Влияние корневой гнили на урожайность зерна твердой пшеницы в условиях Оренбургской области

Дмитрий Владимирович Митрофанов¹, Юрий Васильевич Кафтан²

^{1,2}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия, dvm.80@mail.ru

Аннотация. Выявление факторов, влияющих на снижение урожайности зерна твердой пшеницы, является основой изучения болезней растений в агрометеорологических условиях Оренбургской области. В связи с этим проведены полевые и лабораторные исследования по обыкновенной корневой гнили (*Bipolaris sorokiniana*) твердой пшеницы. В работе была применена методика полевого опыта, проведен учет погодных факторов, пораженности посевов корневой гнилью и урожайности зерна твердой пшеницы в севооборотах и при бессменном возделывании на южных черноземах Предуралья. Исследования проведены впервые с 2015 по 2020 г. на многолетнем стационарном опытном участке по севооборотам и бессменным посевам, заложенном в 1988 г. на территории ОПХ им. Куйбышева. В среднем за вегетационный период культуры (твердая пшеница) выпадает 107 мм осадков при среднемесячной температуре воздуха 20,3 °С и число суховейных дней составляет 68. Результаты исследования показали, что наименьшее распространение и развитие корневой гнили доходит в III варианте опыта на удобренном фоне питания до 28,6 и 10,2 %, зависимость от температуры воздуха составляет 94,4 и 70,0 %. Наибольшая урожайность зерна твердой пшеницы получена по паровому полю с сидератами в среднезасушливом 2017 г. и составила 2,14 т/га, после внесения минеральных удобрений и без них – 2,11 т/га. В IV варианте эксперимента отмечается снижение выхода зерна твердой пшеницы, которое зависит от развития корневой гнили при максимальных долях влияния 80,0 и 89,7 %. Различные агрометеорологические условия, предшественники и фоны питания являются основной причиной изменения степени распространения и развития корневой гнили твердой пшеницы.

Ключевые слова: твердая пшеница; сидеральный пар; севооборот; бессменный посев; температура воздуха; корневая гниль; урожайность зерна; фон питания.

Для цитирования: Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В. Влияние корневой гнили на урожайность зерна твердой пшеницы в условиях Оренбургской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 36–41. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp36-41>.

AGRONOMY

Original article

The effect of root rot on the yield of durum wheat grain in the conditions of the Orenburg region

Dmitry V. Mitrofanov¹, Yuri V. Kaftan²

^{1,2}Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia, dvm.80@mail.ru

Abstract. The identification of factors that affect the decrease in the yield of hard wheat is the basis for studying plant diseases in the agro-meteorological conditions of the Orenburg region. In this regard, field and laboratory studies are being conducted on common root rot (*Bipolaris sorokiniana*) of durum wheat. In the research work, the method of field experience was applied, the weather factors, the infestation of crops with root rot and the yield of durum wheat grain in crop rotations and during permanent cultivation in the southern black lands of the Urals were taken into account. The research was carried out for the first time from 2015 to 2020 on a long-term stationary experimental plot on crop rotations and permanent crops, laid down in 1988 on the territory of the OPH n.a. Kuibyshev. On average, during the growing season of the crop (durum wheat), 107 mm of precipitation falls at an average monthly air temperature of 20.3 °C and the number of dry days is 68. The results of the study show that the lowest prevalence and development of root rot reaches 28.6 and 10.2 % in the third variant of the experiment on a non-windy background of nutrition, the dependence on the influence of air temperature is 94.4 and 70.0 %. The highest yield of durum wheat grain was obtained in the fallow field with siderates in the average arid year of 2017 and amounts to 2.14 and 2.11 t / ha after the application of mineral fertilizers and without them. In the fourth version of the experiment, there is a decrease in the yield of durum wheat grain, which depends on the development of root rot at the maximum proportions of the influence of 80.0 and 89.7 %. Various agro-meteorological conditions, precursors and food backgrounds are the main cause of changes in the degree of spread and development of durum wheat root rot.

Keywords: durum wheat; sideral steam; crop rotation; permanent sowing; air temperature; root rot, grain yield, nutrition background.

For citation: Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V. The effect of root rot on the yield of durum wheat grain in the conditions of the Orenburg region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(11):36–41. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp36-41>.

Введение. В почвенно-климатических условиях Южного Урала из-за различных болезней растений наблюдается недобор урожайности полевых культур до 500 тыс. тонн зерна. Среди инфекционных заболеваний зерновых культур по распространению и развитию первое место занимают корневые гнили. Исследования устойчивости яровой пшеницы к поражению корневой гнили проводили в засушливых условиях Поволжья [7]. По данным А.И. Кинчарова и других, потери урожая от корневой гнили различной этиологии составляют в среднем 15 %, в отдельные годы – 50 % и более [3]. В отличие от листостебельных заболеваний корневые гнили поражают посевы зерновых культур практически ежегодно. Исследования, проведенные на территории Западной Сибири, показали, что эпифитотический процесс бурой ржавчины не проявляется, но у корневой гнили он достигает 34 % [1]. Такие исследования проведены и в других регионах России.

Низкое обеззараживающее действие черного пара и сильное проявление корневой гнили твердой пшеницы наблюдаются в севообороте и бессменном посеве [5]. Наблюдения за фитосанитарным состоянием посевов показывают, что значительно возрастает заселенность почвы конидиями грибов при бессменном возделывании твердой

пшеницы [4].

Защита посевов от корневой гнили в настоящее время является актуальной задачей современного земледелия. На основании этого проводятся исследования по изучению болезни твердой пшеницы в зависимости от агрометеорологических условий, предшественников севооборотов, бессменного посева и минеральных удобрений в степной зоне Южного Урала.

Цель научной работы заключается в выявлении влияния погодных факторов, предшественников и фонов питания на пораженность посевов твердой пшеницы корневой гнилью и ее взаимосвязи с урожайностью зерна.

Методика исследований. Исследования проводили с 2015 по 2020 г. на 32-летнем экспериментальном участке, расположенном на территории южных черноземов Оренбургского Предуралья. Территория опытного поля расположена возле п. Крона Оренбургского района (51°46'31.1»N, 55°18'42.6»E).

Почва места исследования характеризуется следующими показателями. В слое 0–30 см: гумус – 3,8 %, гигроскопическая влага – 3,4 %, общий азот – 0,26 %, общий фосфор – 0,19 %, нитраты – 12,3 мг, подвижный фосфор – 2,0 мг и обменный калий – 35,0 мг на 100 г, pH почвенного раствора – 8,2. Сумма поглощенных оснований составляет 31,6 мг/экв. на 100 г сухой почвы. Содержание обменного натрия в пахотном слое почвы 0,2 мг, гидролитическая кислотность – 2,0 мг/экв. на 100 г. Объемная масса почвы в слое 0–30 см составляет 1,22 г на 1 см³ и увеличивается до 1,40 г/см³ в слое 0–150 см. Показатели характеристики почвы (влажность устойчивого завядания, максимальная гигроскопичность и влагоемкость) уменьшаются в нижних слоях 0–100 и 0–150 см. Наименьшая полевая влагоемкость в метровом и полуметровом слоях почвы составляет 290 и 380 мм соответственно.

Объектом исследования являлась твердая пшеница. Посевы ее располагаются на опытном поле по различным предшественникам: черный пар с трехрядными кулисами (посев подсолнечника), занятый пар (посев суданской травы), сидеральный пар (смешанный посев овса и гороха) и твердая пшеница (бессменный посев).

В опыте применяется полевой метод исследования по Б.А. Доспехову [2]. В первой декаде мая проходит посев твердой пшеницы (сорт Оренбургская 21) с помощью сеялки СЗП-3,6; норма высева – 190 кг на 1 га. Возделывали твердую пшеницу (*Triticum durum*) в трех шестипольных (зернопаровых) севооборотах. Схема опыта включала в себя четыре варианта твердой пшеницы по предшественникам в четырехкратной повторности и шестикратной во времени. I. Твердая пшеница (второе поле) после черного кулисного пара (контроль). II. Твердая пшеница (второе поле) после занятого пара. III. Твердая пшеница (второе поле) после сидерального пара. IV. Бессменный посев твердой пшеницы. Исследования проводили на фоне питания с минеральными удобрениями (в дозе N₄₀P₈₀K₄₀ кг/га) и без них. Делянки прямоугольной формы шириной 14,4; 7,2 м и длиной 30 м, фон питания с удобрениями и без них соответственно, 14,4×60 м и 7,2×60 м. Общая площадь изучаемых делянок в севооборотах – 2,07 га, в бессменном посеве – 0,26 га.

На период вегетации (май – август) твердой пшеницы в посевах устанавливали дождемер (осадкомер) и метеорологический полевой термометр, с помощью которых вели учет количества выпавших осадков и среднемесячных дневных температур. По данным Оренбургского гидрометцентра определяли число суховейных дней за вегетационный период. Учет пораженности посевов корневой гнилью проводили в первой декаде августа перед уборкой. В посевах делянок на обоих фонах питания отбирали 10 проб, извлекали из почвы 20 растений с каждой метровой площадки. В лабораторных условиях определяли обыкновенную корневую гниль на органах растения по методике В.А. Чулкиной [8]. Зерновой учет твердой пшеницы проходил во второй декаде августа на фонах питания с помощью селекционного комбайна Сампо-500. Применяли технологию и агротехнику возделывания твердой пшеницы, принятую для агрометеорологических условий Оренбургской области.

Обработку и анализ данных по урожайности зерна твердой пшеницы, основным погодным факторам (осадки, температура, суховеи), степени распространения и развития корневой гнили в посевах проводили с помощью аппарата множественных взаимосвязей регрессии в статистической программе Statistica 12.0.

Результаты исследований. В среднем за 2015–2020 гг. за период вегетации твердой пшеницы (май – август) выпало атмосферных осадков 107 мм, что на 69 % меньше среднееголетней нормы 155 мм (табл. 1). Среднемесячная температура воздуха составила 20,3 °С, выше на 1,2 °С нормативного показателя (19,1 °С), количество суховеев – 68 по сравнению с нормой 56 дней. За вегетационный период гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову в среднем равнялся 0,47 ед., что характеризует сильнейшие засушливые условия.

Сложившиеся неблагоприятные агрометеорологические условия в вегетационном периоде твердой пшеницы привели к положительному влиянию температуры воздуха на распространение и развитие корневой гнили в севооборотах и бессменном посеве. В результате сильнейшей засухи в вегетационном периоде твердой пшеницы проявлялась корневая гниль, которая снижала урожайность зерна.

Согласно исследованиям, проводимым на территории Южного Урала, установлено, что в различные по метеорологическим условиям годы наблюдалось неодинаковое количество представителей грибов (р. *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium*) корневой гнили в посевах яровой пшеницы [6].

В наших исследованиях основным возбудителем заболевания являлся гриб из р. *Bipolaris sorokiniana* (*Helminthosporium sativum*). В посевах твердой пшеницы наибольшее распространение и развитие корневой гнили отмечали в I и IV вариантах опыта (табл. 2).

Максимальное распространение болезни наблюдалось в сильно засушливые годы (2016, 2018, 2020) и составляло от 45,3 до 48,5 % по предшественнику пар черный кулисный и от 41,2 до 45,5 % по твердой пшенице (бессменно) на удобренном фоне питания, соответственно 44,2–46,3 % и 38,2–42,7 % на неудобренном. Диапазон развития корневой гнили твердой пшеницы в I (контроль) и IV вариантах – от 19,4 до 28,6 %.

Снижение распространенности болезни обнаруживали на посевах твердой пшеницы по всем предшественникам в средnezасушливые годы (2015, 2017, 2019); диапазон составил от 18,6 до 38,2 % на удобренном и 16,4–

Показатели агрометеорологических условий вегетационного периода твердой пшеницы (май – август) за 2015–2020 гг.

Показатели*	Год						Среднее
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Атмосферные осадки, мм	127	86	110	79	168	70	107
Среднемесячная температура воздуха, °С	19,9	21,0	19,5	20,4	20,1	20,9	20,3
Количество суховеев, дни	76	84	44	41	82	79	68
Гидротермический коэффициент, ед.	0,57	0,38	0,50	0,39	0,68	0,30	0,47

* среднееголетние показатели за период вегетации твердой пшеницы (май – август) по сведениям Оренбургского гидрометцентра: осадки – 155 мм, температура – 19,1 °С, суховейные дни – 56.

36,2 % на удобренном фоне питания. Во всех вариантах опыта отмечали ее развитие и на фоне питания – на уровне от 2,1 до 18,3 %. В среднем самый высокий процент распространения и развития корневой гнили отмечается на I и IV вариантах опыта. Наиболее низкий процент наблюдали на посевах твердой пшеницы после пара с сидератами (овес и горох) – 30,3; 11,8 % на фоне питания с удобрениями и без них – 28,0; 10,2 %.

За годы исследования интенсивность заболевания твердой пшеницы корневой гнилью после занятого пара была несколько выше, чем по сидеральному, и составила по распространению 32,1 % при развитии 14,9 % на удобренном и соответственно 30,8; 13,3 % на удобренном фоне питания. В 2020 г. отмечали снижение урожайности в бессменном посеве на удобренном фоне питания до 0,10 т/га. В результате формировались пустоколосость и щуплое зерно за счет заболевания корневой гнилью. Распространенность и развитие болезни твердой пшеницы от внесения минеральных удобрений значительно повышались из-за часто повторяющихся засух в периоде вегетации.

В других исследованиях выращивали пшеницу в чередовании с различными культурами на почве, естественным образом заселенной *Bipolaris sorokiniana*. В результате установлено, что степень распространенности корневой гнили пшеницы уменьшается в севооборотах по сравнению с бессменным посевом [12]. В одном из полевых экспериментов наблюдали различия между сортами зерновых культур по восприимчивости к обычно-

Таблица 2

Изменения степени распространения, развития корневой гнили и урожайности зерна твердой пшеницы в зависимости от вариантов опыта и фонов питания (2015–2020 гг.)

Вариант опыта, предшественник	Год						Среднее
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
I. Черный кулисный пар (контроль)	<u>38,2</u> ² 35,3	<u>47,4</u> 46,3	<u>27,8</u> 25,5	<u>48,5</u> 45,3	<u>36,4</u> 28,7	<u>45,3</u> 44,2	<u>40,6</u> ¹ 37,5
	<u>18,2</u> 17,1	<u>21,2</u> 20,8	<u>12,7</u> 10,4	<u>22,3</u> 20,4	<u>18,3</u> 16,5	<u>20,2</u> 19,4	<u>18,8</u> ² 17,4
	<u>0,64</u> 0,56	<u>0,48</u> 0,19	<u>0,01</u> 1,92	<u>0,46</u> 0,33	<u>1,03</u> 0,95	<u>0,86</u> 0,75	<u>0,91</u> ³ 0,78
II. Занятый пар (посев суданской травы)	<u>26,2</u> 25,3	<u>38,3</u> 37,4	<u>22,5</u> 20,6	<u>38,2</u> 37,6	<u>30,4</u> 28,6	<u>37,3</u> 35,2	<u>32,1</u> ¹ 30,8
	<u>11,0</u> 9,5	<u>19,3</u> 17,6	<u>9,8</u> 8,7	<u>19,6</u> 17,3	<u>13,7</u> 11,8	<u>16,1</u> 15,0	<u>14,9</u> ² 13,3
	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,65</u> 0,28	<u>2,01</u> 1,74	<u>0,48</u> 0,47	<u>0,28</u> 0,26	<u>0,90</u> 0,84	<u>0,76</u> ³ 0,63
III. Сидеральный пар (смешанный посев овса и гороха)	<u>27,2</u> 24,4	<u>37,2</u> 35,3	<u>18,6</u> 16,4	<u>33,2</u> 30,4	<u>26,0</u> 25,4	<u>39,5</u> 36,0	<u>30,3</u> ¹ 28,0
	<u>12,5</u> 10,6	<u>14,0</u> 13,2	<u>5,3</u> 2,1	<u>15,7</u> 13,7	<u>9,8</u> 8,6	<u>13,8</u> 13,0	<u>11,8</u> ² 10,2
	<u>0,26</u> 0,24	<u>0,51</u> 0,21	<u>2,14</u> 2,11	<u>0,50</u> 0,39	<u>0,48</u> 0,41	<u>0,86</u> 0,80	<u>0,79</u> ³ 0,69
IV. Твердая пшеница (бессменный посев)	<u>37,7</u> 36,2	<u>41,2</u> 39,5	<u>28,7</u> 17,5	<u>43,7</u> 38,2	<u>32,2</u> 30,4	<u>45,5</u> 42,7	<u>38,2</u> ¹ 34,1
	<u>16,4</u> 14,7	<u>22,8</u> 21,5	<u>8,8</u> 7,4	<u>23,8</u> 20,5	<u>13,6</u> 10,7	<u>28,6</u> 27,0	<u>19,0</u> ² 17,0
	<u>0,94</u> 0,90	<u>0,56</u> 0,20	<u>1,18</u> 1,15	<u>0,37</u> 0,29	<u>0,73</u> 0,58	<u>0,14</u> 0,10	<u>0,65</u> ³ 0,54
НСР ₀₅ ¹	1,56	0,75	7,18	3,18	5,06	1,62	1,88
НСР ₀₅ ²	0,54	0,90	1,50	1,01	1,11	0,60	0,40
НСР ₀₅ ³	0,04	0,06	0,18	0,08	0,08	0,05	0,02

* в числителе – удобренный фон питания, в знаменателе – неудобренный;

¹ распространение корневой гнили, %; ² развитие, %; ³ урожайность, т/га.

венной корневой гнили. Наибольшая степень развития поражения болезнью в междоузлиях среди культур, была выявлена у пшеницы [13]. *Bipolaris sorokiniana* – причина общей корневой гнили пшеницы, которая вызывает значительные потери урожая в странах Южной Азии [11]. В результате производства зерна твердой пшеницы отмечаются значительные потери урожая из-за болезни. Потери возрастают обычно, когда заражение заболеванием совпадает с сильной засухой [9]. Международное производство зерна твердой пшеницы снижается за счет проявления корневой гнили и периодических засух [14]. Полевые исследования, проведенные в засушливых условиях Италии на семи фермах Сицилии, показали, что полное уничтожение популяции *Bipolaris sorokiniana* в почве наблюдается после выращивания *Brassica carinata* в сравнении с бессменным посевом пшеницы. Урожайность зерна твердой пшеницы в севообороте значительно выше после внесения сидерата *Brassica* – от 9,5 до 62,2 % в отличие от монокультуры [10].

В наших исследованиях наибольшая урожайность зерна твердой пшеницы была получена в среднезасушливом 2017 г. по предшественнику сидеральный пар (овес + горох) и составила 2,14 т на удобренном и 2,11 т/га на фоне питания без удобрений. В 2020 г. наименьшая продуктивность растения в бессменном посеве и на фонах питания составила 0,14 и 0,10 т с 1 га. В среднем наибольшая урожайность зерна твердой пшеницы была получена после черного кулисного пара и на фонах питания – 0,91 и 0,78 т/га. Это объясняется действием таких факторов, как продуктивная влага и нитратный азот, которые накапливаются в черном пару. В колосе формируется щуплое зерно за счет проявления корневой гнили растения.

В результате обработки данных по корневой гнили и урожайности с помощью математического метода дисперсионного анализа (НСР₀₅ по фонов питания) установлено, что разница наиболее существенна в 2018 и 2019 гг. между II, III вариантом и контролем. Во II варианте эксперимента в сильнозасушливом 2018 г. наблюдали снижение влияния минеральных удобрений на урожайность зерна и в III, в среднезасушливом 2019 г., распространение корневой гнили. Во всех вариантах опыта отмечали существенную разность в 2019, 2020 гг. по распространению болезни и урожайности. Выявлена незначительная разность между вариантами по остальным годам.

Процентное соотношение грибов рода *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium* на сорте твердой пшеницы Оренбургская 21 менялось в зависимости от предшественников и фонов питания. По предшественникам в процентном соотношении преобладали грибы р. *Bipolaris* по сравнению с р. *Fusarium*, и уровень их составлял от 20,3 до 27,5 % после внесения минеральных удобрений и без них – от 19,5 до 25,3 % (табл. 3).

Установлено, что соотношение возбудителей корневой гнили зависит не только от предшественников севооборотов, бессменных посевов и фонов питания, но и от агрометеорологических условий вегетационного периода твердой пшеницы.

Результаты исследований по вариантам опыта математически обрабатывали с помощью множественного регрессионного анализа, при котором находили только взаимосвязь корневой гнили с температурой воздуха и урожайностью зерна твердой пшеницы.

Наибольшее влияние температуры воздуха за период вегетации твердой пшеницы на распространение корневой гнили отмечали в III варианте опыта. На удобренном фоне питания – 93,6 % при коэффициенте регрессии (b) 11,8, уровне значимости (p) – 0,002, на неудобренном соответственно 94,4; 13,8; 0,001 при оптимальном значении $p \leq 0,05$

Таблица 3

Количество изолятов видов грибов, выделенных с пораженных корней сорта Оренбургская 21 в зависимости от предшественников и фонов питания за 2015–2020 гг. (процентное соотношение)

Вид грибов	Предшественник			
	черный кулисный пар	занятый пар	сидеральный пар	твердая пшеница
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	26,0* 25,0	21,8 21,5	20,3 19,5	27,5 25,3
<i>Fusarium</i>	14,6 12,5	10,3 9,3	10,0 8,5	10,7 8,8

* в числителе – удобренный фон питания, в знаменателе – неудобренный.

Таблица 4

Влияние атмосферной температуры и корневой гнили на выход зерна твердой пшеницы (2015–2020 гг.)

Показатель*	Вариант опыта**											
	I			II			III			IV		
Коэффициент регрессии	12,0 13,6	4,8 5,7	-1,6 -1,5	11,0 10,8	6,0 5,8	-1,4 -1,3	11,8 13,8	5,0 6,3	-0,6 -0,6	9,4 13,2	11,3 11,4	-0,5 -0,4
Доля влияния фактора, %	77,1 77,3 1	66,6 75,6 2	88,4 91,8 3	83,2 86,1 1	70,8 77,1 2	61,3 70,3 3	93,6 94,4 1	59,3 70,0 2	16,0 16,8 3	69,0 72,2 1	80,3 81,8 2	80,0 89,7 3

* $p \leq 0,05$; ** в числителе – удобренный фон питания, в знаменателе – неудобренный; ¹ влияние температуры воздуха на распространение корневой гнили, %; ² влияние температуры воздуха на развитие, %; ³ влияние развития корневой гнили на урожайность зерна, %.

(табл. 4).

По результатам исследований, температура воздуха в вегетационном периоде имеет наибольшее влияние на развитие болезни в бессменном посеве твердой пшеницы и на фонах питания равняется 80,3 и 81,8 %. Статистическая обработка результатов распространения и развития корневой гнили в зависимости от температуры воздуха показала во всех вариантах опыта положительные данные регрессии от 4,8 до 13,8 и уровня значимости от 0,001 до 0,07. Данные результаты указывают на наилучшую зависимость корневой гнили от температуры воздуха в посевах растения на фоне без минеральных удобрений, что говорит о связи их с питательным режимом почвы.

Максимальное влияние корневой гнили на урожайность зерна твердой пшеницы наблюдалось в I и IV вариантах на удобренном (88,4; 80,0 %) и неудобренном (91,8; 89,7 %) фонах питания при критерии значимости 0,005; 0,016 и 0,003; 0,004, что объясняется хорошей связью между факторами. Коэффициент регрессии по данному наблюдению имеет отрицательные значения по сравнению с другими показателями. Наименьшее влияние болезни на продуктивность культуры отмечали после сидерального пара в шестипольном севообороте и на фонах питания – 16,0 и 16,8 % при уровне значимости 0,43 и 0,41, что представляет незначимую связь между признаками.

В результате математической обработки данных устанавливается сильная связь между развитием корневой гнили и урожайностью зерна твердой пшеницы после черного пара в севообороте и бессменном посеве. В связи с этим для снижения пораженности посевов твердой пшеницы корневой гнилью в сельскохозяйственном производстве рекомендуем высевать семена после сидерального пара в севообороте без применения минеральных удобрений.

Заключение. Урожайность зерна твердой пшеницы зависит от пораженности корневой гнилью, предшественников севооборотов, бессменного посева, фонов питания и агрометеорологических условий Оренбургского Предуралья.

В результате проведенной статистической обработки данных выявляется наилучшая связь между температурой воздуха и корневой гнилью, которая наблюдается на фонах питания по распространению в III (93,6 и 94,4 %) и развитию (80,3 и 81,8 %) в IV вариантах опыта. При положительных результатах множественного регрессионного анализа устанавливается значимая зависимость корневой гнили от температуры воздуха на неудобренном фоне питания. Наибольшее влияние развития корневой гнили на урожайность зерна твердой пшеницы отмечается после предшественника черный пар на фоне питания с удобрениями (88,4 %) и без них (91,8 %) в севообороте и соответственно 80,0 и 89,7 % в бессменном посеве. Урожайность 0,79 и 0,69 т с 1 га зависит в малой степени от развития болезни после сидерального пара в севообороте и ведет к незначимой (16,0 и 16,8 %) взаимосвязи. Посев твердой пшеницы, размещенный в I, II и IV вариантах опыта, сильнее поражается корневой гнилью. В III варианте опыта наблюдается незначительное влияние развития корневой гнили на урожайность зерна твердой пшеницы. В бессменном посеве происходит снижение урожайности от сильного развития болезни. Внесение минеральных удобрений приводит к увеличению распространения и развития корневой гнили твердой пшеницы в засушливых условиях Оренбургской области.

Научно-исследовательская работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 0761-2019-0003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агротехнологии и развитие корневой гнили на яровой пшенице в лесостепи Омской области / А. В. Ломановский [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (24). С. 26–33.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. – 350 с.
3. Источники устойчивости яровой пшеницы к корневым гнилям /А. И. Кинчаров [и др.] // Защита и карантин растений. – 2012. № 7. С. 22–24.
4. Корневые гнили яровой пшеницы в условиях региональных агротехнологий / В. В. Евсеев [и др.] // Вестник Курганского государственного университета. 2017. № 4 (47). С. 33–37.
5. Максютов Н. А., Жданов В. М., Абдрашитов Р. П. Повышение плодородия почвы, урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах степной зоны Южного Урала. Оренбург: ОНИИСХ, 2012. 316 с.
6. Нестеров А. Н., Хацкевич Л. К. Этиология корневой гнили яровой пшеницы в экологических зонах Южного Урала // Защита сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков. Л.: Колос, 1991. С. 61–65.
7. Нижагадзе Т. С. Эффективность предпосевной обработки семян в защите яровой пшеницы от корневых гнилей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 10 (96). С. 14–18.
8. Чулкина В. А. Методические указания по учету обыкновенной корневой гнили хлебных злаков в Сибири дифференцированно по органам. Новосибирск, 1972. 23 с.
9. Alahmad S., Kang Y., Dinglasan E., Mazzucotelli E., Voss-Fels K. P., Able J. A., Christopher J., Bassi F. M. and Hickey L. T. Adaptive Traits to Improve Durum Wheat Yield in Drought and Crown Rot Environments // International Journal of Molecular Sciences, 2020. Vol. 21 (15). P. 52–60.
10. Campanella V., Mandala C., Angileri V. and Miceli C. Management of common root rot and Fusarium foot rot of wheat using *Brassica carinata* break crop green manure // Crop Protection. 2020. Vol. 130. P. 105–173.
11. Hahzad A., Shamim I., Anjum M. and Ahmad I. Characterization of *Bipolaris sorokiniana* isolated from different agro-ecological zones of wheat production in Pakistan // Pakistan Journal of Botany. 2009. Vol. 41 (1). P. 301–308.
12. Wildermuth G. B. and McNamara R. B. Effect of cropping history on soil populations of *Bipolaris sorokiniana* and common root rot of wheat // Australian Journal of Agricultural Research, 1991. Vol. 42 (5). P. 779–790.
13. Wildermuth G. B. and McNamara R. B. Susceptibility of winter and summer crops to root and crown infection by *Bipolaris sorokiniana* // Plant Pathology. 2007. Vol. 36 (4). P. 481–491.
14. Yousfi E. I. and Yousfi E. I. Assessment of severity and tolerance of a Moroccan collection of durum wheat to root rot disease Revue

REFERENCES

1. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties. Moscow: *Alliance*; 2011. 350 p. (In Russ.).
2. Evseev V. V., Porsev I. N., Malinnikov A. A., Subbotin I. A., Isaenko V. A. Root rot of spring wheat in conditions of regional agrotechnologies. *Bulletin of Kurgan State University*. 2017;4(47):33–37. (In Russ.).
3. Kincharov A. I., Demina E. A., Abdryaeva O. F., Mikhilchenko L. M. Sources of spring wheat resistance to root rot. *Protection and quarantine of plants*. 2012;(7):22–24. (In Russ.).
4. Lomanovsky A.V., Korchagina I. A., Yushkevich L.V., Malinina A. I. Agrotechnologies and development of root rot on spring wheat in the forest-steppe of the Omsk region. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*. 2016;4(24):26–33. (In Russ.).
5. Maksyutov N. A., Zhdanov V. M., Abdrashitov R. R. Increasing soil fertility, productivity and quality of agricultural crops in field crop rotations of the steppe zone of the Southern Urals. Orenburg: ONIISKH; 2012. 316 p. (In Russ.).
6. Nesterov A. N., Khatskevich L. K. Etiology of root rot of spring wheat in ecological zones of the Southern Urals. Protection of agricultural crops from pests, diseases and weeds. Leningrad: Kolos; 1991. P. 61–65. (In Russ.).
7. Nizharadze T. S. The effectiveness of pre-sowing seed treatment in protecting spring wheat from root rot. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2012; 10(96):14–18. (In Russ.).
8. Chulkina V. A. Methodological guidelines for the accounting of ordinary root rot of cereals in Siberia differentiated by organs. Novosibirsk; 1972. 23 p. (In Russ.).
9. Alahmad S., Kang Y., Dinglasan E., Mazzucotelli E., Voss-Fels K.P., Able J.A., Christopher J., Bassi F.M., Hickey L.T. Adaptive traits to improve durum wheat yield in drought and crown rot environments. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;2(15):5260–5268.
10. Campanella V., Mandala C., Angileri V., Miceli C. Management of common root rot and Fusarium foot rot of wheat using *Brassica carinata* break crop green manure. *Crop Protection*. 2020;130:105073–105080.
11. Hahzad A., Shamim I., Anjum M., Ahmad I. Characterization of *Bipolaris sorokiniana* isolated from different agro-ecological zones of wheat production in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 2009;41(1): 301–308.
12. Wildermuth G. B., McNamara R. B. Effect of cropping history on soil populations of *Bipolaris sorokiniana* and common root rot of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1991;42(5):779–790.
13. Wildermuth G. B., McNamara R. B. Susceptibility of winter and summer crops to root and crown infection by *Bipolaris sorokiniana*. *Plant Pathology*. 2007;36(4):481–491.
14. Yousfi E. I., Yousfi E. I. Assessment of severity and tolerance of a Moroccan collection of durum wheat to root rot disease. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*. 2014;(5):17–30.

Статья поступила в редакцию 13.05.2021; одобрена после рецензирования 15.05.2021; принята к публикации 20.05.2021.
The article was submitted 13.05.2021; approved after reviewing 15.05.2021; accepted for publication 20.05.2021.