

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ В АГРОФИТОЦЕНОЗЕ ПШЕНИЦЫ ЯРОВОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. А. Корчагина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, korchagina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0001-5188-7148;

Л. В. Юшкевич, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией ресурсосберегающих агротехнологий, yushkevitchLV@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6203-1078
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», 644012, г. Омск, пр-кт Королева, 26, т. +7(3812) 77-69-90; e-mail: 55asc@bk.ru

Инфицированность культуры – стрессовый фактор для растений. Развитие и распространение грибных фитопатогенов (*Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria* и др.) корневой системы приводит к существенному снижению не только количественных, но и качественных параметров урожайности сельскохозяйственных культур. В статье представлены данные (2011–2018 гг.) по изучению подземных органов растений пшеницы яровой при поражении корневыми гнилями различной этиологии в зависимости от предшественников, агротехнологий и средств защиты растений. В условиях Омской области введение рапса в полевые севообороты оправдано. Культура положительно влияет на улучшение фитосанитарного состояния почвы и посевов. Выявлено, что наибольшее распространение инфекции на корневой системе растений отмечается на пшенице после пара (35–46 %), минимальное – после рапса (7–16 %). Семена мятликовых сорняков при почвозащитной обработке сосредоточены в самом верхнем (0–10 см) слое почвы. Повышенная засоренность агрофитоценоза снижает конкурентность культурных растений, и, как следствие, возрастает засоренность почвы конидиями *B. sorokiniana*, создавая неблагоприятные условия для развития пшеницы яровой, особенно в начальный период произрастания. Наибольшую урожайность культуры, независимо от предшественника, в среднем по вариантам интенсификации обеспечила отвальная обработка почвы – 3,02 (пшеница после пара); 2,60 (пшеница по пшенице) и 2,15 т/га (пшеница после рапса). При почвозащитной обработке отмечается снижение урожайности зерна на 0,20 (пшеница после пара); 0,22 (пшеница по пшенице) и 0,12 (пшеница после рапса) т/га соответственно в сравнении с отвальной технологией. При внесении удобрений и гербицидно-фунгицидной обработки посевов в период вегетации растений различие между агротехнологиями сглаживается. Комплексное применение средств химизации снижает инфицированность агрофитоценоза на 7–11 % и повышает урожайность зерна пшеницы яровой до 4,14 т/га (на 98 %) относительно экстенсивной агротехнологии.

Ключевые слова: пшеница яровая, почва, корневая гниль, агротехнология, урожайность.

Для цитирования: 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.



FEATURES OF ROOT ROT DEVELOPMENT IN THE SPRING WHEAT AGROPHYTOCENOSIS UNDER VARIOUS AGRICULTURAL TECHNOLOGIES IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

I. A. Korchagina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for microbiology, korchagina@anc55.ru, ORCID ID 0000-0001-5188-7148;

L. V. Yushkevich, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory for resource saving agrotechnologies, yushkevitchLV@yandex.ru, ORCID ID 0000-0002-6203-1078
Federal State Budgetary Research Institution "Omsky Agricultural Research Center", 644012, Omsk, Korolev Str., 26; tel: +7(3812) 77-69-90; e-mail: 55asc@bk.ru

Crop infection is a stress factor for plants. The development and spread of fungal phytopathogens (*Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*, etc.) of the root system leads to a significant decrease in both quantitative, and qualitative parameters of grain crop productivity. The current paper has presented the data (2011–2018) on the study of subsoil parts of spring wheat plants when they are damaged by root rots of various etiologies, depending on the forecrops, agricultural technology and plant protection products. In the conditions of the Omsk region, the introduction of rapeseed into field crop rotations is justified. The grain crop has a positive effect on improving the phytosanitary condition of the soil and crops. There has been established that the greatest spread of infection on the root system of plants is identified on wheat sown in fallow (35–46 %), the minimum spread after rapeseed (7–16 %). Seeds of bluegrass weeds during protective tillage are concentrated in an uppermost (0–10 cm) soil layer. The increased weed infestation of agrophytocenosis reduces the competitiveness of cultivated plants and, as a result, the population of *B. sorokiniana* conidia in soil increases, creating unfavorable conditions for spring wheat development, especially during the initial period of growth. The highest crop productivity, regardless of a forecrop, mean for intensification options, was provided by moldboard tillage with 3.02 t/ha (wheat sown in fallow); 2.60 t/ha (wheat sown after wheat) and 2.15 t/ha (wheat sown after rapeseed). With a protective tillage, there was grain productivity decrease on 0.20 t/ha (wheat sown in fallow); 0.22 t/ha (wheat sown after wheat) and 0.12 t/ha (wheat sown after rapeseed) t/ha, respectively, in comparison with

a moldboard technology. When fertilizing and herbicidal-fungicidal treatment of sowings during a vegetation period of plants, there is a slight difference between agricultural technologies. The complex use of chemicals reduces the infection of agrophytocenosis on 7–11 % and increases spring wheat productivity upto 4.14 t/ha (on 98 %) relative to extensive agricultural technology.

Keywords: spring wheat, soil, root rot, agricultural technology, productivity.

Введение. Пшеница яровая в Омском регионе занимает доминирующую (до 70–75 %) площадь в структуре зерновых культур, причем наиболее распространенные почвенные инфекции, особенно на повторных и бессменных посевах, ежегодно причиняют заметный ущерб урожайности и качеству зерна.

Согласно исследованиям многих ученых: Марьина-Черных О.Г. (2016), Торопова Е.Ю. (2018, 2020), Гаврилова О.П. и др. (2022), занимающихся вопросами корневой гнили, заболевание встречается повсеместно на посевах зерновых культур, оно вредоносно, особенно при поражении проростков агрокультур. Гибель всходов в прохладную весну может достигать более 35 %. Пораженные растения отстают в росте, образуют щуплое неполновесное зерно и низковсхожие семена.

Исследования Ломановского А.В. и др. (2016), Разиной А.А. и Дятловой О.Г. (2018) в различных почвенно-климатических зонах России показали, что общая зараженность и инфицирование семян комплексом патогенов при фитопатологическом анализе достигают 70–100 %. Довольно часто на одном семени наблюдается присутствие представителей микобиоты разных родов при доминировании грибов из родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium* (потенциальные возбудители микотоксикозов). По развитию и вредности корневой гнили особо выделена гельминтоспориозная (возбудитель – *Bipolaris sorokiniana*) и фузариозная (возбудители – *Fusarium* sp.).

Наблюдениями Тороповой Е.Ю. и др. (2018), Юшкевича Л.В. и др. (2021) установлено, что в черноземных почвах Западной Сибири отмечается высокая численность популяции возбудителей инфекций как в семенах пшеницы яровой, так и в корнеобитаемом слое почвы.

Исследования Глинушкина А.П. и др. (2018) в пяти зерновых регионах России выявили, что состав возбудителей фузариоза на зерновых культурах представлен широко распространенными и редкими видами грибов. Наблюдается однотипность *Fusarium* sp., что обусловлено восприимчивостью агроценозов к почвообитающим микромицетам.

Существуют данные, что высокая степень инфицированности сибирских почв и агрофитоценозов зерновых культур приводит к заметному ухудшению системообразующих элементов структуры урожая, качества конечной продукции, загрязнению ее фитопатогенами. Выявлено, что усилению развития корневых болезней зерновых агроценозов способствует насыщение полевых севооборотов более восприимчивыми культурами (ячмень, пшеница яровая и озимая, рожь и др.), а также расширение повторных посевов в полевых

севооборотах и отсутствие фитосанитарных предшественников. На инфицированных послеуборочных остатках, стерне, мульче, дикорастущих злаках, сорняках и в верхнем слое почвы в сибирских климатических условиях возбудители корневых гнилей в виде хламидоспор и конидий сохраняют жизнеспособность 3–5 лет и более.

При почвозащитной и «нулевой» технологиях, преобладающих в засушливых агроландшафтах Западной Сибири, мятликовые сорняки (сорнополевое просо, овсюг, щетинник) занимают в структуре агроценоза более 60 %. Данные виды являются основным источником инфекций в полевых севооборотах, что приводит к ежегодному, в отличие от листостеблевых инфекций, поражению корневой системы растений (Торопова и др., 2018).

Цель исследований: установить особенности поражения растений пшеницы яровой корневыми гнилями в зависимости от предшественников (пар чистый, пшеница яровая, рапс), системы обработки почвы (отвальная, плоскорезная) в севооборотах при применении средств интенсификации (гербициды, удобрения, фунгициды, ретарданты).

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в Омском АНЦ в 2011–2018 гг. в стационарном 5-польном зернопаровом (пар черный – пшеница яровая – пшеница яровая – пшеница яровая – ячмень яровой) и 4-польном плодосменном (рапс – пшеница яровая – соя – пшеница яровая) севооборотах лесостепной зоны в лаборатории ресурсосберегающих агротехнологий. Проведена сравнительная оценка предшественников (пар чистый, пшеница яровая, рапс) пшеницы яровой, обработки почвы (отвальная на глубину 20–22 см, плоскорезная на глубину 10–12 см), комплексной химизации (контроль (без химизации), гербициды + удобрения, гербициды + удобрения + фунгициды + ретарданты) на инфицированность посевов и урожайность зерна. Агротехника в опыте зональная. Повторность 4-кратная. Пшеницу яровую сорта Омская 36 высевали ПК «Salford», обеспечивающим более равномерное распределение семян по глубине (5–7 см) и площади питания растений. Способ посева рядовой (ширина междурядий 15 см) с подрезанием сорной растительности стрелчатыми лапами.

Почва лугово-черноземная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса до 7–8 %. Степень заболевания восприимчивых органов корневой системы пшеницы яровой проведена по свежим, не высохшим образцам, когда пигментация пораженной ткани проявляется ярче (по методике Чулкиной В.А. (2017)), вычисляли отдельно по каждому органу (эпикотиль, основание стебля).

Развитие болезни (R, %), или степень поражения – качественный показатель проявления болезни. Распространение (P, %), или частота встречаемости – количество больных растений по отношению к общему количеству растений в варианте:

$$R = 100 \cdot \Sigma(a \cdot b) / n; P = 100 \cdot a / n,$$

где 100 – перевод показателя в проценты, $\Sigma(a \cdot b)$ – сумма произведений количества больных растений (a) на соответствующий балл поражения (b), n – общее количество больных и здоровых растений при проведении анализа.

Погодные условия 2011–2018 гг. по данным метеостанции города Омска были характерными для континентального климата южной лесостепной зоны. Осадки в течение вегетации

распределялись неравномерно. ГТК в вегетационный период был более благоприятным в 2011, 2013, 2016 и 2018 гг. (0,99–1,09) и засушливым (0,68–0,70) в 2012, 2014, 2017 годах.

Результаты и их обсуждение. Рациональный полевой севооборот – основа адаптивно-ландшафтной системы зонального земледелия. При оптимальном подборе и чередовании предшественников в полевом севообороте снижается инфицированность агрофитоценоза, повышается продуктивность и выход зерна с 1 га пашни (Ломановский и др., 2016).

Наименьшее развитие корневой гнили отмечено в среднем по обработкам почвы на варианте комплексной химизации (2,5; 1,0 и 0,1 %) или в 1,3–6,0 раз ниже в сравнении с контролем как на пшенице по пару, так и на пшенице после пшеницы и рапса (рис. 1 и 2).

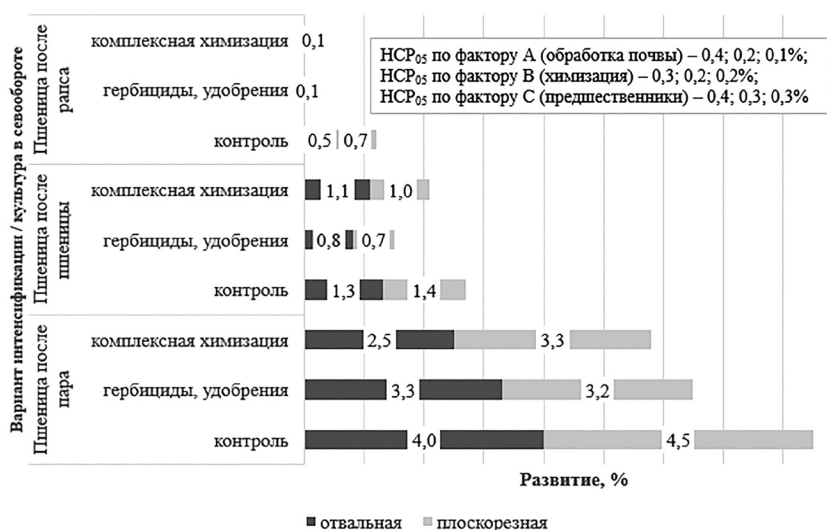


Рис. 1. Развитие корневой гнили на пшенице мягкой яровой в зависимости от агротехнологии возделывания и предшественника (2011–2015 гг.)

Fig. 1. Root rot development on spring bread wheat depending on the cultivation agricultural technology and a forecrop (2011–2015)

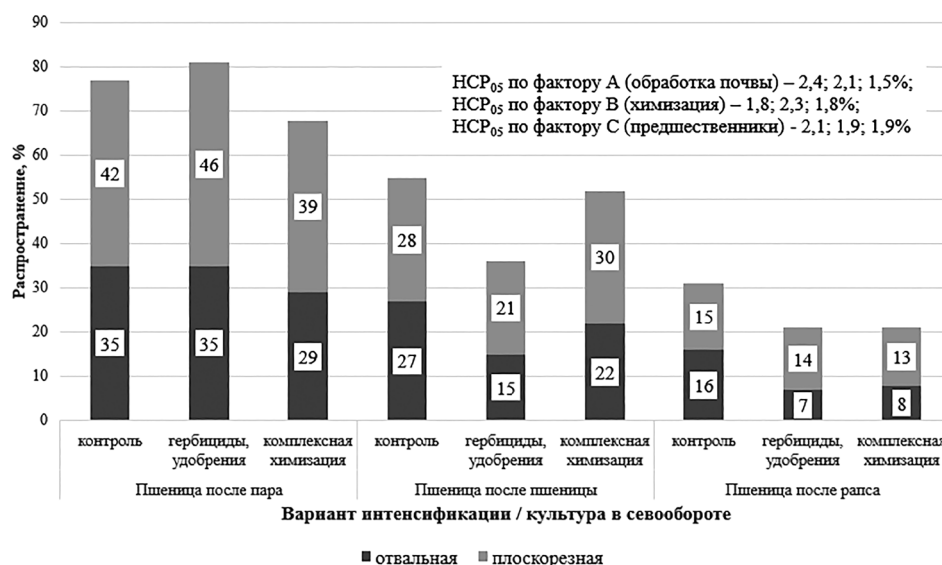


Рис. 2. Распространение корневой гнили на пшенице мягкой яровой в зависимости от агротехнологии возделывания и предшественника (2011–2015 гг.)

Fig. 2. Root rot spread on spring bread wheat depending on the cultivation agricultural technology and a forecrop (2011–2015)

Наблюдениями установлено, что обработка посевов пшеницы яровой гербицидами в сочетании с удобрениями способствовала снижению численности сорного компонента агрофитоценоза как одного из источников инфекции в 1,1–2,3 раза. В варианте с отвальной обработкой почвы с заделкой растительных остатков отмечается усиление разложения биомассы и уменьшение численности патогенов.

Выявлено, что на плоскорезной обработке почвы в полевых севооборотах повышается количество растительных остатков и, как следствие, распространение корневой гнили практически не снижается в зависимости от уровня применения средств интенсификации, включая удобрения. В засушливых почвенно-климатических зонах Западной Сибири при плоскорезной обработке почвы увеличивается засоренность агрофитоценоза и, как следствие, снижается конкурентность культурных растений, возрастает заселенность конидиями *B. sorokiniana*, создавая неблагоприятные условия для развития пшеницы яровой, особенно в начальный период произрастания. Наибольшее распространение инфекции на корневой системе культуры отмечено на пшенице после пара – до 39–46 %, минимальное – после рапса – 13–14 % при снижении поражения растений в 3,0–3,3 раза.

В зернопаровом и плодосменном севооборотах при насыщении посевов зерновыми культурами происходит накопление инфекции. Отмечается, что пшеница, возделываемая после чистого пара, в наибольшей степени поражена (2,5–4,5 % (развитие) и 29–46 % (распространение)) заболеванием. В паровом поле зараженные растительные остатки разлагаются ускоренно, но микоспоры грибов (*Helminthosporium*, *Fusarium*) остаются в почве, в дальнейшем паразитируя на культурных растениях. Пшеница же после рапса имеет сниженное развитие (0,1–0,7 %) и распространение (7–16 %) инфекции на корневой системе, то есть рапс способствует подавлению патогенной микрофлоры, что улучшает фитосанитарное состояние верхнего слоя почвы.

Проведенные исследования показали, что предшественники оказывают решающее влияние на численность конидий *B. sorokiniana*. Однако однократное введение фитосанитарных предшественников не обеспечивает в полной мере оптимизацию фитосанитарного состояния почвы. Приемы ее обработки влияют на состояние микрофлоры. При отвальной обработке почвы конидии возбудителя корневой гнили (*B. sorokiniana*) в основном сосредоточены в подповерхностном (11–20 см) слое почвы. При плоскорезной обработке конидии в большей мере концентрируются в самом верхнем (0–10 см) слое почвы. Вследствие этого при прямом посеве по стерне в 2,5–7 раз сильнее поражаются первичные корни, чем подземные (эпикотиль) и надземные (основание стебля) органы. Прямой посев обеспечивает стабили-

зацию урожайности пшеницы яровой в аридных зонах рискованного земледелия, причем его преимущество проявляется в более засушливые годы (Торопова Е. Ю., 2017).

Исследования Коробовой Л. Н. (2016), Марьиной-Чермных О. Г. (2016), Shuliko N. N. и др. (2022) в лесостепи Западной Сибири и в Марийской низменности показали, что продукты обмена веществ (экзометаболиты) при корневых выделениях культуры в окружающую среду играют значительную роль в популяционных взаимодействиях, являются пищей для агрономически ценной микобиоты почвы. Колонизируя корневую систему, данные естественные обитатели почвы развиваются по всей поверхности корня, подавляя фитопатогенные микроорганизмы. Одновременно бактерии улучшают рост растений, проявляя ростостимулирующий и иммуномодулирующий эффект, обладают активным антагонизмом к фитопатогенам, способны утилизировать токсины (последствия химических обработок). В удобренных вариантах преобладали грибы рода *Trichoderma*, обладая высокой антагонистической активностью в отношении широкого спектра возбудителей грибных болезней.

Гилев и др. (2019) отмечают, что на степень заселенности почвы патогенами в условиях Курганской области во многом влияет технология возделывания пшеницы, базовым элементом которой является обработка почвы. Так, численность патогенных грибов в вариантах с отвальной технологией, с более благоприятным азотным питанием возрастала, тогда как на безотвальной обработке она практически не изменилась. При освоении в зернопаровых севооборотах ресурсосберегающих агротехнологий в первые годы отмечается повышение численности вредоносных патогенов в верхнем слое почвы с тенденцией дальнейшего снижения.

В наших исследованиях выявлено, что комплексное применение средств интенсификации при возделывании пшеницы яровой способствует не только существенному повышению урожайности зерна, но и подавлению развития (до 0,1 %) и распространения инфекции (до 7 %), особенно на пшенице после рапса. Установлено, что из органов корневой системы пшеницы яровой наибольшее поражение корневыми гнилями отмечается у эпикотиля, который более инфицирован, чем основание стебля растений – в 1,8–4,8 раза. Возделывание культуры после рапса способствует существенному уменьшению как развития, так и распространения болезней корневой системы растений.

Урожайность пшеницы яровой во многом определялась предшественником, системой обработки почвы в севообороте и применением удобрений с гербицидно-фунгицидной обработкой посевов в период вегетации растений (рис. 3).

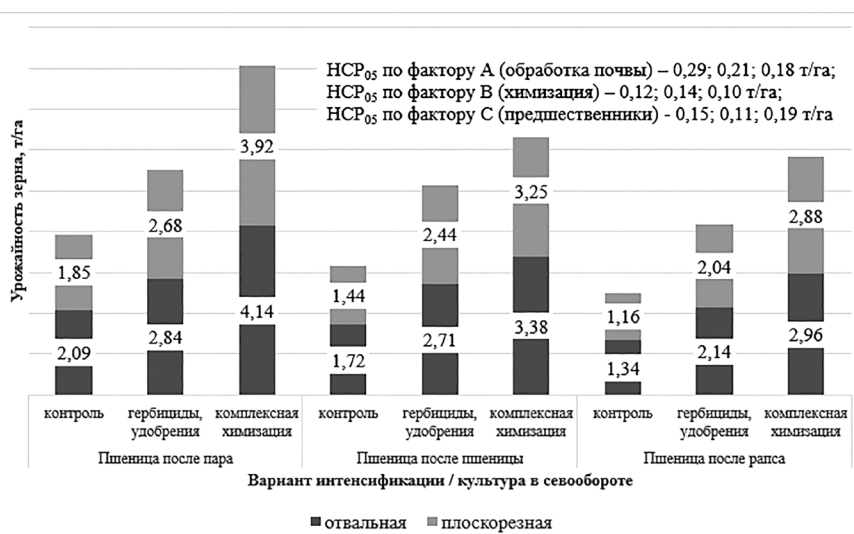


Рис. 3. Урожайность зерна пшеницы мягкой яровой (т/га) в зависимости от агротехнологий (2011–2018 гг.)
Fig. 3. Grain productivity of spring bread wheat (t/ha) depending on agricultural technologies (2011–2018)

Установлено, что на экстенсивной (без удобрений и средств защиты растений) агротехнологии наибольшая урожайность пшеницы яровой по пару получена на отвальной обработке почвы – 2,09 т/га с превышением над плоскорезной на 0,24 т/га (13,6 %), что объясняется снижением засоренности агрофитоценоза и оптимизацией азотного питания растений. На удобренном варианте засоренность агрофитоценоза пшеницы яровой заметно возросла. Проведение гербицидной прополки посевов обеспечило прибавку зерна (относительно контроля) на 0,75 и 0,83 т/га (36 и 45 %). Фунгицидная обработка пшеницы яровой в фазу «выход в трубку – колошение» улучшила фитосанитарное состояние посевов, более длительное время сохранялась листовая пластинка верхнего яруса, что способствовало увеличению продуктивности культуры до 2,07 т/га.

У пшеницы яровой, возделываемой повторно, существенно снижается урожайность зерна из-за ухудшения плодородия почвы, повышения засоренности и высокой численности популяции патогенов.

В условиях вегетационных периодов 2011–2018 гг. пшеница после зернового предшественника снижала урожайность на 0,43 т/га (17,2 %) по отношению к пшенице, размещенной по пару. Ежегодная отвальная обработка способствовала увеличению урожайности зерна пшеницы после пшеницы на 0,23 т/га (9,2 %) в сравнении с плоскорезной. Прибавка зерна на варианте с применением гербицидов и удобрений составила до 0,99 т/га, от совместного действия с фунгицидом – до 1,66 т/га по сравнению с контролем.

Ведущая роль в регулировании засоренности агрофитоценоза принадлежит агротехнологии возделывания пшеницы яровой. Рапс, занимающий в регионе более 70 тыс. га, обогащает почву органическими остатками и по-

давляет развитие корневых гнилей, повышая урожайность последующих зерновых культур до 15–20 % (Юшкевич и др., 2021).

Урожайность пшеницы после рапса и пшеницы после пшеницы заметно различалась. При повторном посеве агрокультуры урожайность в среднем по опыту составила 2,49 т/га, по рапсу – 2,09 т/га, при этом на пшенице после рапса отмечено снижение (почти в 10 раз) поражения растений корневой гнилью.

Исследованиями установлено, что урожайность пшеницы по рапсу в контрольном варианте составила только 1,16–1,34 т/га. Обработка посевов гербицидами на удобренном фоне способствовала повышению урожайности зерна на 0,80–0,88 т/га (60–76 %). Комплексное сочетание удобрений, гербицидов и фунгицидов увеличило урожайность зерна культуры до 1,62–1,72 т/га (121–148 %) в сравнении с экстенсивным вариантом.

Выводы. В условиях Западной Сибири введение рапса в полевые севообороты оправдано. Культура положительно влияет на улучшение фитосанитарного состояния почвы и посевов. Более высокое распространение инфекции на корневой системе пшеницы яровой отмечается на пшенице после пара (35–46 %), минимальное – после рапса (7–16 %).

Наибольшая урожайность зерна пшеницы яровой, независимо от предшественника, на экстенсивной агротехнологии обеспечивает отвальная обработка почвы – 1,16–2,09 т/га. При комплексном применении средств интенсификации с внесением удобрений различия между агротехнологиями сглаживаются.

Применение удобрений и средств защиты растений снижает инфицированность агрофитоценоза относительно экстенсивной (без удобрений и средств защиты растений) агротехнологии на 7–11 % и повышает урожайность зерна пшеницы яровой до 4,14 т/га.

Библиографические ссылки

1. Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Орина А. С., Гогина Н. Н. Разнообразие грибов рода *Fusarium* и их микотоксинов в зерне из азиатской части России // Микология и фитопатология. 2022. Т. 56, № 3. С. 194–206. DOI: 10.31857/S0026364822030035.
2. Гилев С. Д., Цымбаленко И. Н., Копылов А. Н., Ефремов В. П. Приемы биологизации при возделывании яровой пшеницы в ресурсосберегающих технологиях Зауралья // Плодородие. 2019. № 3 (108). С. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.13.
3. Глинушкин А. П., Овсянкина А. В., Киселева М. И., Коломиец Т. М. Распространение грибов рода *Fusarium* link. на зерновых культурах // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 19–25.
4. Коробова Л. Н. Особенности развития и антагонистического контроля *Fusarium culmorum* при разных способах обработки почвы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2016. № 1 (38). С. 52–57.
5. Ломановский А. В., Корчагина И. А., Юшкевич Л. В., Малинина А. И. Агротехнологии и развитие корневой гнили на яровой пшенице в лесостепи Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 4(24). С. 26–33.
6. Марьяна-Чермных О. Г. Возможность использования почвенных грибов для биологической борьбы с корневыми гнилями зерновых культур // Вестник Марийского государственного университета. 2016. Т. 2, № 2 (6). С. 33–37.
7. Разина А. А., Дятлова О. Г. Применение фунгицидов и регулятора роста растений для предпосевной обработки семян яровой пшеницы в Иркутской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 67–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-67-71.
8. Торопова Е. Ю., Селюк М. П., Казакова О. А. Факторы доминирования грибов рода *Fusarium* в патоккомплексе корневых гнилей зерновых культур // Агрохимия. 2018. № 5. С. 69–78. DOI: 10.7868/S0002188118050101.
9. Торопова Е. Ю., Соколов М. С. Роль сорта в контроле обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы // Агрохимия. 2018. № 11. С. 48–59. DOI: 10.1134/S0002188118110108.
10. Торопова Е. Ю., Стецов Г. Я., Воробьева И. Г., Сухомлинов В. Ю. Взаимодействие консортов в агроценозах яровой пшеницы Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 9. С. 35–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10907.
11. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: Учебно-практическое пособие / под ред. профессора Е. Ю. Тороповой. Барнаул, 2017. 210 с.
12. Юшкевич Л. В., Пахотина И. В., Щитов А. Г. Продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в плодосменном севообороте лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 54–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-54-60.
13. Shuliko N. N., Khamova O. F., Timokhin A. Y., Boiko V. S., Tukmacheva E. V., Krempa A. Influence of long-term intensive use of irrigated meadow-chernozem soil on the biological activity and productivity of the arable layer // Sci Rep. 2022. Vol. 12(1). P. 19755. DOI: 10.1038/s41598-022-23711-x.

References

1. Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Gogina N. N. Raznoobrazie gribov roda *Fusarium* i ikh mikotoksinov v zerne iz aziatskoi chasti Rossii [Diversity of fungi of the genus *Fusarium* and their mycotoxins in grain from the Asian part of Russia] // Mikologiya i fitopatologiya. 2022. T. 56. № 3. S. 194–206. DOI: 10.31857/S0026364822030035.
2. Gilev S. D., Tsymbalenko I. N., Kopylov A. N., Efremov V. P. Priemy biologizatsii pri vozdeleyvanii yarovoi pshenitsy v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh Zaural'ya [The study of biologization methods in the cultivation of spring wheat under the resource-saving technologies of the trans-Urals region] // Plodorodie. 2019. № 3 (108). S. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.13.
3. Glinushkin A. P., Ovsyankina A. V., Kiseleva M. I., Kolomiets T. M. Rasprostranenie gribov roda *Fusarium* link. na zernovykh kul'turakh [Distribution of fungi *Fusarium* link on grain crops] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2018. № 2. S. 19–25.
4. Korobova L. N. Osobennosti razvitiya i antagonisticheskogo kontrolya *Fusarium culmorum* pri raznykh sposobakh obrabotki pochvy [Features of development and antagonistic control of *Fusarium culmorum* under different methods of tillage] // Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet). 2016. № 1 (38). S. 52–57.
5. Lomanovskii A. V., Korchagina I. A., Yushkevich L. V., Malinina A. I. Agrotekhnologii i razvitie kornevoi gnili na yarovoi pshenitse v lesostepi Omskoi oblasti [Agrotechnologies and development of root rot on spring wheat in the forest-steppe of the Omsk region] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4(24). S. 26–33.
6. Mar'ina-Chermnykh O. G. Vozmozhnost' ispol'zovaniya pochvennykh gribov dlya biologicheskoi bor'by s kornevymi gnilyami zernovykh kul'tur [Possibility of using soil fungi for biological control of root rots of grain crops] // Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. T. 2, № 2 (6). S. 33–37.
7. Razina A. A., Dyatlova O. G. Primenenie fungitsidov i regul'yatora rosta rastenii dlya predposevnoi obrabotki semyan yarovoi pshenitsy v Irkutskoi oblasti [The application of fungicides and growth regulators for seedbed treatment of spring wheat seeds in the Irkutsk region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 67–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-67-71.
8. Toropova E. Yu., Selyuk M. P., Kazakova O. A. Faktory dominirovaniya gribov roda *Fusarium* v patokomplekse kornevykh gnilei zernovykh kul'tur [Dominance factors of fungi genus *Fusarium* in grain crops root rot pathocomplex] // Agrokhimiya. 2018. № 5. S. 69–78. DOI: 10.7868/S0002188118050101.
9. Toropova E. Yu., Sokolov M. S. Rol' sorta v kontrole obyknovennoi kornevoi gnili yarovoi pshenitsy [The role of the variety of spring wheat in root decay control] // Agrokhimiya. 2018. № 11. S. 48–59. DOI: 10.1134/S0002188118110108.

10. Toropova E. Yu., Stetsov G. Ya., Vorob'eva I. G., Sukhomlinov V. Yu. Vzaimodeistvie konsortov v agrotsenozakh yarovoi pshenitsy Zapadnoi Sibiri [Interaction of consorts in agrocenoses of spring wheat in Western Siberia] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 9. S. 35–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10907.

11. Fitosanitarnaya diagnostika agroekosistem [Phytosanitary diagnostics of agroecosystems] / pod red. professora E. Yu. Toropovoi. Barnaul, 2017. 210 s.

12. Yushkevich L. V., Pakhotina I. V., Shchitov A. G. Produktivnost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy v plodsmennom sevooborote lesostepi Zapadnoi Sibiri [Spring wheat productivity and grain quality in the crop rotation of the forest-steppe of Western Siberia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 4(76). S. 54–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-54-60.

13. Shuliko N. N., Khamova O. F., Timokhin A. Y., Boiko V. S., Tukmacheva E. V., Krempa A. Influence of long-term intensive use of irrigated meadow-chernozem soil on the biological activity and productivity of the arable layer // Sci Rep. 2022. Vol. 12(1). P. 19755. DOI: 10.1038/s41598-022-23711-x.

Поступила: 04.10.22; доработана после рецензирования: 07.12.22; принята к публикации: 07.12.22.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад: Корчагина И. А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация; Юшкевич Л. В. – подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных; Корчагина И. А., Юшкевич Л. В. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.