

Научная статья/Research Article

УДК 632.4.01/.08+633.1

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-48-56

Альфия Агламзановна Разина

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

asp@igsha.ru

ФИТОПАТОГЕННЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СЕВООБОРОТАХ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ УДОБРЕННОСТИ

Цель исследования – оценить встречаемость фитопатогенных микромицетов – возбудителей корневых гнилей яровой пшеницы в лесостепной зоне Иркутской области. Схема опыта: предшественники – пар в севообороте пар – пшеница – овес, горохо-овсяная смесь и кукуруза в севообороте горохо-овсяная смесь – пшеница – кукуруза – пшеница; приемы обработки почвы – вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 20–22 см, дискование БДТ-3 на глубину 12–14 см; удобрение – без удобрений, полное минеральное удобрение $N_{45}P_{45}K_{45}$. На семенах доминировали грибы из родов *Fusarium*, *Alternaria*, меньше – *Bipolaris* (*Helminthosporium* Link). Зараженность семян в 2,9–6,7 раза превышала экономический порог вредоносности. В семенах, ризосфере, корнях и прикорневой части стебля всходов яровой пшеницы преимущественно присутствовали грибы рода *Fusarium*. Микромицеты рода *Fusarium* в ризосфере всходов пшеницы при ее посеве по пару и кукурузе по сравнению с горохо-овсяной смесью снижались соответственно на 8,1 и 12,8 %; при вспашке по сравнению с дискованием – на 5,9 %; при удобрении по сравнению с неудобренным фоном – на 2,3 %. *Bipolaris* sp. отсутствовал в почве ризосферы пшеницы (пар, $N_{45}P_{45}K_{45}$), в 3,5 раза снижалась его встречаемость при посеве по кукурузе по сравнению с предшественником горохо-овсяная смесь, что привело к меньшему заражению *Bipolaris* sp. корней и прикорневой части растений в этих вариантах. Предшественник кукуруза способствовал накоплению в ризосфере *Alternaria* sp. больше в 6,7 раза, чем по горохо-овсяной смеси, и в 19,3 раза, чем по пару. Альтернариевые грибы в ризосфере угнетала вспашка по сравнению с дискованием в 1,4 раза. Удобренный фон увеличил встречаемость *Alternaria* sp. в 2,3 раза. В сравнении с предшественником кукурузой по горохо-овсяной смеси увеличилось заражение *Alternaria* sp. корневой системы на 8,1 %, прикорневой части стебля – на 8,9 %.

Ключевые слова: яровая пшеница, фитопатогенные микромицеты, севооборот, вспашка, дискование, минеральные удобрения, урожайность пшеницы, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*

Для цитирования: Разина А.А. Фитопатогенные микромицеты корневой гнили яровой пшеницы в севооборотах на разных уровнях удобрённости // Вестник КрасГАУ. 2024. № 7. С. 48–56. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-48-56.

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (Рег. № НИОКТР АААА-А19-119100990003-9).

Alfiya Aglamzanovna Razina

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny settlement, Irkutsk District, Irkutsk Region, Russia

asp@igsha.ru

PHYTOPATHOGENIC MICROMYCETES OF SPRING WHEAT ROOT ROT
IN CROP ROTATIONS AT DIFFERENT FERTILIZATION LEVELS

The aim of the study is to assess the occurrence of phytopathogenic micromycetes – causative agents of root rot of spring wheat in the forest-steppe zone of the Irkutsk Region. Experimental design: predecessors – fallow in crop rotation fallow – wheat – oats, pea-oat mixture and corn in the crop rotation pea-oat mixture – wheat – corn – wheat; soil cultivation methods – plowing with a PLN-5-35 plow to a depth of 20–22 cm, disking BDT-3 to a depth of 12–14 cm; fertilization – no fertilizers, complete mineral fertilizer $N_{45}P_{45}K_{45}$. Fungi from the genera *Fusarium*, *Alternaria* dominated on the seeds, and *Bipolaris* (*Helminthosporium* Link) was less common. Seed infestation was 2.9–6.7 times higher than the economic threshold of harmfulness. Fungi of the genus *Fusarium* were predominantly present in the seeds, rhizosphere, roots and basal part of the stem of spring wheat seedlings. Micromycetes of the genus *Fusarium* in the rhizosphere of wheat seedlings when sown after fallow and maize compared to the pea-oat mixture decreased by 8.1 and 12.8 %, respectively; by 5.9 % when plowing compared to disking; by 2.3 % when fertilized compared to the unfertilized background. *Bipolaris* sp. was absent in the soil of the wheat rhizosphere (fallow, $N_{45}P_{45}K_{45}$), its occurrence decreased by 3.5 times when sown after maize compared to the pea-oat mixture predecessor, which led to lesser infection of the roots and basal part of plants with *Bipolaris* sp. in these variants. The predecessor corn contributed to the accumulation of *Alternaria* sp. in the rhizosphere by 6.7 times more than after the pea-oat mixture, and by 19.3 times more than after fallow. *Alternaria* fungi in the rhizosphere were inhibited by plowing compared to disking by 1.4 times. The fertilized background increased the occurrence of *Alternaria* sp. by 2.3 times. In comparison with the predecessor corn, after the pea-oat mixture, the infection of *Alternaria* sp. of the root system increased by 8.1 %, and of the basal part of the stem by 8.9 %.

Keywords: spring wheat, phytopathogenic micromycetes, crop rotation, plowing, disking, mineral fertilizers, wheat yield, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*

For citation: Razina A.A. Phytopathogenic micromycetes of spring wheat root rot in crop rotations at different fertilization levels // Bulliten KrasSAU. 2024;(7): 48–56 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-48-56.

Acknowledgments: the work has been carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Reg. № NIOKTR AAAA-A19-119100990003-9).

Введение. Повсеместная минимализация обработок почвы и увеличение объемов применения пестицидов негативно сказываются на почвенной микробиоте. Ученые из разных регионов отмечают, что происходит изменение баланса между полезными микроорганизмами и фитопатогенными в пользу последних [1]. Для надежной защиты растений от поражающих их грибов нередко требуются многократные обработки фунгицидами в течение каждого вегетационного сезона, что ухудшает экологическую ситуацию [2].

В Уральском регионе установлено, что в вариантах отвальной обработки почвы преобладает гельминтоспориозная корневая гниль, на нулевой доминирует фузариозная [3].

Севооборот – инструмент, который позволяет управлять сообществами почвенных грибов для обеспечения устойчивости и продуктив-

ности сельскохозяйственных систем [4], снизить развитие корневых гнилей [5], накопление конидий возбудителей болезни [6, 7]. Чистый пар также очищает почву от возбудителей болезней [8].

Монокультура приводит к снижению разнообразия почвенных микромицетов и увеличению численности фитопатогенных видов, например р. *Fusarium*, *Bipolaris sorokiniana* и др. [9].

Проблема остро актуальна и для Иркутской области. Выявлены тенденции усиления засушливости климата в юго-восточном агроландшафтном районе, где находится основная территория лесостепной зоны, занятая в сельском хозяйстве. Это обуславливает необходимость введения в действующие системы земледелия специальных противозасушливых и влагосберегающих мероприятий, в т. ч. замену повсеместной отвальной обработки почвы на влагообеспечивающие безотвальные и нулевые с сохра-

нением на поверхности полей органических остатков, оптимизацию удельного веса пара в структуре пашни [10]. В регионе вопрос влияния способов обработки почвы, севооборотов, удобрений на распространенность фитопатогенных микромицетов – возбудителей корневых гнилей яровой пшеницы не изучен.

Цель исследования – оценить встречаемость микромицетов – возбудителей корневых гнилей яровой пшеницы – в условиях лесостепной зоны Иркутской области при ее возделывании в разных севооборотах и уровнях удобрённости.

Объекты и методы. Исследование проводили в 2017–2020 гг. в лесостепной зоне Иркутской области на опытном поле ФГБНУ «Иркутский НИИСХ». Почва участка – серая лесная тяжело-суглинистая с содержанием гумуса в слое 0–30 см около 5 %, общего азота – 0,22 %, валового фосфора – 0,23 %, $pH_{\text{сол}}$ – 5,5, сумма поглощенных оснований – 21–25 мг-экв/100 г, гидролитическая кислотность – 7,3–8,0 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями – 73–83 %; обеспеченность P_2O_5 – 100–120 кг/га, K_2O – 80–100 кг/га.

Варианты трехфакторного стационарного полевого опыта: предшественник (фактор А) – пар в трехпольном севообороте с 33 %-м насыщением пшеницей (пар – пшеница – овес), горохо-овсяная смесь и кукуруза в четырехпольном севообороте с 50 %-м насыщением пшеницей (горохо-овсяная смесь – пшеница – кукуруза – пшеница); приемы обработки почвы (фактор В) – вспашка плугом ПЛН-5-35 на глубину 20–22 см, дискование БДТ-3 на глубину 12–14 см; удобрение (фактор С) – без удобрений, полное минеральное удобрение $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Площадь опытной делянки – 70,0 м². Повторность опыта трехкратная. Сорт яровой пшеницы Бурятская остистая. Фунгициды не применяли. Использовали аммиачную селитру с содержанием азота 34,4 % и диаммофоску с содержанием NPK (%) в соотношении 10 : 26 : 26. Доза удобрений была рассчитана на урожайность яровой пшеницы (с учетом содержания элементов питания в почве): по чистому пару – 3,5 т/га; по кукурузе – 2,6; по однолетним травам – 2,2 т/га.

Срок посева – 20 мая, глубина заделки семян – 5–6 см, норма высева пшеницы – 7 млн шт.

Зараженность семян фитопатогенами определяли во влажной камере [11]. Для выделения грибов из почвы применяли метод разведения Ваксмана с последующим посевом в питательную среду Чапека [12]. Частоту встречаемости рассчитывали по процентному соотношению от общего числа проанализированных колоний. Выделение грибов из пораженных участков растений проводили по Кирай [13]. Частоту встречаемости определяли от общего числа выявленных фитопатогенных видов в пораженных органах растений.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с применением пакета программ Snedecor V5 [14].

Результаты и их обсуждение. Для роста и развития растений в начале вегетации наиболее благоприятными были 2017 и 2020 гг. – в мае осадков соответственно выпало в два раза больше и на 15,2 мм больше нормы и среднесуточная температура воздуха была на 1,4 и на 2,8 °С выше среднегодовых значений.

Засуха в начале вегетации наблюдалась в 2018 и 2019 гг. В мае и июне 2018 г. осадков выпало меньше нормы в 1,9 и в 2,3 раза соответственно, в 2019 г. в мае – в 1,7 раза ниже нормы, первая и вторая декады июня тоже были сухими. Теплообеспеченность этих лет различалась – в 2018 г. среднесуточные температуры в мае и июне соответственно на 1,5 и 5,1 °С были выше среднегодовых значений, а май 2019 г. был холодным – средняя температура воздуха была на 1,7 °С ниже нормы.

Семена, использованные в опыте, в 2017, 2020 и 2019 гг. имели высокую общую зараженность – соответственно 100 и 98 %, в 2018 г. – в 1,7 раза меньше. Таксономический состав возбудителей семенной инфекции был характерным для нашего и других регионов и включал представителей р.р. *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria* [15]. В целом доминировали грибы из родов *Fusarium*, *Alternaria*, меньше – *Bipolaris* (*Helminthosporium* Link). Гельминтоспориозно-фузариозный комплекс семян составлял от 44 до 100 %, что в 2,9–6,7 раза превышало экономический порог вредоносности. Часто на одном семени отмечали присутствие представителей грибов разных родов (табл. 1).

Фитопатологическое состояние семян яровой пшеницы, использованных в опыте

Год	Доля здоровых проростков, %	Доля больных проростков, %				Общее поражение, %
		<i>Alternaria spp.</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	
2017	0	0	6	98	1	100
2018	42	6	15	29	8	58
2019	2	94	9	58	1	98
2020	0	39	3	86	0	100
Среднее	11	34,8	8,3	67,8	2,5	89,0

Анализ почвы ризосферы всходов яровой пшеницы (табл. 2) показал подавляющее преимущество по содержанию в ней грибов рода *Fusarium sp.*, которые встречались в несколько десятков раз чаще по сравнению с другими фитопатогенными микромицетами как по годам, так и в среднем за четыре года во всех вариантах опыта. На колонии фузариевых грибов приходилось в среднем за годы исследований 45–78 %; альтернариевых – 0,3–4,3; *Bipolaris sp.* – 0,3–0,6 %. В разрезе агротехнических приемов не установлено статистически значимое их влияние на содержание микромицетов рода *Fusarium sp.* в ризосфере всходов пшеницы, хотя проявилась тенденция по снижению при посеве пшеницы по пару и кукурузе по сравнению с горохо-овсяной смесью соответственно на 8,1 и 12,8 %. Снижение фузариевых патогенов составило при вспашке по сравнению с дискованием 5,9 %, при удобрении пшеницы по сравнению с неудобренным фоном – 2,3 %.

Самая низкая встречаемость в ризосфере пшеницы была отмечена у рода *Bipolaris sp.* – 0,3–0,6 % (табл. 2), представители которого обнаружались только в трех вариантах опыта – при посеве пшеницы без удобрений по горохо-овсяной смеси с обоими вариантами обработки почвы и по кукурузе по дискованию. Этот фитопатоген оказался наиболее чувствительным к агротехническим приемам – паровой предшественник не способствовал его накоплению в почве ризосферы пшеницы, при посеве по кукурузе его встречаемость была реже в 3,5 раза по сравнению с горохо-овсяной смесью. Присутствие *Bipolaris sp.* было отмечено только в вариантах без применения удобрений под пшеницу.

Микромицеты *Alternaria sp.* в ризосфере преимущественно встречались во всех вариантах опыта кукурузного предшественника, по сравнению с которым их было меньше в 6,7 раза по горохо-овсяной смеси и в 19,3 раза по пару. Вспашка угнетала накопление альтернариевых грибов в ризосфере, и в этом варианте обработки почвы под пшеницу они встречались реже

по сравнению с дискованием в 1,4 раза. На удобренном фоне встречаемость *Alternaria sp.* была выше в 2,3 раза (табл. 2).

Высокая концентрация *Fusarium sp.* в ризосфере и на семенах пшеницы, по-видимому, обусловила высокий процент заражения растений, о чем свидетельствует высокая встречаемость микромицетов этого рода в корневой системе и прикорневой части стебля, соответственно у 97,5–100 и 92,5–100 % растений с признаками корневой гнили (табл. 3, 4).

Полученный результат высокого заражения растений фузариевыми грибами можно объяснить насыщением обоих севооборотов культурами, поражаемыми грибами этого рода и коротким временным промежутком воздействия агротехнических факторов (одна ротация севооборотов), а также практически ежегодно высокой зараженностью семян этим патогеном.

Bipolaris sp. проявил высокую агрессивность по отношению к растениям пшеницы. Несмотря на его небольшое присутствие в ризосфере и семенах, его встречаемость в корневой системе и прикорневой части стебля была довольно высокой, соответственно 31,3–65,0 и 42,5–75,0 % в вариантах опыта (см. табл. 3, 4).

Наименьшая встречаемость *Bipolaris sp.* отмечена в растениях при посеве по кукурузе при обработке почвы дискованием, без внесения удобрений – в корневой системе 22,5 % и в прикорневой части стебля 10,5 %.

Невысокий уровень наличия *Alternaria sp.* в ризосфере всходов обусловил более низкую по сравнению с другими фитопатогенами зараженность корневой системы и прикорневой части стебля пшеницы (см. табл. 3, 4). Наибольшее влияние оказал предшественник – от 20,9 (на корнях) и 13,8 % (на стебле) при посеве по пару до 40,7 (корни) и 26,9 % (стебель) по горохо-овсяной смеси. Удобрения не влияли на частоту встречаемости альтернариевых грибов в пораженных органах растений, а дискование снизило процент пораженных альтернарией корней на 10,9 %.

Таблица 2

**Встречаемость фитопатогенных микромицетов в ризосфере яровой пшеницы
в фазе всходов (среднее за 2017–2020 гг.), %**

Предшественник (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	<i>Fusarium</i> sp.		<i>Vipolaris</i> sp.		<i>Alternaria</i> sp.		
		Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	
Пар	Вспашка Контроль	45,1	59,3	0	0	0,60	0	0,30
	Дискование	78,4	68,3	0	0	0	0	0
	Среднее	61,8	63,8	0	0	0,30	0	0,15
Горохо-овсяная смесь	Вспашка	76,5	67,5	0,60	0	0,60	0	0,30
	Дискование	77,6	61,7	0,50	0	0	1,10	0,55
	Среднее	77,1	64,6	0,55	0	0,30	0,55	0,43
Кукуруза	Вспашка	48,3	68,9	0	0	3,90	0,60	2,25
	Дискование	64,2	50,7	0,3	0	4,60	2,50	3,55
	Среднее	56,3	59,8	0,15	0	4,25	1,55	2,90
Среднее	Вспашка	56,6	65,2	0,20	0	1,7	0,20	0,95
	Дискование	73,4	60,2	0,27	0	1,5	1,2	1,35
	Среднее	65,0	62,7	0,24	0	1,6	0,7	1,15

Встречаемость фитопатогенных микромицетов в корневой системе пораженных растений яровой пшеницы в фазе всходов (среднее за 2017–2020 гг.), %

Предшественник (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	<i>Fusarium sp.</i>		<i>Bipolaris sp.</i>		<i>Alopecurus sp.</i>	
		Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)
Пар	Вспашка	87,5	95,0	52,5	27,5	40,0	15,0
	Контроль						
	Дискование	95,0	92,5	17,5	60,0	38,8	33,3
Горохо-овсяная смесь	Среднее	91,3	93,8	35,0	43,8	39,4	24,2
	Вспашка	97,5	87,5	47,5	37,5	42,5	47,5
	Дискование	100,0	75,0	70,0	33,3	51,8	47,5
Кукуруза	Среднее	98,8	81,2	58,8	35,4	47,1	47,5
	Вспашка	95,0	100,0	80,0	50,0	65,0	17,5
	Дискование	67,5	97,5	22,5	40,0	31,3	32,5
Среднее	Среднее	81,3	98,8	51,3	45,0	48,2	25,0
	Вспашка	93,3	94,2	60,0	38,3	49,2	26,7
	Дискование	87,5	88,3	36,7	44,4	40,6	37,8
	Среднее	90,4	91,3	48,4	41,4	44,9	32,3
							16,3
							25,4
							20,9
							32,5
							48,8
							40,7
							28,8
							36,3
							32,6
							25,9
							36,8
							31,4

Таблица 4

**Встречаемость фитопатогенных микромицетов в прикорневой части стебля
всходов яровой пшеницы (среднее за 2017–2020 гг.), %**

Предшественник (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	<i>Fusarium sp.</i>			<i>Bipolaris sp.</i>			<i>Alternaria sp.</i>		
		Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	Среднее	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	Среднее	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ (фактор С)	Среднее
Пар	Вспашка	97,5	92,5	95,0	72,5	37,5	55,0	17,5	22,5	20,0
	Контроль	100,0	100,0	100,0	45,0	57,5	51,3	7,5	7,5	7,5
	Дискование	98,8	96,3	97,5	58,8	47,5	53,2	12,5	15,0	13,8
Горохо-овсяная смесь	Среднее	100,0	100,0	100,0	90,0	60,0	75,0	10,0	22,5	16,3
	Вспашка	100,0	100,0	100,0	32,5	52,5	42,5	42,5	32,5	37,5
	Дискование	100,0	100,0	100,0	61,3	56,3	58,8	26,3	27,5	26,9
Кукуруза	Среднее	97,5	97,5	97,5	50,0	67,5	58,8	23,8	20,5	22,2
	Вспашка	100,0	100,0	100,0	10,0	22,5	16,3	15,0	12,5	13,8
	Дискование	98,8	98,8	98,8	30,0	45,0	37,6	19,4	16,5	18,0
Среднее	Вспашка	98,3	96,7	97,5	70,8	55,0	62,9	17,1	21,8	19,5
	Дискование	100,0	100,0	100,0	29,2	44,2	36,7	21,7	17,5	19,6
	Среднее	99,2	98,4	98,8	50,0	49,6	49,8	19,4	19,7	19,6

Заключение

1. В семенах, ризосфере, корнях и прикорневой части стебля всходов яровой пшеницы преимущественно присутствовали грибы рода *Fusarium*. В опыте в среднем за четыре года доля семян, зараженных этим фитопатогенном, составила 89,0 %, на их колонии в ризосфере приходилось 45,1–78,4 %, в то время как частота встречаемости альтернариевых микромицетов в ризосфере составила 0,3–4,6 %, грибов рода *Bipolaris sp.* – 0–0,6 %. В корнях и прикорневой части стебля фузариевые грибы отмечены в диапазоне 67,5–100 и 92,5–100 % соответственно, а *Bipolaris sp.* и *Alternaria sp.* встречались реже на корнях соответственно в 2,0 и 2,9 раз, на прикорневой части стебля – в 2,0 и 5,0 раз.

2. Отмечена тенденция снижения микромицетов рода *Fusarium sp.* в ризосфере всходов пшеницы при ее посеве по пару и кукурузе по сравнению с горохо-овсяной смесью соответственно на 8,1 и 12,8 %, при вспашке по сравнению с дискованием – на 5,9 %, при удобрении по сравнению с неудобренным фоном – на 2,3 %. Невысокие уровни снижения заселенности указанным патогеном связаны с коротким временным периодом воздействия (1 ротация севооборотов) при насыщении обоих севооборотов культурами, поражаемыми грибами этого рода, и высокой зараженностью семян пшеницы.

3. *Bipolaris sp.* был наиболее чувствительным к агротехническим приемам, которые привели к его отсутствию в почве ризосферы пшеницы (пар, N₄₅P₄₅K₄₅), 3,5-кратному снижению встречаемости по посеве пшеницы по кукурузе по сравнению с предшественником горохо-овсяная смесь, что в последствии привело к меньшему заражению *Bipolaris sp.* корней и прикорневой части растений в этих вариантах.

4. Кукуруза в качестве предшественника способствовала повышению частоты встречаемости в ризосфере *Alternaria sp.*, которая встречалась реже в 6,7 раза по горохо-овсяной смеси и в 19,3 раза по пару. Накопление альтернариевых грибов в ризосфере угнетала вспашка по сравнению с дискованием в 1,4 раза. Удобренный фон увеличил встречаемость *Alternaria sp.* в 2,3 раза. В пораженных растениях эта тенденция подтвердилась в отношении парового предшественника и вспашки. По горохо-овсяной смеси увеличилось заражение растений альтернариевыми грибами по сравнению с предшественником кукуруза на 8,1 % в корневой системе, на 8,9 % в прикорневой части стебля.

Список источников

1. Евсеев В.В. Микробиология и фитосанитария почв в условиях современных агротехнологий // Аграрный сектор. 2017. № 2. С. 108–113.
2. Щербакова Л.А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2019 № 5. С. 875–891.
3. Приемы биологизации при возделывании яровой пшеницы в ресурсосберегающих технологиях Зауралья / С.Д. Гилев [и др.] // Плодородие. 2019. № 3. С. 42–46.
4. Increasing the frequency of crop rotations reduces soil fungal diversity and increases the proportion of fungal pathotrophs in a semiarid agroecosystem / L.D. Bainard [et al.] // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2017. Vol. 240. P. 206–214. DOI: 10.1016/j.agee.2017.02.020.
5. Management of common root rot and Fusarium foot of wheat using *Brassica carinata* break crop green manure / V. Campanella [et al.] // Crop Protection. 2020. Vol. 130. P. 10507. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.105073.
6. Замятин С.А., Анаева Н.Н. Биологическая активность, токсичность почвы и поражение зерновых культур корневыми гнилями в различных севооборотах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 6. С. 37–44.
7. Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Юшкевич Л.В. Влияние агротехнологий на здоровье почвы и растений в лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 2. С. 44–45.
8. Чибис В.В. Особенности формирования полевых севооборотов для органического земледелия в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 51–57.
9. Fusarium-suppressive effects of green manure of turnip rape / L. Zou [et al.] // European Journal of Soil Biology. 2015. Vol. 69. С. 41–45. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2015.05.002.
10. Тенденции изменения агроклиматических условий для ведения земледелия на Юго-Востоке Предбайкалья / В.И. Солодун [и др.] // Вестник ИРГСХА. 2019. № 92. С. 75–81.
11. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Минск: Межгосударствен-

- ный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1993. 33 с.
12. Методы экспериментальной микологии / под общ. ред. В.И. Булай. Киев: Наукова думка, 1973. 238 с.
 13. Методы фитопатологии / З. Кирай [и др.]. М.: Колос, 1974. 343 с.
 14. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск: СО РАСХН, 2012. 282 с.
 15. Эффективность протравителя семян Ламадор на примере мягкой яровой пшеницы / С.В. Хижняк [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2. С. 29–39. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-29-39.
 6. Zamyatin S.A., Apaeva N.N. Biologicheskaya aktivnost', toksichnost' pochvy i porazhenie zernovykh kul'tur kornevymi gnilyami v razlichnykh sevooborotakh // Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2014. № 6. S. 37–44.
 8. Toropova E.Yu., Selyuk M.P., Yushkevich L.V. Vliyaniye agrotehnologiy na zdorov'e pochvy i rasteniy v lesostepi Omskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2014. № 2. S. 44–45.
 9. Chibis V.V. Osobennosti formirovaniya polevykh sevooborotov dlya organicheskogo zemledeliya v usloviyakh lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2022. № 5. S. 51–57.
 10. Fusarium-suppressive effects of green manure of turnip rape / L. Zou [et al.] // European Journal of Soil Biology. 2015. Vol. 69. S. 41–45. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2015.05.002.
 11. Tendencii izmeneniya agroklimaticheskikh uslovij dlya vedeniya zemledeliya na Yugo-Vostoke Predbajkal'ya / V.I. Solodun [i dr.] // Vestnik IrGSHA. 2019. № 92. S. 75–81.
 12. GOST 12044-93. Semena sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami. Minsk: Mezhhgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 1993. 33 s.
 13. Metody `eksperimental'noj mikologii / pod obsch. red. V.I. Bilaj. Kiev: Naukova dumka, 1973. 238 s.
 14. Metody fitopatologii / Z. Kiraj [i dr.]. M.: Kolos, 1974. 343 s.
 15. Sorokin O. D. Prikladnaya statistika na komp'yutere. 2-e izd. Novosibirsk: SO RASHN, 2012. 282 s.
 16. `Effektivnost' protravitelya semyan Lamador na primere myagkoj yarovoj pshenicy / S.V. Hizhnyak [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2023. № 2. S. 29–39. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-29-39.

References

1. Evseev V.V. Mikrobiologiya i fitosanitariya pochv v usloviyakh sovremennykh agrotehnologij // Agrarnyj sektor. 2017. № 2. S. 108–113.
2. Scherbakova L.A. Razvitie rezistentnosti k fungicidam u fitopatogennykh gribov i ih hemo-sensibilizaciya kak sposob povysheniya zaschitnoj `effektivnosti triazolov i strobilurinov (obzor) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019 № 5. S. 875–891.
3. Priemy biologizacii pri vozdeleyvanii yarovoj pshenicy v resursosberegayuschih tehnologiyah Zaural'ya / S.D. Gilev [i dr.] // Plodородie. 2019. № 3. S. 42–46.
4. Increasing the frequency of crop rotations reduces soil fungal diversity and increases the proportion of fungal pathotrophs in a semiarid agroecosystem / L.D. Bainard [et al.] // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2017. Vol. 240. P. 206–214. DOI: 10.1016/j.agee.2017.02.020.
5. Management of common root rot and Fusarium foot of wheat using *Brassica carinata* break crop green manure / V. Campanella

Статья принята к публикации 13.06.2024 / The article accepted for publication 13.06.2024.

Информация об авторах:

Альфия Агламзановна Разина, доцент кафедры агроэкологии и химии, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Alfiya Aglamzanovna Razina, Associate Professor at the Department of Agroecology and Chemistry, Candidate of Biological Sciences, Docent