рецензирования 04.04.2023; принята к публикации 08.06.2023.

The article was submitted 01.02.2023; approved after reviewing 04.04.2023; accepted for publication 08.06.2023.