

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

^{1,2}Е.С. Фещенко, аспирант

¹Е.Ю. Торопова, доктор биологических наук, профессор

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²МЖК «Альва-фарм» (ООО), Нововоскресенка Новосибирской области, Россия

E-mail: 89139148962@yandex.ru

Ключевые слова: яровая пшеница, фитопатоген, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp., протравливание семян.

Реферат. Цель работы состояла в установлении влияния предшественников яровой пшеницы и препаратов для предпосевной обработки семян на паразитическую активность *Bipolaris sorokiniana* и грибов рода *Fusarium*. Исследования проводили в 2021–2023 гг. в лесостепи Приобья в сельскохозяйственном предприятии МЖК «Альва-фарм» (ООО) Новосибирской области на сорте Новосибирская 31, использовали общепринятые и авторские методы. В годы исследований яровая пшеница по всем вариантам поражалась корневыми гнилями выше порога вредоносности. Развитие корневых гнилей достигало 9,6 ПВ. Сила влияния фактора «год» на развитие корневых гнилей всходов составила 42,2 %, фактора «протравливание» – 21,4 %, фактора «предшественник» – 8,8 %. Развитие корневой гнили в фазе полной спелости в среднем за 3 года было минимальным по паровому предшественнику – 33,8 %, что на 7,3 % меньше, чем по озимой ржи. Сила влияния фактора «предшественник» на развитие в конце вегетации составила 41,1 %, фактора «протравливание» – 8,5 %, а взаимосвязь факторов «год» и «предшественник» – 38,1 %. Протравливание семян показало среднюю эффективность по всем вариантам: 47,1–59,4 % в фазу всходов и 3,0–19,0 % в фазу полной спелости. Этиология корневых гнилей была представлена *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoet. и грибами рода *Fusarium* Link. Соотношение фитопатогенов на подземных органах определялось условиями года, органами растения и предшественниками и колебалось по вариантам от 0,8 : 1 до полного доминирования грибов рода *Fusarium*. Условия года влияли на биологическое разнообразие микромицетов – возбудителей корневых гнилей. На первичных корнях сила влияния условий года на биологическое разнообразие фитопатогенов составила 48,2 %, на основании стебля – 60,7 % и была достоверна на 5 и 1 % уровнях значимости соответственно. Супрессивность почвы к фитопатогенам по всем предшественникам была от умеренной до сильной и достигала 83,3 % к *B. sorokiniana* и 78,0 % к *F. oxysporum*, фитосанитарные предшественники (пар, вико-овес) достоверно увеличивали супрессивность почвы к фитопатогенам по сравнению с зерновым предшественником.

FEATURES OF ROOT ROT INCIDENCE DEPENDING ON ELEMENTS OF SPRING WHEAT CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE OB REGION FOREST-STEPPE

^{1,2}E.S. Feshchenko, graduate student

¹E.Yu. Toropova, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²MZhK “Alva-pharm” (LLC), Novovoskresenka village, Novosibirsk region, Russia

E-mail: 89139148962@yandex.ru

Keywords: spring wheat, phytopathogen, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp., seed treatment.

Abstract. The goal of the work was to establish the influence of spring wheat precursors and preparations for pre-sowing seed treatment on the parasitic activity of *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium* fungi. The studies were conducted in 2021–2023 in the Ob region forest-steppe in the agricultural enterprise MZhK “Alvapharm” (LLC) in the Novosibirsk region on the Novosibirskaya 31 variety, we used generally accepted and proprietary methods. During the years of the study, spring wheat in all variants was affected by root rot above the threshold of harmfulness. The development of root rot reached 9.6 PV. The influence of the “year” factor on the development of root rot of seedlings was 42.2 %, the “treatment” factor was 21.4 %, and the “predecessor” factor was 8.8 %. The

incidence of root rot in the phase of full ripeness on average over 3 years was minimal for the steam predecessor – 33.8 %, which is 7.3 % less than for winter rye. The strength of influence of the “predecessor” factor on disease incidence at the end of the growing season was 41.1 %, the “treatment” factor was 8.5 %, and the relationship between the “year” and “predecessor” factors was 38.1 %. Seed treatment showed average efficiency for all options: 47.1–59.4 % in the germination phase and 3.0–19.0 % in the full ripeness phase. The etiology of root rots was represented by *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. and *Fusarium* Link. fungi. The ratio of phytopathogens on underground organs was determined by the conditions of the year, plant organs and precursors and ranged across variants from 0.8 : 1 to complete dominance of *Fusarium* fungi. The conditions of the year influenced the biological diversity of root rot micromycetes. On primary roots, the strength of the influence of year conditions on the biological diversity of phytopathogens was 48.2%, on the base of the stem – 60.7% and was significant at 5 and 1% significance levels, respectively. The soil suppressiveness to phytopathogens for all precursors was from moderate to strong and reached 83.3 % for *B. sorokiniana* and 78.0 % for *F. oxysporum*; phytosanitary precursors (fallow, vico- oats) significantly increased the soil suppressiveness for phytopathogens compared to grain predecessor.

Одним из основных элементов продовольственной безопасности Российской Федерации является обеспечение внутреннего рынка отечественным зерном [1]. По результатам 2022 г., в стране было произведено около 157,7 млн т зерна, из которых более 104 млн т (или 65,9 %) составляет зерно пшеницы [2]. В Новосибирской области доля яровой пшеницы в общем объеме производства зерна составляет 59,5 % (2,0 млн т из 3,36 млн т).

Повсеместно распространенные почвенные инфекции ежегодно причиняют значительный ущерб урожайности и качеству зерна [3]. Грибы рода *Fusarium* Link. – возбудители болезней более 200 видов растений, *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (син. *Helminthosporium sativum* Pam., King et Bakke; *H. sorokiniana* Sacc.; *Drechslera sorokiniana* Subram) – более 60 видов культурных и дикорастущих растений заселяют почвы умеренных зон всего мира [4–6]. Многие возбудители корневых инфекций отмечаются активным токсинообразованием, приводящим к загрязнению зерна микотоксинами, опасными для здоровья людей и сельскохозяйственных животных [7–10].

Паразитическая активность фитопатогена регулируется комплексом биотических, абиотических и антропогенных факторов, влияющих как непосредственно на фитопатогена, так и на защитные механизмы растений [9, 11]. Среди природных биотических факторов важная роль принадлежит супрессорам почвы, ограничивающим длительность выживания покоящихся структур микромицетов в почве [12]. Среди абиотических факторов решающая роль принадлежит гидротермическим стрессам,

повышающим агрессивность фитопатогенов и восприимчивость растений к корневым гнилям [13, 14].

Для оздоровления семян и защиты проростков и всходов яровой пшеницы от возбудителей корневых гнилей широко применяют протравливание семян препаратами различных химических составов и назначений [15, 16]. Огромную роль в оздоровлении почвы от вредных организмов, особенно от возбудителей корневых гнилей, играет введение в севообороты фитосанитарных предшественников (черный и сидеральный пар, вико-овсяная смесь, донник и др.) [17].

Цель исследований – установить влияние предшественников яровой пшеницы и препаратов для предпосевной обработки семян на паразитическую активность *Bipolaris sorokiniana* и грибов рода *Fusarium* в условиях лесостепи Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2021–2023 гг. в условиях лесостепи Новосибирской области на базе МЖК «Альва-фарм» (ООО) Черепановского района по схеме двухфакторного опыта. Яровую пшеницу сорта Новосибирская 31 высевали по трем предшественникам: черный пар, вико-овсяная смесь на зеленую массу (зерносенаж), озимая рожь на зерно (фактор «предшественник»).

Протравливание семян перед посевом проводили фунгицидным протравителем Дивиденд Стар, КС (30 г/л дифконазол + 6,3 г/л ципроконазол) – 0,85 л/т или баковой смесью

с добавлением инсектицидного протравителя Контадор Макси, КС (600 г/л имидаклоприд) – 0,5 л/т. Расход рабочей жидкости – 10 л/т. Контролем служили непротравленные семена (фактор «протравливание»).

Почвенный покров опытного участка представлен черноземом выщелоченным средне-мощным с небольшими вкраплениями чернозема оподзоленного среднесиловым и почвы темно-серой лесной среднесиловой.

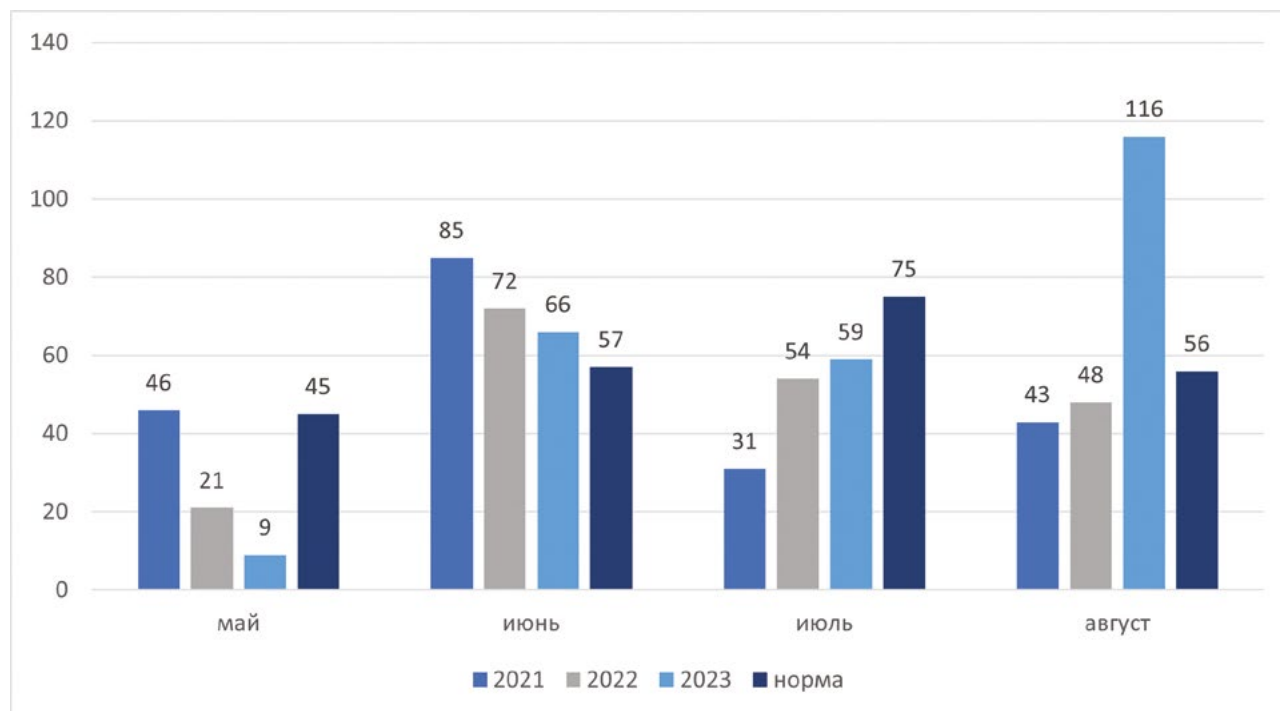
Обеспеченность элементами питания отличалась по предшественникам. Так, содержание нитратного азота в пахотном слое составляло: 14,4 мг/кг в среднем по пару (9,9–23,5), 9,5 мг/кг по вико-овсяной смеси (4,3–19,8), 6,9 мг/кг по озимой ржи (5,2–13,2). Обеспеченность подвижными формами фосфора (по Никонову) по всем предшественникам была средняя: от 16,5 до 33,2 мг P_2O_5 /кг. Содержание гумуса в среднем по всем полям составляло около 4,5 % (3,2–7,6). Реакция почвенного раствора (солевая) – близкая к нейтральной (рН 6,1).

Технология возделывания общепринятая для зоны. Посев проводили при достижении биологической спелости почвы (14–18 мая) посевным комплексом JD 730, норма высева 5,5 млн всхожих зерен на 1 га, глубина посева семян – 5,0–5,5 см. Послепосевное прикаты-

вание проводили тяжелыми катками ККЗ 9,2. Для борьбы с сорной растительностью в фазу кушения культуры применяли гербициды на основе таких препаратов, как сложный 2-этилгексильный эфир 2,4-Д кислоты, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/кг – 0,5 л/га; феноксапроп-П-этил, 90 г/л, клодинафоп-пропаргил, 60 г/л, антидот клоквиносет-мексил, 40 г/л – 0,5 л/га. В фазу флаг-листа (после учета заболеваний) против листостеблевых болезней применяли фунгицид на основе пропиконазола и тебуконазола (300 и 200 г/л соответственно) – 0,5 л/га. Расход рабочей жидкости при всех обработках – 200 л/га. Уборка яровой пшеницы была проведена в фазу полной спелости прямым комбайнированием (RSM 161). Площадь под каждым вариантом опыта – 50 га. Повторность опыта трехкратная.

Учет корневых гнилей, микологический анализ органов растений яровой пшеницы проводили по апробированным методикам [18]. Анализ почвы на супрессивность к фитопатогенам выполнялся авторским методом [12]. При статистической обработке данных методами дисперсионного анализа использовали пакет программ SNEDEKOR.

Отличающиеся разнообразием гидротермические условия в годы исследования представлены на рисунке.



Месячная сумма осадков по годам по данным Посевнинской ГМС, мм
Monthly amount of precipitation by year according to Posevninskaya HMS data, mm

Так, показатели начала вегетации 2021 г. были близки к среднегодовым. Июнь характеризовался повышенным увлажнением (ГТК 1,84), а июль и август – недостаточным увлажнением (ГТК 0,52 и 0,80 соответственно). Все агрометеорологические показатели 2022 г., кроме мая (среднемесячная температура выше на 4,1 °С при двухкратном недостатке осадков), соответствовали среднегодовым значениям. 2023 г. отмечился резкими изменениями гидротермических показателей. В мае выпало всего 20 % осадков от нормы, при этом средне-

суточная температура воздуха в третьей декаде мая и первой декаде июня доходила до 34 °С. Условия второй половины июня и всего июля были близки к среднегодовым. В августе выпало 2,1 нормы осадков при ГТК 2,18.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты учетов пораженности яровой пшеницы корневыми гнилями по вариантам опыта в начале вегетации представлены в табл. 1.

Таблица 1

Развитие корневой гнили в фазу всходов по вариантам и годам (в среднем по подземным органам), %
Incidence of root rot in the germination phase by variant and years (average for underground organs), %

Предшественник	Обработка семян	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее по годам	Биологическая эффективность, %
Пар	контроль	35,4	8,9	11,7	18,7	–
	фунгицид	10,5	5,7	6,7	7,6	59,4
	+инсектицид	11,8	6,5	6,9	8,4	55,1
Однолетние травы	контроль	29,1	10,9	10,6	16,9	–
	фунгицид	10,4	5,6	5,8	7,3	56,8
	+инсектицид	11,7	6,1	4,6	7,5	55,6
Озимая рожь	контроль	47,9	15,4	13,8	25,7	–
	фунгицид	25,3	8,3	7,3	13,6	47,1
	+инсектицид	24,8	7,7	7,6	13,4	47,9
НСР ₀₅ частных средних		1,82	1,24	0,62	1,39	–

Данные таблицы свидетельствуют, что в годы исследований яровая пшеница по всем вариантам поражалась корневыми гнилями значительно выше порога вредоносности (ПВ по всходам – 5 %). По контрольным вариантам наибольшее поражение было в 2021 г. на зерновом предшественнике – 47,9 % (9,6 ПВ). Наименьшее поражение корневой гнилью было отмечено по пару в 2022 г. – 8,9 %. В среднем за три года в фазу всходов наименьшее поражение подземной части растения корневыми гнилями отмечено по однолетним травам – 16,9 %, что на 8,8 % меньше, чем по озимой ржи. Биологическая эффективность однолетних трав в оздоровлении корневой системы яровой пшеницы, по сравнению с зерновым предшественником,

составила 34,2 %. Протравливание семян показало среднюю эффективность по всем вариантам: 47,1–59,4 %. По данным дисперсионного анализа выявлено, что сила влияния фактора «год» на развитие корневых гнилей всходов составила 42,2 %, фактора «протравливание» – 21,4 %, фактора «предшественник» – 8,8 %; сила влияния фактора «год» на биологическую эффективность протравливания составила 47,8 %, а фактор «предшественник» не оказал достоверного влияния.

Развитие корневых гнилей в фазе полной (твердой) спелости в среднем за три года было минимальным по паровому предшественнику – 33,8 %, что на 7,3 % меньше, чем по озимой ржи (табл. 2).

Таблица 2

**Развитие корневой гнили в фазу полной спелости по вариантам и годам
(в среднем по подземным органам), %**
Incidence of root rot in the phase of full ripeness by variants and years (on average for underground organs), %

Предшественник	Обработка семян	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее по годам	Биологическая эффективность, %
Пар	контроль	34,1	29,2	38,0	33,8	–
	фунгицид	31,6	28,3	32,2	30,7	9,2
	+инсектицид	30,8	31,3	36,3	32,8	3,0
Однолетние травы	контроль	38,4	36,0	28,6	34,3	–
	фунгицид	35,6	26,2	25,6	29,1	15,2
	+инсектицид	33,2	27,7	22,4	27,8	19,0
Озимая рожь	контроль	36,2	48,3	38,7	41,1	–
	фунгицид	39,1	38,7	35,5	37,8	8,0
	+инсектицид	39,4	40,3	35,7	38,5	6,3
НСР ₀₅ частных средних		1,98	3,14	1,68	2,57	–

Биологическая эффективность парового предшественника по сравнению с зерновым в оздоровлении корневой системы пшеницы составила 17,8 %. Протравливание семян незначительно снизило развитие корневых гнилей. Эффективность протравливания в конце вегетации составила 3,0–19,0 %. Сила влияния фактора «предшественник» на развитие корневых гнилей в конце вегетации составила 41,1 %, фактора «протравливание» – 8,5 %, а взаимосвязь факторов «год» и «предшественник» – 38,1 %; сила влияния фактора «год» на биологическую эффективность протравливания составила 14,7 %, а фактора «предшественник» – 10,6 %. Следовательно, влияние предшественников на развитие корневых гнилей в течение вегетации возросло в 1,9 раза, они

оказали небольшое, но достоверное влияние на эффективность протравливания, что связано с различиями инфекционного потенциала возбудителей корневых гнилей в почве после разных культур [10, 17]. Эти данные свидетельствуют о следующих закономерностях. Протравливание эффективно защищает растения от почвенных инфекций только в начале вегетационного периода, затем действие препаратов закономерно ослабевает. Напротив, влияние предшественников на поражение подземных органов корневыми гнилями в течение вегетации возрастает, поскольку они определяют фитосанитарное состояние почвы [12].

Заселенность почвы конидиями *Bipolaris sorokiniana* по различным предшественникам представлена в табл. 3.

Таблица 3

Численность конидий *Bipolaris sorokiniana* в почве по годам и предшественникам
Number of *Bipolaris sorokiniana* conidia in soil by years and predecessors

Год	Общая численность конидий, шт./г возд.-сух. почвы		Доля деградированных конидий, %
	Пределы колебаний	Среднее	
1	2	3	4
<i>Озимая рожь</i>			
2020	39–80	77,3	29,2
2021	78–123	100,7	37,1
2022	31–59	48,0	32,7
2023	12–54	41,0	34,9
Среднее	12–123	66,8	33,5
<i>Однолетние травы</i>			

1	2	3	4
2020	43–108	78,3	58,2
2021	89–117	102,7	55,9
2022	64–82	74,7	67,4
2023	23–45	30,7	79,9
Среднее	23–117	71,6	65,4
<i>Пар</i>			
2020	43–65	52,0	73,1
2021	23–58	42,0	41,2
2022	8–40	26,7	61,3
2023	1–13	10,0	70,0
Среднее	1–65	32,7	61,4
НСР ₀₅ частных средних	11,9		9,5

Данные таблицы показывают, что численность конидий *Bipolaris sorokiniana* в почве перед посевом яровой пшеницы сильно отличалась как по предшественникам, так и по годам. Наименьшая численность выявлена после пара – 32,7 шт./г возд.-сух. почвы при деградации 61,4 % популяции, т.е. заселенность почвы была на уровне зонального биологического порога вредоносности (ПВ для выщелоченного чернозема – 20–30 конидий на 1 г почвы). По остальным предшественникам численность конидий была в два и более раза выше, чем после пара (до 123 конидий, или 4,1 ПВ). Однако здесь следует отметить высокую долю деградированных конидий после вико-овсяной смеси (65,4 %), что несколько нивелирует большой запас фитопатогена. По данным дисперсионного анализа выявлено, что сила влияния фактора «предшественник» на численность конидий патогена в почве составила 34,6 %, а фактора

«год» – 29,1 %, что согласуется с ранее полученными в других агроэкологических зонах экспериментальными данными [14].

В период исследований таксономический состав фитопатогенных микромицетов на подземных органах яровой пшеницы был типичным для зоны и представлен *B. sorokiniana* и грибами рода *Fusarium*. В общей сложности в годы исследований из подземных органов яровой пшеницы были выделены следующие виды из рода *Fusarium*: комплекс видов *F. oxysporum* Schltdl., *F. poae* (Peck.) Wollenw., *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. solani* Koord., *F. sambucinum* Fuckel., *F. sporotrichioides* Sherb., *F. avenacium* (Fr.) Sacc. Годы исследования характеризовались контрастными условиями, что сказалось на биологическом разнообразии микромицетов в зависимости от органа яровой пшеницы и предшественника (табл. 4).

Таблица 4

Биологическое разнообразие патогенных микромицетов по предшественникам, органам яровой пшеницы и годам, число выделенных видов

Biological diversity of pathogenic micromycetes by predecessors, spring wheat organs and years, number of isolated species

Предшественник	Орган растения	Всходы			Конец вегетации		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1	2	3	4	5	6	7	8
Пар	Первичные корни	4	4	3	5	6	4
	Вторичные корни				6	4	5
	Основание стебля	5	3	2	6	3	5

1	2	3	4	5	6	7	8
Однолетние травы	Первичные корни	6	3	2	6	4	4
	Вторичные корни				4	4	6
	Основание стебля	4	3	3	4	5	6
Озимая рожь	Первичные корни	5	3	2	5	2	4
	Вторичные корни				5	3	6
	Основание стебля	5	3	2	4	3	5

Анализы показали, что видовое разнообразие на первичных корнях в начале развития растений было наибольшим в 2021 г. – до шести видов (по однолетним травам). В остальные годы исследования оно снижалось: в 2022 г. – 3–4, а в 2023 г. – всего 2–3. Это связано с гидротермическими условиями начала вегетации. Наиболее благоприятным был 2021 г., самым экстремальным – 2023 г., что влияло на паразитическую активность фитопатогенов. В процессе вегетации видовое разнообразие микромицетов на первичных корнях увеличивалось: особенно заметный рост (в 2,5 раза) отмечен в 2023 г. после наступления относительно благоприятных условий. На основаниях растений в фазу всходов наибольшее биоразнообразие было отмечено также в 2021 г. (4–5 видов), в 2022 г. – по всем предшественникам – три вида, в самом экстремальном 2023 г. – всего два вида. К концу вегетации 2021–2022 гг. биологическое разнообразие фитопатогенных микромицетов на основании стебля яровой пшеницы несколько увеличилось или осталось прежним. Исключением снова стал 2023 г., когда

на основании стебля пшеницы число видов к фазе зрелости выросло в 2–2,5 раза. Таким образом, предшественники и условия года влияли на биологическое разнообразие фитопатогенных микромицетов – возбудителей корневых гнилей. Дисперсионный анализ по схеме двухфакторного опыта показал, что на первичных корнях сила влияния условий года на биологическое разнообразие фитопатогенов составила 48,2 %, на основании стебля – 60,7 % и была достоверна на 5%-м и 1%-м уровнях значимости соответственно. Предшественник не оказывал достоверно значимого влияния на биоразнообразие. Полученные данные подтверждают ранее выявленные закономерности о влиянии условий вегетации на биологическое разнообразие возбудителей корневых гнилей яровой пшеницы [19].

Этиология корневых гнилей подземных органов яровой пшеницы отражала фитосанитарное состояние почвы, конкуренцию между фитопатогенами и реакцию микромицетов на биотические и абиотические стрессы (табл. 5).

Таблица 5

Этиология корневой гнили яровой пшеницы по соотношению фитопатогенов
B. sorokiniana и *Fusarium spp.*

Etiology of spring wheat root rot according to the ratio of phytopathogens *B. sorokiniana* and *Fusarium spp.*

Предшественник	Орган	Всходы			Зрелость		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
1	2	3	4	5	6	7	8
Пар	Первичные корни	F	1 : 1	1 : 9	1 : 5	1 : 4	1 : 4
	Вторичные корни				1 : 18	F	F
	Основание стебля	F	F	F	1:20	1:2	1:6

1	2	3	4	5	6	7	8
Однолетние травы	Первичные корни	1 : 29	1 : 12	1 : 9,5	1 : 2,6	1 : 5,3	1 : 3,3
	Вторичные корни	–			F	1 : 5,7	1 : 19
	Основание стебля	F	F	F	1 : 4,7	1 : 4	1 : 4
Озимая рожь	Первичные корни	1 : 13	1 : 17	1 : 8,5	1 : 15	F	1 : 3
	Вторичные корни	–			1 : 4,3	1 : 5,3	1 : 9
	Основание стебля	1 : 29	F	F	1 : 0,8	1 : 9	1 : 9

F – отсутствие *B. sorokiniana*, абсолютное доминирование *Fusarium spp.*

Как видно из таблицы, соотношение фитопатогенов было очень неравномерным как по предшественникам, так и по годам. Так, в 2021 г. в фазу всходов по всем предшественникам наблюдалось доминирование грибов рода *Fusarium* (до 100 %). Но при достижении полной спелости ситуация изменилась, по некоторым вариантам кардинально: превосходство *Fusarium spp.* осталось на вторичных корнях яровой пшеницы по пару и однолетним травам, первичных корнях по озимой ржи, основанию стебля по пару; по остальным вариантам соотношение составило 1 : 3–5, а на основании стебля по озимой ржи *B. sorokiniana* смог вытеснить фузариевые грибы и занять их экологическую нишу (соотношение 1 : 0,8). В 2022 г. наблюдалась схожая картина: превосходство грибов рода *Fusarium* в начале вегетации и повышение конкуренции со стороны *B. sorokiniana* к концу вегетации. Несколько иная ситуация сложилась в экстремальном по погодным усло-

виям 2022 г. *B. sorokiniana* довольно успешно конкурировал за реализацию экологической ниши с грибами рода *Fusarium* на корнях и полностью отсутствовал на основании стебля в начале вегетации яровой пшеницы. К концу вегетации соотношение между *Fusarium spp.* и *B. sorokiniana* на всех подземных органах растений хотя и было в пользу фузариевых грибов, но их доминирование не было таким абсолютным. Увеличение размера реализованной экологической ниши у *B. sorokiniana* составило в течение вегетации до 25 %.

На протяжении 2022–2023 гг. проводили исследование супрессивности почвы к *B. sorokiniana* и *F. oxysporum*, по результатам которого были выявлены достоверные различия супрессивности почвы в отношении *B. sorokiniana* после пара и однолетних трав по сравнению с озимой рожью: пар увеличил ее в среднем на 9,3 % (табл. 6).

Таблица 6

Супрессивность почвы к основным фитопатогенам, %
Soil suppressiveness to main phytopathogens, %

Предшественник	<i>B. sorokiniana</i>			<i>F. oxysporum</i>		
	2022 г.	2023 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	Среднее
Пар	65,0	83,3	74,2	60,7	70,7	65,7
Однолетние травы	71,7	74,0	72,9	56,7	78,0	67,4
Озимая рожь	60,7	69,0	64,9	40,3	61,7	51,0
НСР ₀₅ частных средних	4,0	4,7	4,2	3,9	4,1	4,6

Показатель общей супрессивности почвы к *B. sorokiniana* коррелировал с долей деградированных конидий фитопатогена по предше-

ственникам: $r = 0,796 \pm 0,232$ ($p < 0,05$). Общая супрессивность почвы к *B. sorokiniana* по всем предшественникам была от умеренной до силь-

ной, что может быть связано с типом почвы, содержанием общего органического вещества и повышенным размножением сапротрофных микроорганизмов, особенно в верхнем слое почвы [12].

Супрессивность почвы в отношении *F. oxysporum* по озимой ржи была в среднем на 16 % ниже, чем по пару и однолетним травам. В целом результаты учетов свидетельствуют о достоверном ($p \leq 0,05$) росте супрессивности почвы после возделывания фитосанитарных предшественников, по сравнению с повторным посевом зерновых культур, как по отношению к *B. sorokiniana*, так и *F. oxysporum*. Это согласуется с ранее полученными в другой агроэкологической зоне результатами [12].

Самая большая биологическая урожайность контрольных вариантов в среднем по годам получена по паровому предшественнику – 28,6 ц/га, что превышает урожайность яровой пшеницы по однолетним травам и озимой ржи на 4,7 и 6,9 ц/га соответственно. Протравливание семян фунгицидным протравителем дало прибавку в среднем по предшественникам и годам на 1,6–3,8 ц/га. Введение в баковую смесь протравителей инсектицидного компонента дало дополнительную прибавку биологической урожайности до 8 ц/га (по паровому предшественнику).

По данным дисперсионного анализа выявлено, что сила влияния фактора «год» на биологическую урожайность составила 47,9 %, фактора «предшественник» – 29,7 %, а фактора «протравитель» – 9,2 %.

ВЫВОДЫ

1. В годы исследования развитие корневых гнилей яровой пшеницы на контрольном варианте достигало 9,6 ПВ. В течение вегетации сила влияния фактора «предшественник» на развитие корневых гнилей возрастала с 8,8 до 41,1 %.

2. Биологическая эффективность протравливания семян снижалась в течение вегетации

с 47,1–59,4 % в фазу всходов до 3,0–19,0 % в фазу полной спелости, сила влияния года на эффективность протравливания составила 47,8 %, а предшественника – 10,6 % и проявилась только к концу вегетации.

3. Численность конидий *Bipolaris sorokiniana* в почве перед посевом яровой пшеницы зависела от предшественников и условий года. Наименьшая численность на уровне ПВ выявлена после пара, по остальным предшественникам численность конидий была в 2 раза выше (до 123 конидий, или 4,1 ПВ).

4. Этиология корневых гнилей была представлена *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. и грибами рода *Fusarium* Link., среди которых доминировал *F. oxysporum*. Соотношение фитопатогенов на подземных органах определялась условиями года, органами растения, предшественниками и колебалась по вариантам от 0,8 : 1 до полного доминирования грибов рода *Fusarium*.

5. Условия года влияли на биологическое разнообразие микромицетов – возбудителей корневых гнилей: на первичных корнях сила влияния условий года на биологическое разнообразие фитопатогенов составила 48,2 %, на основании стебля – 60,7 % и была достоверна на 5%-м и 1%-м уровнях значимости соответственно.

6. Супрессивность почвы к основным фитопатогенам по всем предшественникам была сильно выраженной и достигала 83,3 % к *B. sorokiniana* и 78,0 % к *F. oxysporum*, фитосанитарные предшественники достоверно увеличивали супрессивность почвы по сравнению с озимой рожью. Показатель супрессивности почвы к *B. sorokiniana* коррелировал с долей деградированных конидий фитопатогена $r = 0,796 \pm 0,232$ ($p < 0,05$).

7. Самая большая в среднем по годам биологическая урожайность контрольных вариантов получена по паровому предшественнику – 28,6 ц/га, что выше, чем по однолетним травам и озимой ржи на 4,7 и 6,9 ц/га соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Костерина Н.А. Анализ современного состояния проблемы фузариоза колоса и зерна пшеницы в Российской Федерации // Аграрный вестник Урала. – 2023. – № 5 (234). – С. 49–60. – DOI:10.32417/1997–4868–2023–234–05–49–60.

2. Посевные площади Российской Федерации в 2022 году. Федеральная служба государственной статистики. – [Электронный ресурс]: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 25.12.2023).
3. Сравнительная агротехнологическая оценка возделывания яровой пшеницы в лесостепи Омской области / Л.В. Юшкевич, А.Г. Щитов, Д.Н. Ющенко, А.С. Бутко // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 6 (195). – С. 41–47. – DOI:10.36718/1819-4036-2023-6-41-47.
4. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases—a field perspective // Molecular Plant Pathology. – 2018. – Vol. 19, No. 6. – P. 1523–1536.
5. *Fusarium graminearum*: pathogen or endophyte of North American grasses? / L.A. Lofgren, N.R. Le Blanc, A.K. Certano [et al.] // New Phytol. – 2018. – Vol. 217. – P. 1203–1212.
6. Parasitic activity of plant pathogens at the underground organs of spring wheat in the West Siberia / E.Yu. Toropova, I.G. Vorob'ova, A.A. Kirichenko, R.I. Trunov // J. Phys.: Conf. Ser. 1942 0120791942 (2021) 012079 IOP Publishing. – DOI: 10.1088/1742-6596/1942/1/012079.
7. Species composition, toxigenic potential and aggressiveness of *Fusarium* isolates causing Head Blight of barley in Uruguay / G. Garmendia, L. Pattarino, C. Negrin [et al.] // Food Microbiol. – 2018. – Vol. 76. – P. 426–433.
8. *Fusarium graminearum* species complex: a bibliographic analysis and web-accessible database for global mapping of species and trichothecene toxin chemotypes / E.M. Del Ponte, G.M. Moriera, T.J. Ward [et al.] // Phytopathology. – 2022. – Vol. 112. – P. 741–751. – DOI: 10.1094/PHYTO-06-21-0277-RVW.
9. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway / A. Barnhart, M. Torp, P.-E. Clasen, A.-K. Loes, A.B. Kristoffersen // Food Addit. Contamin. – 2012. – Part A. – P. 1–12.
10. Корчагина И.А., Юшкевич Л.В. Особенности развития корневой гнили в агрофитоценозе пшеницы яровой при различных агротехнологиях в лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т. 14, № 6. – С. 90–96. – DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-90-96.
11. Паразитирование *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Shoem. в системе органов сортов яровой пшеницы в северной лесостепи Приобья / Е.Ю. Торопова, В.Ю. Сухомлинов, А.А. Кириченко, В.В. Пискарев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 1 (62). – С. 76–87. – DOI:10.31677/2072-6724-2022-62-1-76-87.
12. Торопова Е.Ю., Селюк М.П., Посажеников С.Н. Влияние культурных растений на сапротрофные микроорганизмы и супрессивность почвы // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 7. – С. 17–20.
13. Modeling yield losses and fungicide profitability for managing *Fusarium* head blight in Brazilian spring wheat / M.R. Duffeck, K.S. Alves, F.J. Machado [et al.] // Phytopathology. – 2020. – Vol. 110. – P. 370–378. – DOI: 10.1094/PHYTO-04-19-0122-R.
14. Development of Soil-Borne Infections in Spring Wheat and Barley as Influenced by Hydrothermal Stress in the Forest-Steppe Conditions of Western Siberia and the Urals / E.Yu. Toropova, A.P. Glinushkin, M.P. Selyuk, O.A. Kazakova, A.V. Ovsyankina // Russian Agricultural Sciences. – 2018. – N 44 (3). – P. 241–244. – DOI 10.3103/S1068367418030163.
15. Протравливание семян зерновых и зернобобовых культур / Е.Ю. Торопова, А.Ф. Захаров, Г.Я. Стецов, А.Г. Санаров // Приложение к журналу Защита и карантин растений. – 2020. – № 1. – С. 37(1)–72(36).
16. Торопова Е.Ю., Феценко Е.С. Эффективность протравителей семян яровой пшеницы при возделывании по разным предшественникам в лесостепи Новосибирской области // Защита и карантин растений. – 2023. – № 4. – С. 15–18. – DOI: 10.47528/1026-8634_2023_4_15.
17. Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве. – М.: Агрорус, 2016. – 288 с.
18. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учебно-практическое пособие / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, А.А. Кириченко [и др.]; под ред. Е.Ю. Тороповой. – Барнаул: ГРАФИКС, 2017. – 210 с.
19. Биологическое разнообразие фитопатогенных почвенных микромицетов на сортах яровой пшеницы в Западной Сибири / Е.Ю. Торопова, И.Г. Воробьева, О.А. Казакова, Р.И. Трунов // Агрохимия. – 2022. – № 10. – С. 56–64. – DOI: 10.31857/S000218812210012X.

REFERENCES

1. Kosterina N.A., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2023, No. 5 (234), pp. 49–60, DOI: 10.32417/1997–4868–2023–234–05–49–60 (In Russ).
2. *Posevnye ploshchadi Rossiiskoi Federatsii v 2022 godu* (Cultivated areas of the Russian Federation in 2022), available at: <https://rosstat.gov.ru/> (December 25, 2023).
3. Yushkevich L.V., Shchitov A.G., Yushchenko D.N., Butko A.S., *Vestnik KrasGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 6 (195), pp. 41–47, DOI:10.36718/1819–4036–2023–6–41–47 (In Russ).
4. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S., A review of wheat diseases-a field perspective, *Molecular Plant Pathology*, 2018, Vol. 19, No. 6, pp. 1523–1536.
5. Lofgren L.A., Le Blanc N.R., Certano A.K. [et al.], Fusarium graminearum: Pathogen or endophyte of North American grasses? *New Phytol*, 2018, Vol. 217, pp. 1203–1212.
6. Toropova E.Yu., Vorob'ova I.G., Kirichenko A.A., Trunov R.I., Parasitic activity of plant pathogens at the underground organs of spring wheat in the West Siberia, *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1942 0120791942 (2021) 012079 IOP Publishing, DOI: 10.1088/1742–6596/1942/1/012079.
7. Garmendia G., Pattarino L., Negrin C. [et al.], Species composition, toxigenic potential and aggressiveness of Fusarium isolates causing Head Blight of barley in Uruguay, *Food Microbiol*, 2018, Vol. 76, pp. 426–433.
8. Del Ponte E.M., Moriera G.M., Ward T.J. [et al.], Fusarium graminearum species complex: a bibliographic analysis and web-accessible database for global mapping of species and trichothecene toxin chemotypes, *Phytopathology*, 2022, Vol. 112, pp. 741–751, DOI: 10.1094/PHYTO–06–21–0277–RVW.
9. Barnhart A., Torp M., Clasen P.-E., Loes A.-K., Kristoffersen A.B., Influence of agronomic and climatic factors on Fusarium infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway, *Food Addit. Contamin.*, 2012, Part A, pp. 1–12.
10. Korchagina I.A., Yushkevich L.V., *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2022, No. 6, pp. 90–96, DOI: 10.31367/2079–8725–2022–83–6–90–96 (In Russ).
11. Toropova E.Yu., Sukhomlinov V.Yu., Kirichenko A.A., Piskarev V.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No. 1(62), pp. 76–87, DOI:10.31677/2072–6724–2022–62–1–76–87 (In Russ).
12. Toropova E.Yu., Selyuk M.P., Posazhennikov S.N., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018, No. 7, pp. 17–20 (In Russ).
13. Duffeck M.R., Alves K.S., Machado F.J., Esker P.D., Del Ponte E.M., Modeling yield losses and fungicide profitability for managing Fusarium head blight in Brazilian spring wheat, *Phytopathology*, 2020, Vol. 110, pp. 370–378, DOI: 10.1094/PHYTO–04–19–0122–R.
14. Toropova E.Yu., Glinushkin A.P., Selyuk M.P., Kazakova O.A., Ovsyankina A.V., Development of Soil-Borne Infections in Spring Wheat and Barley as Influenced by Hydrothermal Stress in the Forest-Steppe Conditions of Western Siberia and the Urals, *Russian Agricultural Sciences*, 2018, No. 44 (3), pp. 241–244, DOI: 10.3103/S1068367418030163.
15. Toropova E.Yu., Zakharov A.F., Stetsov G.Ya., Sanarov A.G., *Prilozhenie k zhurnalu Zashchita i karantin rastenii*, 2020, No. 1, pp. 37(1)–72(36) (In Russ).
16. Toropova E.Yu., Feshchenko E.S., *Zashchita i karantin rastenii*, 2023, No. 4, pp. 15–18, DOI: 10.47528/1026–8634_2023_4_15 (In Russ).
17. Glinushkin A.P., Sokolov M.S., Toropova E.Yu., *Fitosanitarnye i gigienicheskie trebovaniya k zdorovoi pochve* (Phytosanitary and hygienic requirements for healthy soil), Moscow, 2016, 288 p.
18. Chulkina V.A., Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya., Kirichenko A.A., *Fitosanitarnaya diagnostika agroekosistem* (Phytosanitary diagnostics of agroecosystems), Barnaul, 2017, 210 p.
19. Toropova E.Yu., Vorob'eva I.G., Kazakova O.A., Trunov R.I., *Agrokimiya*, 2022, No. 10, pp. 56–64, DOI: 10.31857/S000218812210012X (In Russ).