

Обзорная статья / Review article

УДК 632.91

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-174-181

Влияние способов обработки почвы на развитие болезней пшеницы

Артем В. Пономарев, Оксана Ю. Кремнева, Ксения Э. Гасиян, Роман Ю. Данилов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений», Краснодар, Россия

Контактное лицо

Артем В. Пономарев, старший научный сотрудник, лаборатория фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, «Федеральный государственный бюджетный научный центр биологической защиты растений»; 350039 Россия, г. Краснодар, п/о 39.
Тел. +79184753470
Email artemponomarev1989@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0514-5797>

Формат цитирования

Пономарев А.В., Кремнева О.Ю., Гасиян К.Э., Данилов Р.Ю. Влияние способов обработки почвы на развитие болезней пшеницы // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 4. С. 174-181. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-174-181

Получена 13 июля 2022 г.

Прошла рецензирование 19 октября 2022 г.

Принята 25 октября 2022 г.

Резюме

Цель. Проанализировать имеющиеся литературные данные о влиянии различных обработок почвы на развитие и распространенность возбудителей болезней пшеницы.

Обсуждение. Согласно литературным данным, существующие технологии обработки почвы: классическая, минимальная, нулевая, существенно влияют на развитие патогенов вызывающих развитие заболеваний пшеницы в различных регионах, отличающихся почвенными и климатическими условиями. В России и странах ближнего и дальнего зарубежья занимаются вопросом борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур химическими, биологическими и агротехническими методами. Несмотря на то, что в общей системе мероприятий по защите растений от повреждений агротехнические методы имеют огромное значение, долгое время агротехника, как метод защиты растений, недооценивалась. Многие приемы агротехники, а также генетика и селекция увеличивают устойчивость растений к повреждениям.

Заключение. В результате агротехнических приемов можно создавать такие условия окружающей среды, которые будут неблагоприятны для размножения болезней. В настоящее время твердо установилось мнение, что отдельно взятые, изолированные приемы не могут правильно разрешить проблему защиты растений от возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. Только комплекс методов, объединенный в систему мероприятий, дает крепкую базу для защиты растений. И в этой системе мероприятий роль агротехнических приемов чрезвычайно велика.

Ключевые слова

Отвальная обработка почвы, минимальная обработка почвы, No-Till, болезни пшеницы, развитие, распространенность.

Influence of tillage methods on the development of wheat diseases Aestivum and Fontum

Artem V. Ponomarev, Oksana Yu. Kremneva, Ksenia E. Gasiyan and Roman Yu. Danilov

Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Artem V. Ponomarev, Senior Researcher,
Laboratory of Phytosanitary Monitoring of
Agroecosystems, Federal Scientific Centre for
Biological Plant Protection; p/o 39, Krasnodar,
Russia 350039.

Tel. +79184753470

Email artemponomarev1989@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-0514-5797>

How to cite this article

Ponomarev A.V., Kremneva O.Yu., Gasiyan K.E.,
Danilov R.Yu. Influence of tillage methods on the
development of wheat diseases Aestivum and
Fontum. *South of Russia: ecology, development*.
2022, vol. 17, no. 4, pp. 174-181. (In Russian) DOI:
10.18470/1992-1098-2022-4-174-181

Received 13 July 2022

Revised 19 October 2022

Accepted 25 October 2022

Abstract

Aim. To analyze the data in the available literature regarding the effect of various tillages on the development and prevalence of wheat pathogens.

Discussion. According to the literature, the existing tillage technologies – classical, minimal and zero – significantly affect the development of pathogens that cause the development of wheat diseases in regions that differ in soil and climatic conditions. In Russia and other countries near and far, the issue of combating diseases of agricultural crops is dealt with by chemical, biological and agrotechnical methods. Despite the fact that agrotechnical methods are of the utmost importance in the general system of measures to protect plants from damage, for a long-time agricultural technology as a means of plant protection was underestimated. However, many agricultural techniques, as well as genetics and selection, increase the resistance of plants to damage.

Conclusion. As a result of these techniques, it is possible to create environmental conditions that will be unfavourable for the reproduction of diseases. At the present time, opinion is firmly established that separately undertaken, isolated methods cannot properly solve the problem of protecting plants from pathogens of agricultural crops. Only a set of methods combined into a system of measures provides a solid basis for plant protection. And in this system of measures, the role of agricultural practices is extremely large.

Key Words

Moldboard tillage, minimum tillage, no-till, wheat diseases, development, prevalence.

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница – важная сельскохозяйственная культура, обеспечивающая людей продовольствием во всём мире. В Российской Федерации в 2021 году посевные площади под пшеницу составили 28,72 млн га. Для сохранения качественного урожая пшеницы, необходимо разрабатывать эффективные схемы её защиты, учитывающие все факторы, влияющие как на почвенное плодородие, так и на фитосанитарное состояние посевов. В связи с тем, что 1 января 2020 года вступил в силу Федеральный закон №280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», вопросы, связанные с биологизацией сельского хозяйства и с обеспечением его методами для ведения органического земледелия становятся особенно актуальными.

Целью данного исследования являлся анализ имеющихся литературных данных о влиянии различных обработок почвы на развитие и распространённость возбудителей болезней пшеницы. Согласно литературным данным, существующие технологии обработки почвы: классическая, минимальная, нулевая, существенно влияют на развитие патогенов вызывающих развитие заболеваний пшеницы в различных регионах, отличающихся почвенными и климатическими условиями. В России и странах ближнего и дальнего зарубежья занимаются вопросом борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур химическими, биологическими и агротехническими методами. Несмотря на то, что в общей системе мероприятий по защите растений от повреждений агротехнические методы имеют огромное значение, долгое время агротехника, как метод защиты растений, недооценивалась. Многие приемы агротехники, а также генетика и селекция увеличивают устойчивость растений к повреждениям. В результате агротехнических приемов можно создавать такие условия окружающей среды, которые будут неблагоприятны для размножения болезней. В настоящее время твердо установилось мнение, что отдельно взятые, изолированные приемы не могут правильно разрешить проблему защиты растений от возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. Только комплекс методов, объединенный в систему мероприятий, дает крепкую базу для защиты растений. И в этой системе мероприятий роль агротехнических приемов чрезвычайно велика.

ОБСУЖДЕНИЕ

Важнейший элемент получения качественного урожая – правильно подобранная обработка почвы, так как она напрямую влияет на состояние почвы, обеспечивая её благоприятные водный, питательный, тепловой режимы, а также хорошую аэрацию. Таким образом, обеспечиваются оптимальные условия для произрастания сельскохозяйственных культур [1–3].

Изучением влияния способов обработки почвы на рост и развитие культурных растений занимаются как в России, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья. Правильно подобранная система земледелия обеспечивает борьбу с сорной растительностью, накопление и сохранение влаги, полезных микроэлементов, а также способствует восстановлению плодородного слоя, что очень важно

при выращивании сельскохозяйственных культур. При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо ориентироваться на состояние почвы, предшествующие культуры, фитосанитарное состояние и многие другие факторы, оказывающие влияние на рост и развитие культурных растений. В настоящее время применяется три основных технологии обработки почвы при возделывании пшеницы: классическая, минимальная и нулевая [4].

Классической технология возделывания пшеницы включает:

- основная обработка почвы (предшественник черный пар): лущение – внесение органических удобрений – известкование – вспашка – боронование – культивация;

- предпосевная обработка почвы и посев: внесение Р и К удобрений – предпосевная культивация – посев – прикатывание;

- уход за растениями и однофазная уборка: подкормка N удобрениями – боронование – химическая защита и подкормка – десикация – прямое комбайнирование;

- раздельная уборка и хранение.

Минимальная технология возделывания пшеницы включает:

- основная обработка почвы: уборка с соломоразбрасывателем – распределение соломы – внесение гербицида;

- посев;

- уход за посевами: химическая защита посевов и подкормка;

- однофазная или двухфазная уборка: десикация – уборка. Скашивание – обмолот с подборщиком;

- послеуборочная доработка и хранение.

Нулевая технология (No-Till) возделывания пшеницы включает:

- основная обработка почвы: уборка с соломоразбрасывателем – распределение соломы – внесение гербицида;

- посев;

- уход за посевами: химическая защита посевов и подкормка;

- однофазная или двухфазная уборка: десикация – уборка. Скашивание – обмолот с подборщиком;

- послеуборочная доработка и хранение.

Если растения недополучают все необходимые вещества из почвы, то ухудшается их общее состояние, а следовательно, снижается иммунитет, что позволяет возбудителям болезней и вредителям повреждать их. Засоренность растений так же оказывает существенное влияние на общее состояние культур восприимчивых к различным болезням. Существуют исследования, которые показывают зависимость между засоренностью почвы семенами сорных растений и применяемым на этой территории способом обработки почвы [5]. Выявлено преимущество совместного применения отвальной, мелкой безотвальной и поверхностной обработок в борьбе со снижением всхожести семян сорных растений [5]. Исследования, изучающие зависимость обработки почвы с динамикой популяций сорных растений и развития болезней, проводятся как за рубежом, так и в России.

Так, например, в США, исследования, сравнивающие влияние обработки почвы на развитие болезней и засоренность показали, что при нулевой

обработке, количество и распространённость болезней вместе с засорённостью посевов сорняками были выше, чем при вспашке [6; 7].

Обработка почвы влияла на общее количество сорняков на делянках с нулевой и классической обработкой почвы и составляло в среднем 46 широколиственных сорняков на м², и 27 на м² соответственно.

В исследованиях латвийских ученых описывается опыт влияния отвальной и безотвальной обработки почвы на развитие пятнистости листьев пшеницы [8]. Показано, что при отвальной обработке почвы развитие возбудителя желтой пятнистости было в 2 раза ниже по сравнению с безотвальной обработкой почвы: так ПКРБ (площадь кривой развития болезни) возбудителя желтой пятнистости на участке с отвальной обработкой почвы составила 70 у.е., а на участке с безотвальной обработкой почвы 130 у.е. Вспашка смягчала влияние предыдущих культур, в итоге развитие пятнистостей было ниже. Однако в этом же исследовании говорится о том, что развитие возбудителя септориоза на участках с отвальной обработкой в 2 раза выше, чем на участке с безотвальной обработкой почвы: ПКРБ 40 у.е и 20 у.е. соответственно [8].

Ряд российских исследований сравнивает различные системы обработки почвы и показывает их влияние на развитие болезней. В Кирове пораженность зерновых культур стеблевой ржавчиной и септориозом была невысокой 3,2–7,0%. Применение плоскорезной обработки повышало поражаемость стеблей и снижало урожайность пшеницы на 0,31 т/га (НСР05А = 0,29) по сравнению со вспашкой [9]. В Красноярском крае установлено положительное воздействие отвальной обработки почвы на снижение развития септориоза, по сравнению с вариантом без обработки почвы. Наибольшее развитие септориоза оказалось при возделывании пшеницы по кукурузе на неудобренном фоне без обработки почвы (31,3%), что на 16,8% больше, по сравнению с традиционной основной обработкой почвы [10]. В условиях Нечерноземья в центре точного земледелия было выявлено, что при нулевой обработке встречаемость болезней была выше, чем при вспашке, в 1,3–5,2 раза, засоренность посевов в 3–10 раз, на нескольких культурах в севообороте (пшеница, ячмень, кукуруза, люпин белый) [11].

На Северном Кавказе и в Краснодарском крае проблема заболевания пятнистостями листьев пшеницы становится всё шире [12–14], поэтому изучение влияния агротехнических приёмов на развитие болезней очень актуально для региона. Изучение степени развития листовых болезней пшеницы и степени зараженности посевов в зависимости от способа обработки почвы проводились в 2019–2020 гг. на опытных участках «КубГАУ» в г. Краснодаре. Для исследования были созданы четыре опытных участка с сортом мягкой пшеницы Степь, на которых применялись различные системы обработки почвы: No-till, безотвальная, минимальная и отвальная обработки почвы. Установлено, что наиболее предпочтительным является применение минимальной обработки почвы, так как при нем развивается наименьшее количество заболеваний и снижается степень развития возбудителей в 2–3 раза по сравнению с другими вариантами [15].

В Боттеларе (Бельгия) оценивали влияние севооборота кукуруза-пшеница на визуальные симптомы фузариоза. Это одно из наиболее вредоносных грибных заболеваний, приводящее к снижению урожайности и содержанию микотоксина в пшенице. Результаты опытов показали, что восприимчивость сортов кукурузы к фузариозу и способ уборки кукурузы оказали лишь незначительное влияние на заболеваемость и содержание микотоксина в посевах пшеницы: в последующий вегетационный период. Более важными были способ обработки почвы и устойчивость сорта пшеницы; оба фактора оказали существенное влияние на частоту возникновения фузариоза и содержание микотоксина [16].

Европейские исследования по изучению расхождения в реакциях восприимчивости генотипов пшеницы к фузариозу колоса при воздействии комбинированных методов возделывания, сортовых свойств, года и присутствия взаимодействующих видов *Fusarium* spp. как неотъемлемое целое. Это исследование предполагает, что вспашка может увеличить риск возникновения токсигенных заболеваний фузариоза колоса.

Отвальная обработка почвы привела к более различным факторам окружающей среды, чем при нулевой, что повлияло на большую изменчивость взаимосвязи между накоплением микотоксина и заражением зерна [17].

В целях оптимизации мер борьбы с болезнями в условиях Дании были исследованы устойчивость сортов к желтой пятнистости вызванной *Drechslera tritici-repentis*, методы обработки почвы и фунгициды. Полевые эксперименты подтвердили, что нулевая обработка почвы оказалась основным фактором, увеличивающим серьезность желтой пятнистости по сравнению с обычной вспашкой. Прибавка урожая от обработки фунгицидами на посевах с нулевой обработкой почвы варьировалась от 0,8 до 1,7 т/га. В экспериментах, где на поверхности оставалось большое количество пшеничной соломы, урожайность увеличивалась до 4,4 т/га за счет эффективных обработок фунгицидами [18].

В Канаде заболеваемость и степень поражения фузариозной гнили были наибольшими, когда предшественником пшеницы была кукуруза, и наименьшими, когда предшественником являлась соя. Заболеваемость была ниже на участках с отвальной обработкой почвы, чем на участках с безотвальной и no-till, хотя различия между безотвальной и нулевой обработкой не были очевидны. Урожайность пшеницы на отвальной обработке почвы была на 10% выше, чем на участках с безотвальной обработкой и no-till [19; 20]. Фермеры в Соединенных Штатах внедряют технологию нулевой обработки почвы (no-till), чтобы уменьшить эрозию почвы, улучшить качество почвы, повысить инфильтрацию воды и сократить количество проходов сельскохозяйственной техники по своим полям [21–23]. В одном из канадских исследований [24], описываются проблемы, которые могут возникнуть при внедрении нулевой и минимальной технологий обработки почвы, и делается вывод, что они эффективны в долгосрочной перспективе и приносят плоды через определённое количество времени. Возможности и проблемы нулевой обработки почвы описываются и в европейских статьях [25; 26] no-till снижает потери фосфора со стоком и, в некоторых случаях, снижает потери

нитратов из-за промывки. Выбросы парниковых газов CO_2 и N_2O из почв с нулевой обработкой сильно варьируются и зависят от сложных взаимодействий свойств почвы. Выбросы CO_2 от топлива при использовании техники всегда заметно снижается при нулевой обработке почвы.

В полевых опытах университета шт. Миннесота, США, на участках с орошением и без него изучали влияние растительных остатков предшествующих культур (кукурузы, пшеницы, сои) и способов обработки почвы (отвальная вспашка, чизелевание и нулевая обработка) на поражение пшеницы сорта Норм фузариозом колоса (ФК), вызываемым грибом *Fusarium graminearum*. Наибольшая распространенность и интенсивность развития ФК наблюдалась, когда предшественником пшеницы была кукуруза, наименьшая – по предшественнику сое. Распространенность и интенсивность развития ФК были меньше на участках с отвальной вспашкой по сравнению с чизелеванием или нулевой обработкой [27].

Исследованием развития корневых гнилей пшеницы при различных системах обработки почвы занимались ученые из РФ и других стран. В Республике Марий Эл результаты исследований показали, что дискование в отличие от вспашки и культивации способствует улучшению микромицетного состава почвы. Снижается количество патогенных грибов и увеличивается численность грибов-антагонистов в ризосфере пшеницы. Распространенность и развитие корневых гнилей при дисковании почвы снижается по сравнению с культивацией и вспашкой. По сравнению со вспашкой урожайность пшеницы выше на 0,18 т/га, а по сравнению с культивацией – на 0,43 т/га. В Днепропетровске степень поражения растений пшеницы корневыми гнилями уменьшается на участках с отвальной обработкой почвы в 1,10–1,25 раза, а также на фоне без внесения удобрений в сравнении с удобренным за счет запахивания пожнивных остатков и сокращения периода заражения растений в результате их преждевременного созревания и высыхания [28–31]. В полевых севооборотах Омской области при комплексном применении средств химизации поражение растений зерновых корневыми гнилями снижается от второй пшеницы после пара к пшенице после рапса с 48 до 26%, или в 1,1–1,8 раза и от отвальной к комбинированной обработке на 34–60% [32]. В исследованиях в южном Квинсленде (Австралия) заболеваемость пшеницы корневыми гнилями вызываемыми *Fusarium graminearum* и *Bipolaris sorokiniana*, характерных для этой местности, рассматривалась на трех обработках почвы: отвальная, безотвальная, с сохранением стерни или ее сжиганием. При отсутствии обработки почвы заболеваемость корневыми гнилями была значительно выше при сохранении стерни (32,2%), чем при ее сжигании (4,7%), тогда как при безотвальной обработке не было существенной разницы в уровне заболеваемости между обработками стерни (12–17%). На заболеваемость корневой гнилью тип обработки почвы не влиял [33]. Также методы борьбы с корневыми гнилями рассматривали в тропических и субтропических высокогорьях мира. В данном исследовании представлены два типа обработки почвы: отвальная и no-till. Значительно более высокая заболеваемость корневыми гнилями была обнаружена в пшенице при

no-till, чем при отвальной обработке почвы. А вот в центральных районах Мексики, положительный эффект наблюдался при нулевой обработке почвы, севообороте и сохранении пожнивных остатков по сравнению с обычными методами ведения сельского хозяйства [34].

Результаты исследований не однозначны. В одних распространенность и развитие корневых гнилей при дисковании почвы снижается по сравнению с культивацией и вспашкой, а на нулевой обработке наоборот повышаются. В других наоборот отвальная обработка почвы показала более высокие показатели борьбы с корневыми гнилями пшеницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав исследования в области влияния обработки почвы на развитие болезней пшеницы пришли к выводу, что единого мнения о наиболее оптимальном способе обработки почвы нет. Ряд исследований показывает влияние отвальной и безотвальной обработки почвы, климатических условий, предшественника на развитие листовых пятнистостей, корневых гнилей и фузариоза колоса пшеницы.

В публикациях демонстрируется, что при нулевой обработке встречаемость и развитие болезней выше, чем при вспашке на нескольких культурах в севообороте основных сельскохозяйственных культур. В работах описываются проблемы, которые могут возникнуть при внедрении нулевой и минимальной технологий обработки почвы, и возможность эффективного использования их в долгосрочной перспективе через определенное количество времени.

Недостаточно исследований, изучающих влияние агротехнического метода комплексно, где учитывается максимальное количество факторов и рассматриваются все системы обработки почвы, поэтому исследования в этой области всё ещё актуальны.

Конечно, различие результатов связано с климатическими и почвенными особенностями регионов, поэтому необходимо проводить исследования для каждого из них. В Краснодарском крае исследования по влиянию способов обработки почвы на развитие болезней пшеницы недостаточно для того, чтобы рекомендовать ту или иную обработку. Необходимо разработать рекомендации, подходящие для региона, в котором проводятся исследования.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-26-20119.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation No. 22-26-20119.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плещачёв Ю.Н., Кошечев И.А., Кандыбин С.С. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. N 1 (99). С. 23–26.

2. Сахибгареев А.А., Гарипова Г.Н. Влияние удобрений и средств защиты растений на урожай при возделывании яровой пшеницы в степных зонах Башкортостана // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2015. N 2 (78). С. 57–65.
3. Сабитов М.М., Шарипова Р.Б. Эффективность способов обработки почвы и средств химизации в зернопаровом севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2015. N 10. С. 31–34.
4. Маслов Г.Г., Юдина Е.М., Авилов Е.Ю. Технологии в растениеводстве. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2011. 180 с.
5. Дудкин И.В., Шмат З.М. Системы обработки почвы и сорняки // Защита и карантин растений. 2010. N 8. С. 28–30.
6. Felix J., Owen M. Weed population dynamics in land removed from the conservation reserve program // Weed Science. 1999. N 47. P. 511–517. DOI: 10.1017/S0043174500092195
7. Melander B., Rasmussen K. Reducing intrarow weed numbers in row crops by means of a biennial cultivation system // Weed Res. 2000. N 40. P. 205–218. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2000.00183.x
8. Bankina B., Bimšteine G., Arhipova I., Kaņeps J., DargužaImpact M. of Crop Rotation and Soil Tillage on the Severity of Winter Wheat Leaf Blotches // Rural Sustainability Research. 2021. N 45(340). P. 21–27. DOI: 10.2478/plua-2021-0004
9. Козлова Л.М., Попов Ф.А., Носкова Е.Н. Влияние способов обработки почвы и применения биопрепаратов на болезни и урожайность культур звена севооборота // Пермский аграрный вестник. 2016. N 2 (14). С. 39–44.
10. Пучкова Е.П. Полосина В.А., Ивченко В.К., Бекетова О.А., Савенкова Е.В. Влияние различных способов обработки почвы на развитие листостебельных инфекций зерновых культур // Материалы международной научной конференции «Проблемы современной аграрной науки», Красноярск, 15 октября, 2021. С. 88–91.
11. Васильева Н.В., Синещев В.Е. Листостебельные инфекции яровой пшеницы при почвозащитном земледелии в лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ. 2014. N 2(31). С. 7–13.
12. Kokhmetova A., Kremneva J., Volkova G., Atishova M., Sapakhova Z. Evaluation of wheat cultivars growing in Kazakhstan and Russia for resistance to tan spot // Journal of Plant Pathology. 2017. N 99(1). P. 161–167. DOI: 10.4454/jpp.v99i1.3812
13. Kremneva O., Volkova G.V., Kovalenko N. The dynamics of the race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* in the North Caucasus region // Mikologiya i Fitopatologiya. 2019. N 53(4). P. 246–253. DOI: 10.1134/S0026364819040056
14. Kremneva O.Yu., Mironenko N.V., Volkova G.V., Baranova O.A., Kim Yu.S., Kovalenko N.M. Resistance of winter wheat varieties to tan spot in the North Caucasus region of Russia // Saudi Journal of Biological Sciences. 2021. N 28 (3). P. 1787–1794. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.12.021
15. Kremneva O.Yu., Gasiyan K.E., Ponomarev A.V., Kokhmetova A., Novoseletsky S.I. Influence of the tillage method on the development of leaf diseases of winter wheat // Proceedings of International Conference «Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021)», Krasnodar, 2021. P. 5.
16. Landschoot S., Audenaert K., Haesaert G. Influence of maize–wheat rotation systems on *Fusarium* head blight infection and deoxynivalenol content in wheat under low versus high disease pressure // Crop Protection. 2013. V. 52. P. 14–21. DOI: 10.1016/j.cropro.2013.04.013
17. Župunski V., Jevtić R., Skenderović N. Effect of cultivation practices on diversity in susceptibility reactions of winter wheat genotypes to *Fusarium* head blight // European Journal of Agronomy. 2021. V. 125. P. 126. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126250
18. Jorgensen L.N., Olsen L.V. Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides // Crop Protection. 2007. V. 26(11). P. 1606–1616. DOI: 10.1016/j.cropro.2007.01.009
19. Dill-Macky R., Jones R.K. The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat // Plant Disease. 2000. V. 84(1). P. 71–76. DOI: 10.1094/PDIS.2000.84.1.71
20. Наумкин В.Н., Крюков А.Н. Системный подход к разработке и оценке новых эффективных ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. N 3(23). С. 148–156.
21. Stephen M.O., Swan A., Paustian K. No-till management impacts on crop productivity, carbon input and soil carbon sequestration // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2012. V. 149. P. 37–49. DOI: 10.1016/j.agee.2011.12.010
22. Stubbs T.L., Kennedy A.C., Schillinger W.F. Soil Ecosystem Changes During the Transition to No-Till Cropping // Journal of Crop Improvement. 2004. V. 11(1). P. 105–135. DOI: 10.1300/J411v11n01_06
23. Flexibility of No-Till and Reduced Till Systems Ensures Success in the Long Term. URL: <http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/soil-and-land/soil-management/flexibility-of-no-till-and-reduced-till-systems-ensures-success-in-the-long-term/?id=1219778199286> (дата обращения: 16.02.2022)
24. Bailey K.L., Johnston A.M., Kutcher H.R., Gossen B.D., Morrall R.A.A. Man-aging crop losses from foliar diseases with fungicides, rotation, and tillage in the Saskatchewan Parkland // Canad. J. Plant Sc. 2000. V. 80. N 1. P. 169–175.
25. Soane B.D., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment // Soil and Tillage Research. 2012. V. 118. P. 66–87. DOI: 10.1016/j.still.2011.10.015
26. Dorn B., Stadler M., van der Heijden M., Streit B. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat // Soil and Tillage Research. 2013. V. 134. P. 121–132. DOI: 10.1016/j.still.2013.07.014
27. Мамаева Г.Г. Оценка эффективности экологически безопасных технологий, включающих минимальную обработку почвы, покровные культуры, органические удобрения и др., в борьбе с сорняками и устойчивом производстве зерна в шт. Мэриленд, США // Экологическая безопасность в АПК. 2002. N 1. С. 64.
28. Апаева Н.Н., Манишкин С.Г. Влияние приемов обработки почвы на развитие корневых гнилей и урожайность яровой пшеницы // МНИЖ. 2017. N 11-3 (65). С. 99–101. DOI: 10.23670/IRJ.2017.65.132
29. Долбилова Т.А., Каноненко Л.И., Пикушова Э.А. Влияние способов основной обработки почвы на поражение озимой пшеницы сорта Антонина корневыми гнилями // Материалы XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края «Научное обеспечение агропромышленного комплекса», Краснодар, 2017. С. 194–195.
30. Белошапкина О.О., Акимов Т.А. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. 2016. N 3. С. 47–60.
31. Цилюрик А.И. Влияние основной обработки почвы на степень повреждения вредителями и пораженность

болезнями зерновых культур // Зерновые культуры. 2019. Т. 3. N 1. С. 93–101.

32. 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. N 4(24). С. 26–33.

33. Wildermuth G.B., Thomas G.A., Kelly A. Crown rot and common root rot in wheat grown under different tillage and stubble treatments in southern Queensland, Australia // Soil and Tillage Research. 1997. P. 211–224. DOI: 10.1016/S0167-1987(97)00054-8

34. Govaerts B., Fuentes M., Sayre K.D. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements // Soil and Tillage Research. 2007. V. 91(1). P. 209–219. DOI: 10.1016/j.still.2006.07.013

REFERENCES

1. Pleskachev Yu.N., Koshcheev I.A., Kandybin S.S. Influence of methods of basic tillage on the productivity of grain crops. Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2013, no. 1 (99), pp. 23–26. (In Russian)
2. Sakhibgareev A.A., Garipova G.N. Influence of fertilizers and plant protection products on the yield during the cultivation of spring wheat in the steppe zones of Bashkortostan. Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan [Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan]. 2015, no. 2 (78), pp. 57–65. (In Russian)
3. Sabitov M.M., Sharipova R.B. Efficiency of soil treatment methods and chemicalization means in grain-fallow crop rotation. [Achievements of science and technology of APK]. 2015, no. 10, pp. 31–34. (In Russian)
4. Maslov G.G., Yudina E.M., Avilov E.Yu. Tekhnologii v rastenievodstve [Technologies in crop production]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University Publ., 2011, 180 p. (In Russian)
5. Dudkin I.V., Shmat Z.M. Soil tillage systems and weeds. Zashchita i karantin rastenii [Protection and quarantine of plants]. 2010, no. 8, pp. 28–30. (In Russian)
6. Felix J., Owen M. Weed population dynamics in land removed from the conservation reserve program. Weed Science, 1999, no. 47, pp. 511–517. DOI: 10.1017/S0043174500092195
7. Melander B., Rasmussen K. Reducing intrarow weed numbers in row crops by means of a biennial cultivation system. Weed Res., 2000, no. 40, pp. 205–218. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2000.00183.x
8. Bankina B., Bimšteine G., Arhipova I., Kaņeps J., Darguža Impact M. of Crop Rotation and Soil Tillage on the Severity of Winter Wheat Leaf Blotches. Rural Sustainability Research, 2021, no. 45(340), pp. 21–27. DOI: 10.2478/plua-2021-0004
9. Kozlova L.M., Popov F.A., Noskova E.N. Influence of methods of tillage and the use of biological products on diseases and productivity of crops of the crop rotation link. Permsky agrarian vestnik [Perm agrarian bulletin]. 2016, no. 2 (14), pp. 39–44. (In Russian)
10. Puchkova E.P., Polosina V.A., Ivchenko V.K., Beketova O.A., Savenkova E.V. Vliyaniye razlichnykh sposobov obrabotki pochvy na razvitiye listostebel'nykh infektsii zernovykh kul'tur [Influence of different methods of tillage on the development of leaf-stem infections of grain crops]. Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Problemy sovremennoi agrarnoi nauki», Krasnoyarsk, 15 oktyabrya, 2021 [Proceedings of the international scientific conference «Problems of modern agrarian science», Krasnoyarsk, 15 October 2021]. Krasnoyarsk, 2021, pp. 88–91. (In Russian)
11. Vasilyeva N.V., Sineshchekov V.E. Leaf-stem infections of spring wheat during soil-protective agriculture in the forest-steppe of Western Siberia. Vestnik NGAU [Vestnik NSAU]. 2014, no. 2(31), pp. 7–13. (In Russian)
12. Kokhmetova A., Kremneva J., Volkova G., Atishova M., Sapakhova Z. Evaluation of wheat cultivars growing in Kazakhstan and Russia for resistance to tan spot. Journal of Plant Pathology, 2017, no. 99(1), pp. 161–167. DOI: 10.4454/jpp.v99i1.3812
13. Kremneva O., Volkova G.V., Kovalenko N. The dynamics of the race structure of Pyrenophora tritici-repentis in the North Caucasus region. Mikologiya i Fitopatologiya, 2019, no. 53(4), pp. 246–253. DOI: 10.1134/S0026364819040056
14. Kremneva O.Yu., Mironenko N.V., Volkova G.V., Baranova O.A., Kim Yu.S., Kovalenko N.M. Resistance of winter wheat varieties to tan spot in the North Caucasus region of Russia. Saudi Journal of Biological Sciences, 2021, no. 28 (3), pp. 1787–1794. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.12.021
15. Kremneva O.Yu., Gasiyan K.E., Ponomarev A.V., Kokhmetova A., Novoseletsky S.I. Influence of the tillage method on the development of leaf diseases of winter wheat. Proceedings of International Conference “Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021)”, Krasnodar, 2021, 5 p.
16. Landschoot S., Audenaert K., Haesaert G. Influence of maize–wheat rotation systems on Fusarium head blight infection and deoxynivalenol content in wheat under low versus high disease pressure. Crop Protection, 2013, vol. 52, pp. 14–21. DOI: 10.1016/j.cropro.2013.04.013
17. Župunski V., Jevtić R., Skenderović N. Effect of cultivation practices on diversity in susceptibility reactions of winter wheat genotypes to Fusarium head blight. European Journal of Agronomy, 2021, vol. 125, p. 126. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126250
18. Jorgensen L.N., Olsen L.V. Control of tan spot (Drechsleratritici-repentis) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides. Crop Protection, 2007, vol. 26(11), pp. 1606–1616. DOI: 10.1016/j.cropro.2007.01.009
19. Dill-Macky R., Jones R.K. The effect of previous crop residues and tillage on fusarium head blight of wheat. Plant Disease, 2000, vol. 84(1), pp. 71–76. DOI: 10.1094/PDIS.2000.84.1.71
20. Naumkin V.N., Kryukov A.N. A systematic approach to the development and evaluation of new effective resource-saving technologies for the cultivation of field crops. Innovatsii v APK: problemy i perspektivy [Innovations in the AIC: problems and prospects]. 2019, no. 3(23), pp. 148–156. (In Russian)
21. Stephen M.O., Swan A., Paustian K. No-till management impacts on crop productivity, carbon input and soil carbon sequestration. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2012, vol. 149, pp. 37–49. DOI: 10.1016/j.agee.2011.12.010
22. Stubbs T.L., Kennedy A.C., Schillinger W.F. Soil Ecosystem Changes During the Transition to No-Till Cropping. Journal of Crop Improvement, 2004, vol. 11(1), pp. 105–135. DOI: 10.1300/J411v11n01_06
23. Flexibility of No-Till and Reduced Till Systems Ensures Success in the Long Term. URL: <http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/soil-and-land/soil-management/flexibility-of-no-till-and-reduced-till-systems-ensures-success-in-the-long-term/?id=1219778199286> (дата обращения: 16.02.2022)
24. Bailey K.L., Johnston A.M., Kutcher H.R., Gossen B.D., Morrall R.A.A. Man-aging crop losses from foliar diseases with fungicides, rotation, and tillage in the Saskatchewan Parkland. Canad. J. Plant Sc. 2000, vol. 80, no. 1, pp. 169–175.
25. Soane B.D., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment Soil and Tillage Research, 2012, vol. 118, pp. 66–87. DOI: 10.1016/j.still.2011.10.015

26. Dorn B., Stadler M., van der Heijden M., Streit B. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. *Soil and Tillage Research*, 2013, vol. 134, pp. 121–132. DOI: 10.1016/j.still.2013.07.014
27. Mamaeva G.G. Evaluation of the effectiveness of environmentally friendly technologies, including minimum tillage, cover crops, organic fertilizers, etc., in weed control and sustainable grain production in units. Maryland, USA. *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK* [Ecological safety in the agro-industrial complex. Abstract journal]. 2002, no. 1, p. 64. (In Russian)
28. Apaeva N.N., Manishkin S.G. Influence of tillage practices on the development of root rot and the yield of spring wheat. *MNIZH*, 2017, no. 11-3 (65), pp. 99–101. (In Russian) DOI: 10.23670/IRJ.2017.65.132
29. Dolbilova T.A., Kanonenko L.I., Pikushova E.A. Vliyanie sposobov osnovnoi obrabotki pochvy na porazhenie ozimoi pshenitsy sorta Antonina kornevymi gnilyami [Influence of methods of basic tillage on the defeat of winter wheat variety Antonina with root rot]. *Materialy Khl Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoi 95-letiyu Kubanskogo GAU i 80-letiyu so dnya obrazovaniya Krasnodarskogo kraia «Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa»*, Krasnodar, 2017 [Proceedings of the XI All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University and the 80th anniversary of the formation of the Krasnodar Territory «Scientific support of the agro-industrial complex», Krasnodar, 2017]. Krasnodar, 2017, pp. 194–195. (In Russian)
30. Beloshapkina O.O., Akimov T.A. Dynamics and pathogenic composition of root rots of winter wheat depending on the methods of basic processing of soddy-podzolic soil. *Izvestiya TSHA* [Izvestia TSHA]. 2016, no. 3, pp. 47–60. (In Russian)
31. Tsilyurik A.I. Influence of the main tillage on the degree of damage by pests and the incidence of diseases of grain crops. *Zernovye kul'tury* [Grain crops]. 2019, vol. 3, no. 1, pp. 93–101. (In Russian)
32. 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. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Omsk State Agrarian University]. 2016, no. 4(24), pp. 26–33. (In Russian)
33. Wildermuth G.B., Thomas G.A., Kelly A. Crown rot and common root rot in wheat grown under different tillage and stubble treatments in southern Queensland, Australia. *Soil and Tillage Research*, 1997, pp. 211–224. DOI: 10.1016/S0167-1987(97)00054-8
34. Govaerts B., Fuentes M., Sayre K.D. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil and Tillage Research*, 2007, vol. 91(1), pp. 209–219. DOI: 10.1016/j.still.2006.07.013

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Роман Ю. Данилов, Ксения Э. Гасиян и Артем В. Пономарев провели исследование и поиск литературы. Оксана Ю. Кремнева и Артем В. Пономарев задумали исследование, разработали его методологию, провели исследований, проанализировали, написали рукопись. Оксана Ю. Кремнева отредактировала рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Roman Yu. Danilov, Ksenia E. Gasiyan and Artem V. Ponomarev conducted a research and literature search. Oksana Yu. Kremneva and Artem V. Ponomarev conceived the study, developed its methodology, undertook research and analysis, and wrote the manuscript. Oksana Yu. Kremneva edited the manuscript before submitting it to the Editor. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Артем В. Пономарев / Artem V. Ponomarev <https://orcid.org/0000-0003-0514-5797>

Оксана Ю. Кремнева / Oksana Yu. Kremneva <https://orcid.org/0000-0003-0982-6821>

Ксения Э. Гасиян / Ksenia E. Gasiyan <https://orcid.org/0000-0003-2192-326>

Роман Ю. Данилов / Roman Yu. Danilov <https://orcid.org/0000-0001-8454-0765>