

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732>

УДК 631.51:631.87:632.9

Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии

© 2020. А. М. Козлова ✉, Е. Н. Носкова, Ф. А. Попов

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований комплексного влияния биопрепаратов, основной и предпосевной обработок почвы на пораженность корневыми гнилями и листовостебельными инфекциями яровых зерновых культур (пшеницы Свеча, ячменя Лель, овса Сельма). Исследования (2010-2017 гг.) проводили в полевом севообороте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Поражение яровой пшеницы корневыми гнилями было достоверно ниже (17,9 %) по плоскорезной обработке, чем по вспашке (22,5 %) при недостаточном количестве продуктивной влаги (9,1-17,2 мм) и повышении плотности почвы (1,37-1,43 г/см³). При оптимальных условиях увлажнения различия в пораженности корневыми гнилями ячменя выравниваются (21,3 и 22,4 %). Высокая плотность почвы (1,32-1,36 г/см³) также вызывала увеличение количества инфицированных растений овса по плоскорезной обработке (21,6 %) по сравнению со вспашкой (14,6 %). Обработка посевов лабораторным образцом *Streptomyces castelarensis* A4 и биопрепаратом Псевдобактерин-2 в фазу кущения привела к достоверному снижению поражения корневыми гнилями только на овсе (на 17,1 и 17,4 % соответственно). На степень поражения яровых зерновых листовостебельными заболеваниями способы основной и предпосевной обработок почвы существенно не влияли. Лишь применение комбинированного посевного агрегата при возделывании яровой пшеницы снижало поражение бурой ржавчиной на 2,9 %, септориозом – на 1,0 % по сравнению с контролем. На пшенице препараты были эффективны на фоне вспашки, снижая поражение бурой ржавчиной на 15,2 и 11,6 %. На ячмене больший эффект оказал препарат *S. castelarensis* A4: степень поражения карликовой ржавчиной была в среднем на 19,1 % меньше. Псевдобактерин-2 лучшее действие оказал на фоне плоскорезной обработки, снижая развитие болезни на 12,9 % относительно контроля (вспашка на 20-22 см). На посевах овса препараты по действию были сопоставимы: интенсивность поражения корончатой ржавчиной была достоверно ниже в среднем на 5,0 и 4,7 % по сравнению с контролем. Действие *S. castelarensis* A4 более эффективно по фону плоскорезной обработки. Псевдобактерин-2 лучшее действие оказал по вспашке. Степень поражения пшеницы стеблевой ржавчиной и септориозом была невысокой. Таким образом, способы основной обработки почвы не влияли на развитие листовостебельных болезней, но значительно снижали поражение пшеницы и овса корневыми гнилями. Способы предпосевной обработки почвы не оказали достоверного влияния на поражение яровых зерновых корневыми гнилями, но существенно снижали поражение пшеницы бурой ржавчиной и септориозом. Применяемые препараты снижали поражение и развитие корневых гнилей овса и листовостебельных болезней пшеницы, ячменя, овса.

Ключевые слова: вспашка, плоскорезная обработка, культивация, комбинированный агрегат, корневые гнили, листовостебельные заболевания

Благодарности: научное исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0091).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Козлова А. М., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):721-732. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732>

Поступила: 24.08.2020 Принята к публикации: 28.10.2020 Опубликовано онлайн: 10.12.2020

Assessment of the development of cereal diseases when applying resource saving soil tillage systems and using biopreparations in adaptive landscape crop farming

© 2020. Lyudmila M. Kozlova ✉, Eugenia N. Noskova, Fyodor A. Popov

Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article presents the results of studies of complex effect of biopreparations use during basic and pre-sowing soil tillage on root rot damage and leaf and stem infections of spring grain crops (wheat cv. Svesha, barley cv. Lel', oats cv. Selma). Studies of 2010-2017 were carried out in seven-field crop rotation on sod-podzolic medium-loam soil. The root rot

damage of spring wheat was significantly lower (17.9 %) by surface tillage than by ploughing (22.5 %) in arid conditions with insufficient productive moisture (9.1-17.2 mm) and an increase in soil density (1.37-1.43 g/cm³). Under optimal humidification conditions, the differences in root rot damage of barley are equaled (21.3 and 22.4 %). High soil density (1.32-1.36 g/cm³) also caused an increase in the number of diseased oat plants by surface tillage (21.6) compared to ploughing (14.6 %). Treatment of crops with the preparations *Streptomyces castelarensis* A4 and *Pseudobacterin-2* in the tillering phase led to a significant decrease in root rot damage only on oats (by 17.1 and 17.4 %, respectively). The degree of damage of spring grain crops with leaf and stem diseases was not significantly affected by the methods of basic and pre-sowing tillage. Only the use of a combined sowing unit for cultivation of spring wheat reduced the damage with leaf rust by 2.9 %, with septoriosis – by 1.0% compared to the control. On wheat, the preparations were effective on the background of ploughing reducing leaf rust damage by 15.2 and 11.6 %. The preparation *S. castelarensis* A4 had a greater effect on barley: the number of plants affected by crown rust was 19.1% less. *Pseudobacterin-2* had a better effect on the background of surface tillage, reducing the incidence by 12.9 % relative to the control (ploughing to 20-22 cm). On oat sowings, the preparations were comparable in effect: the intensity of crown rust damage was significantly lower by 5.0 and 4.7 % compared to the control. The action of *S. castelarensis* A4 is more effective on the background of surface soil tillage. *Pseudobacterin-2* had the best effect by plowing. The damage of wheat with stem rust and septoriosis was low. Thus, the methods of basic tillage did not affect the damage of grain crops with leaf and stem diseases and significantly decreased the development of root rot in wheat and oats. Methods of pre-sowing tillage did not have a significant effect on the damage of spring grain crops with root rot and significantly reduced the damage of wheat with leaf rust and septoriosis. The preparations used reduced the intensity and the development of root rot of oats and leaf and stem diseases of wheat, barley, oats.

Keywords: ploughing, surface tillage, cultivation, combined unit, root rots, leaf and stem diseases

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0767-2019-0091).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Kozlova L. M., Noskova E. N., Popov F. A. Assessment of the development of cereal diseases when applying resource saving soil tillage systems and using biopreparations in adaptive landscape crop farming. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):721-732. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732>

Received: 24.08.2020

Accepted for publication: 28.10.2020

Published online: 10.12.2020

Увеличение производства зерна и обеспечение населения России качественным и конкурентоспособным продовольствием за счет собственного производства продукции имеет стратегическое значение. Однако производство зерна в стране за годы реформирования сокращается, что связано с уменьшением площадей под зерновыми культурами на 36,3 %. При этом две трети урожая идут на фуражные цели, т. к. зерно не отличается высоким качеством [1]. Фитосанитарный потенциал производства зерна в настоящее время реализуется лишь на 25 %. Потери зерна только от недостаточного применения средств защиты могут составлять 26 % ожидаемого урожая [2].

Зерновые культуры в условиях Нечерноземья в различные годы могут поражаться многими заболеваниями. Наиболее опасны поражения вегетативных органов, приводящие часто к гибели растения (корневые гнили), снижению их продуктивности (ржавчинные болезни, мучнистая роса). Поражение репродуктивных органов (спорынья, виды головни) приводит к значительному недобору урожая. По мнению ряда исследователей, снижение урожая может быть 20-40 и даже 45-50 % в зависимости от степени поражения и культуры [3, 4].

На Евро-Северо-Востоке Нечерноземья в последние десятилетия фитосанитарная ситуация ухудшилась в посевах многих сельскохозяйственных культур [5]. Это обусловлено, в первую очередь, несоблюдением севооборотов, переходом на минимизацию обработки почвы, использованием некондиционных семян, сокращением объемов применения пестицидов и удобрений, а также увеличением площадей неиспользуемых земель и тенденцией к потеплению климата [6, 7, 8, 9]. Из-за повышения температуры и влажности происходит постепенная миграция более теплолюбивых фитопатогенов в северные районы, изменение их трофических связей, что приводит к усилению токсичности сельскохозяйственной продукции.

По мнению академика С. С. Санина [10], на смену традиционным для 1960-х годов 8-12-польным севооборотам пришли 3-5-польные, которые насыщены ведущими культурами, в т. ч. зерновыми (60-80 %), что усилило развитие фузариоза, гельминтоспориоза, септориоза и других заболеваний. А фитосанитарные последствия необоснованного применения минимальных обработок, в том числе no-till, mini-till, давно общеизвестны. Имеются

многочисленные данные об увеличении пораженности зерновых культур на фоне этих технологий септориозом, корневыми и прикорневыми гнилями, бактериальными болезнями [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Однако некоторые исследователи сообщают и о положительных результатах применения ресурсосберегающего земледелия [17, 18].

Потенциал повышения производства сельскохозяйственной продукции заложен в освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия и интенсификации хозяйствования [19]. Ключевыми аспектами ландшафтного земледелия на Евро-Северо-Востоке европейской части России являются оптимизация обработки почвы и фитосанитарной ситуации в посевах сельскохозяйственных культур.

Защита растений от фитопатогенов является одной из важнейших проблем. И наряду с химическими методами борьбы все большее распространение получают биологические, в основу которых положено использование явления антагонизма.

Особый интерес представляют культуры, выделенные из ризосферы растений – микролокуса, где существенно обострена борьба за трофический ресурс и способность продуцировать антибиотические соединения становится в этой борьбе важным фактором [5].

В связи с этим изучение взаимодействия растений и микробиологических препаратов особенно актуально и перспективно, поскольку при существенном сокращении применения минеральных и органических удобрений, средств защиты растений необходим поиск дополнительных источников улучшения фитосанитарной обстановки в агрофитоценозах, это могут быть биопрепараты комплексного действия. В последние годы выделяются все новые штаммы микроорганизмов, способные подавлять развитие патогенной микрофлоры и свести экологические риски к минимуму [20].

Цель исследований – выявить влияние способов основной, предпосевной обработок почвы, применения биопрепаратов на поражение яровых зерновых культур корневыми гнилями и листовыми инфекциями.

Материал и методы. Исследования проводили в стационарном опыте в двух закладках на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2010-2017 гг. Культуры возделывали в севопольном севообороте:

занятый пар – озимая рожь – ячмень – гороховая смесь – яровая пшеница – овес с подсевом клевера – клевер. Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимические показатели почвы: $pH_{\text{сол.}}$ – 5,0; гидролитическая кислотность – 3,6; сумма поглощенных оснований – 14,3 мг-экв/100 г; содержание P_2O_5 – 140-180 мг и K_2O – 150-200 мг на 1 кг почвы (по Кирсанову), гумуса – 1,7 % (по Тюрину).

Схема опыта: *фактор А* – основная обработка: 1 – вспашка на 20-22 см (контроль); 2 – комбинированная плоскорезная обработка на 14-16 см; *фактор В* – предпосевная обработка почвы: 1 – культивация КПС-4 (контроль); 2 – культивация КБМ-4,2; 3 – обработка комбинированным агрегатом АППН-2,1; *фактор С* – обработка биопрепаратами: 1 – без препаратов (контроль) (Б/П); 2 – обработка суспензией клеток штамма *Streptomyces castela-rensis* А4 (А4); 3 – обработка суспензией клеток продуцента препарата Псевдобактерин-2 (ПБ2) (на основе *Pseudomonas aureofaciens* BS 1393).

Обработку препаратами проводили в фазу кущения растений из расчета 1,0 л/га, расход рабочей жидкости 300 л/га (1 литр суспензии с титром 10^6 - 10^7 КОЕ/мл доводили водой до объема 300 л). Для основной обработки почвы использовали плуг ПЛН-3-35 и комбинированный плоскорезный агрегат КПА-2,2, оборудованный плоскорезными лапами и дисковой секцией. Весеннее боронование зяби проводили сцепкой борон БЗСС-1,0, культивацию – КПС-4 и КБМ-4,2. Для предпосевной обработки использовался комбинированный агрегат АППН-2,1, который одновременно проводит обработку почвы, внесение удобрений и посев. Образец препарата А4 изготовлен в лаборатории генетики ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на основе штамма *S. castelarensis*, изолированного из ризосферы овса сорта Аргамак. Способен снижать заболеваемость озимой ржи, клевера лугового, овса и яровой пшеницы корневыми гнилями. Титр препарата 104 КОЕ/мл [21].

Для посева использовали районированные сорта: яровая пшеница Свеча, ячмень Лель, овес Сельма. Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок систематическое методом расщепленных делянок. Площадь делянки первого порядка 288 м², второго

– 96 м², третьего – 32 м², учетная площадь 17,6 м². Общее число делянок – 72. Удобрения вносили под культуры севооборота в дозе N₄₅P₄₅K₄₅, фунгициды не применяли. Определение степени поражения растений яровых зерновых культур листостебельными заболеваниями проводили по специальным шкалам. Развитие корневых гнилей зерновых культур (%) определяли в фазу молочно-восковой спелости на основе балльной оценки¹. Распространение (поражение) болезни рассчитывали по формуле: $P = n \times 100/N$, где P – распространение болезни, %, n – количество больных растений, N – общее количество растений в пробах. Дисперсионный анализ проводили с использованием программы «AGROS 207».

Результаты и их обсуждение. На Северо-Востоке европейской части РФ на посевах сельскохозяйственных культур исторически сложились свои специфические патогенные комплексы. Среди болезней наиболее распространенные эпифитотийно опасные: на яровой пшенице септориоз листьев и колоса, бурая листовая ржавчина, корневые гнили; на ячмене – пятнистости грибной и бактериальной этиологии, корневая гниль; на овсе – корончатая ржавчина, различные виды пятнистостей [9].

За 17 лет фитосанитарного мониторинга в Кировской области (1997-2014 гг.) превышение порога вредности (ЭПВ) отмечалось по корневым гнилям ячменя 9 раз за 16 лет, пшеницы и овса – 3 раза за 6-7 лет; бурой ржавчине пшеницы – 5 раз за 12 лет, сетчатой пятнистости – 9 раз, септориозу – 13 раз за 17 лет [9].

На основе стационарного опыта были проанализированы результаты исследований по распространению корневых гнилей и листостебельных болезней в зерновом звене севооборота на яровой пшенице, ячмене, овсе.

В условиях опыта это заболевание проявлялось ежегодно, однако превышение порога вредности (перед уборкой 15 % развития болезни) наблюдалось 1 раз в 5-6 лет.

Как уже говорилось выше, по мнению многих авторов, выращивание зерновых по безотвальной технологии способствует накоплению и сохранению различных видов корневых гнилей. Однако есть данные [22] о том, что переход от вспашки к «нулевой»

обработке хотя и сопровождался увеличением численности грибной флоры почвы, однако микробиота выщелоченного чернозема за вегетационный период сдерживала увеличение инфекционной нагрузки, что существенно снижало фитотоксичность.

В наших исследованиях поражение яровой пшеницы корневыми гнилями в условиях 2014 г. по вспашке в среднем составило 22,5 %, развитие болезни – 11,9 % (табл. 1). Незначительное превышение порога вредности (ПВ) отмечали на фоне вспашки после предпосевной обработки почвы культиватором КБМ-4,2, где развитие болезни выходило за пределы 15 %. Достоверно ниже (на 4,6 %) поражение было по плоскорезной обработке – 17,9 % при развитии болезни 11,9 % (НСР₀₅А_p = 3,5). По вариантам предпосевной обработки достоверных различий не было.

Степень поражения пшеницы корневой гнилью, в первую очередь, зависит от погодных условий вегетационного периода, таких как увлажненность почвы, температурный режим и выпадение осадков [23]. Решающее значение в развитии корневых гнилей имеет количество влаги в почве в критический для заражения период – это прорастание всходов (до выхода на поверхность). В это время отмечается высокая заболеваемость проростков при пониженной влажности почвы [24].

В наших условиях средняя температура воздуха мая месяца была на 4,1 °С выше климатической нормы, при выпадении осадков 21 % от нормы. Запасы продуктивной влаги в слое прорастания семян (0-10 см) были на уровне 8,5-9,7 мм, что считается дефицитным показателем. Следует отметить, что как в фазу всходов (15,3-17,2 мм), так и в фазу колошения (9,1-11,7 мм) снижение запасов влаги в пахотном слое (0-20 см) было отмечено по вспашке и оценивалось по шкале А. Ф. Вадюниной, З. А. Корчагиной² от «удовлетворительного» до «неудовлетворительного», что и объясняет интенсивность проявления инфекции по вспашке. Повышение поражения растений корневыми гнилями по отвальной вспашке при низкой влажности почвы подтверждают и другие исследователи [6].

¹Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.

²Сафонов А. Ф., Стратонович М. В. Практикум по земледелию с почвоведением. М.: Агропромиздат, 1990. С. 10-11.

Таблица 1 – Поражение яровых зерновых культур корневыми гнилями, % / Table 1 – Root rot damage of spring cereals, %

| Способы обработки почвы / Ways of soil tillage | | Препараты (С) / Preparations (C) | | | Среднее по фактору А / Average for factor A | |
|--|-----------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|---|---|
| основная (А) / main (A) | предпосевная (В) / pre-sowing (B) | Б/П (контроль) / Without preparation (control) | А4 / <i>S. castelarensis</i> А4 | ПБ2 / <i>Pseudobacterin-2</i> | | |
| Яровая пшеница сорта Свеча / Spring wheat cv. Svecha | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 25,0*/12,3** | 17,5/8,1 | 24,5/10,0 | 22,5/11,9 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 3,5 / F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 26,0/16,0 | 23,5/11,4 | 24,0/14,6 | | |
| | АППН-2,1 | 24,5/13,2 | 15,0/12,2 | 22,5/19,2 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 22,5/9,6 | 25,0/11,3 | 14,0/6,4 | 17,9/8,7 | |
| | КБМ-4,2 | 17,5/7,3 | 18,5/10,5 | 10,5/8,3 | | |
| | АППН-2,1 | 14,0/5,4 | 20,0/9,5 | 19,0/9,8 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor B: 21,4; 20,0; 19,2/ 9,6; 11,4; 9,9 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor C: 21,6; 19,9; 19,1/ 10,6; 10,5; 9,7 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Ячмень сорта Лель / Barley cv. Lel' | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 25,0/14,0 | 22,0/15,0 | 24,0/14,3 | 21,3/12,3 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 17,6/11,0 | 17,0/8,3 | 23,5/12,4 | | |
| | АППН-2,1 | 21,4/11,8 | 19,0/9,4 | 26,0/13,1 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 24,6/14,6 | 25,5/13,9 | 18,5/9,8 | 22,4/11,5 | |
| | КБМ-4,2 | 17,9/7,8 | 18,7/11,5 | 23,0/11,8 | | |
| | АППН-2,1 | 22,8/12,5 | 21,0/10,4 | 22,0/11,9 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor B: 23,5; 19,3; 22,4/13,6; 10,5; 11,8 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor C: 21,9; 20,3; 23,0/ 11,9; 11,4; 12,5 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Овес сорта Сельма / Oats cv. Selma | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 28,0/15,0 | 4,2/3,0 | 5,1/4,0 | 14,6/9,1 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 5,9/3,1 |
| | КБМ-4,2 | 14,2/10,5 | 11,0/7,2 | 16,0/8,5 | | |
| | АППН-2,1 | 23,0/14,1 | 12,0/8,9 | 12,8/10,0 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 32,0/18,0 | 17,6/11,5 | 12,7/8,5 | 21,6/13,3 | |
| | КБМ-4,2 | 37,7/20,5 | 20,1/13,5 | 16,5/12,4 | | |
| | АППН-2,1 | 38,5/20,4 | 11,9/7,1 | 11,9/8,8 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor B: 16,3; 19,1; 18,8/ 10,0; 12,0; 11,6 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor C: 29,6; 12,5; 12,2/ 16,3; 8,6; 8,9 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 3,9/3,3 | | | | | | |

* распространение / prevalence; ** развитие болезни / development of the disease

Использование для защиты от корневых гнилей на яровой пшенице сорта Свеча препаратов *S. castelarensis* А4 и Псевдобактерин-2 не дало достоверного снижения заболеваемости. Так как предпосевная обработка семян не проводилась, а растения обрабатывали в фазу кушения, то следует считать, что инфицирование произошло до выхода проростков на поверхность почвы вследствие сочетанного действия семенной и почвенной инфекции.

Поражение ячменя сорта Лель корневыми гнилями не имело достоверных различий

по вариантам обработки почвы и применения биопрепаратов (табл. 1). По вспашке и плоскорезной обработке в среднем поражалось 21,3 и 22,4 % растений, развитие болезни не превышало порога вредоносности ни в одном варианте и было в пределах 10,5-13,6 %. В 2015 году условия увлажнения были достаточными, запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см оценивались как «удовлетворительные» (27,1-30,0 мм) в фазу всходов и «отличные» (36,0-40,0 мм) в фазу колошения. Наши исследования подтверждают и мнение других

авторов [6, 25] о том, что при достаточных для всходов и развития растений условиях увлажнения существенных различий между изучаемыми обработками почвы по степени развития корневых гнилей не отмечалось.

Применение биопрепаратов по вегетации ячменя так же, как и на пшенице, не оказало достоверного влияния на снижение поражения корневыми гнилями (21,9; 20,3; 23,0 %) и развитие болезни (11,9; 11,4; 12,5 %).

Развитие овса сорта Сельма в 2016 году проходило в оптимальных температурных условиях при неравномерном выпадении осадков. Запасы продуктивной влаги в фазу «всходы» были на уровне 16,7-18,9 мм и оценивались как «удовлетворительные», к фазе «выметывание» запасы влаги снижались до «неудовлетворительных». Предпосевные обработки почвы по фону плоскорезной осенней увеличили плотность пахотного слоя на 0,02-0,06 г/см³, что превысило оптимальные значения плотности для дерново-подзолистой почвы (1,10-1,30 г/см³ по А. Г. Бондареву³). По мнению О. О. Белошапкиной с соавторами [26], интенсивность и вредоносность корневых гнилей в значительной степени зависят от агрофизических показателей плодородия почвы (плотность, влажность, гранулометрический состав). Большинство возбудителей корневых гнилей относятся к факультативным паразитам и сохраняются на растительных остатках и непосредственно в почве. Изменение агрофизических свойств при переходе к минимизации обработки проявляется в увеличении плотности, влажности почвы и других показателей. Увеличение плотности затрудняет появление всходов. Расход дополнительных запасных веществ снижает иммунитет растений, ослабляя их, и приводит к увеличению пораженности патогенами [27].

Все вышесказанное и тот факт, что овес является шестой культурой севооборота, объясняет достоверное увеличение поражения растений овса корневыми гнилями по плоскорезной обработке на 7,0 % по сравнению со вспашкой (НСР₀₅A = 5,9). Распространение болезни также было выше контроля на 4,2 % (НСР₀₅A = 3,1).

Обработка посевов овса суспензией клеток штамма *S. castelarensis* A4 и Псевдобактерином-2 привела к снижению поражения растений корневыми гнилями. Эффективность нового препарата А4 была сопоставима с эффектом от обработки посевов Псевдобак-

терином-2. При применении препаратов поражение снижалось в среднем по фактору на 17,1 и 17,4 % (НСР₀₅C_P = 3,9), развитие болезни было ниже на 7,7 и 7,4 % (НСР₀₅C_R = 3,3).

Корреляционный анализ показал, что связь развития корневых гнилей зерновых культур и запасов продуктивной влаги после всходов колебалась по годам от слабой до средней ($r = 0,28-0,60$), перед уборкой – от слабой до средней ($r = 0,25-0,46$). Тогда как связь развития болезни с плотностью пахотного слоя почвы после всходов по годам была от слабой до сильной ($r = 0,26-0,72$), а перед уборкой – слабой во все годы исследований ($r = 0,16-0,24$).

В наших исследованиях было также проанализировано поражение культур листостебельными заболеваниями и их вредоносность. Листостебельные болезни могут в значительной степени влиять и на биомассу растений, и на содержание хлорофилла в них. В основном это относится к болезням, возбудителями которых являются факультативные сапрофиты, вызывающие некрозы и отмирание листьев, стеблей [7].

На опытных посевах наиболее распространены были бурая и стеблевая ржавчины, септориоз на пшенице. Овес поражался в меньшей степени корончатой ржавчиной и красно-бурой пятнистостью.

Оптимальные условия для возбудителя бурой ржавчины – наличие капельной влаги и температуры +15-20 °С. Достаточно теплый май и дождливый июнь 2014 года вызвали развитие листовой ржавчины на уровне 18,5-32,2 %, что не вышло за пределы порога вредоносности (табл. 2). Превышение заболевания по плоскорезной обработке (на 1,6 %) было на уровне тенденции. Применение посевного комбинированного агрегата АППН-2,1 достоверно снижало интенсивность поражения бурой ржавчиной на 2,7 % (НСР₀₅V = 2,1). Обработка посевов препаратами была эффективна. Степень поражения этим заболеванием снижалась на 15,2 % после применения *S. castelarensis* A4 и на 11,6 % – после Псевдобактерина-2 (НСР₀₅C = 2,6). Следует отметить, что оба препарата более эффективны на фоне вспашки. Степень поражения пшеницы стеблевой ржавчиной была незначительной и не превышала по вариантам 0,9-3,2 %. Более активен был лабораторный образец А4, снижая заболевание на 1,8 %, с большим эффектом по вспашке (НСР₀₅C = 0,6).

³Там же. С. 35.

Таблица 2 – Степень поражения яровых зерновых культур листостебельными заболеваниями, % / Table 2 – Damage of spring cereals with leaf and stem diseases, %

| Способы обработки почвы / Way of soil treatment | | Препараты (С) / Preparations (C) | | | Среднее по фактору А / average for factor A | |
|---|-----------------------------------|--|---------------------------|------------------------|---|---|
| основная (А) / basic (A) | предпосевная (В) / pre-sowing (B) | Б/П (контроль) / Without preparation (control) | А4 / S. castellarensis A4 | ПБ2 / Pseudobacterin-2 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Яровая пшеница сорта Свеча / Spring wheat cv. Svecha | | | | | | |
| Бурая листовая ржавчина / Brown leaf rust | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 25,6 | 6,9 | 16,2 | 16,8 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 29,7 | 12,7 | 13,6 | | |
| | АППН-2,1 | 20,0 | 12,3 | 12,4 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 32,0 | 9,6 | 17,0 | 18,4 | |
| | КБМ-4,2 | 32,2 | 13,8 | 14,2 | | |
| | АППН-2,1 | 18,5 | 12,4 | 14,8 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor B: 18,0; 19,4; 15,1 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 2,1 | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor C: 26,5; 11,3; 14,9 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 2,6 | | | | | | |
| Стеблевая ржавчина / Stem rust | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 3,2 | 0,4 | 1,2 | 1,2 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 2,2 | 0,1 | 0,4 | | |
| | АППН-2,1 | 2,4 | 0,1 | 0,8 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 2,5 | 0,3 | 0,1 | 0,8 | |
| | КБМ-4,2 | 0,9 | 0,6 | 0,1 | | |
| | АППН-2,1 | 2,0 | 0,5 | 0,7 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor B: 1,3; 0,7; 1,0 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor C: 2,1; 0,3; 0,6 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 0,6 | | | | | | |
| Септориоз / Septoriosis | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 3,2 | 0,1 | 0,7 | 0,9 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 1,8 | 0,4 | 0,8 | | |
| | АППН-2,1 | 0,8 | 0,4 | 0,3 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 4,2 | 0,8 | 1,0 | 1,4 | |
| | КБМ-4,2 | 2,0 | 0,7 | 1,2 | | |
| | АППН-2,1 | 1,5 | 0,8 | 0,3 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor B: 1,7; 1,1; 0,7 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 0,7 | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor C: 2,2; 0,5; 0,8 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 1,0 | | | | | | |
| Ячмень сорта Лель / Barley cv. Lel' | | | | | | |
| Карликовая ржавчина / Dwarf leaf rust | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 49,0 | 24,5 | 35,0 | 34,5 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 50,5 | 22,0 | 32,5 | | |
| | АППН-2,1 | 42,0 | 30,5 | 39,0 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 50,0 | 28,0 | 34,0 | 36,1 | |
| | КБМ-4,2 | 42,5 | 31,0 | 29,5 | | |
| | АППН-2,1 | 43,0 | 26,5 | 30,0 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor B: 36,8; 34,7; 35,1 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor C: 46,2; 27,1; 33,3 НСР ₀₅ = 7,1 | | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
|--|------------------|------|-----|-----|-----|---|
| Стеблевая ржавчина / Stem rust | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 7,0 | 0,0 | 1,0 | | |
| | АППН-2,1 | 3,5 | 3,0 | 0,0 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 1,0 | 3,5 | 1,0 | 2,8 | |
| | КБМ-4,2 | 5,5 | 2,0 | 1,5 | | |
| | АППН-2,1 | 1,0 | 4,5 | 4,5 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor В: 1,5; 2,8; 2,6 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor С: 3,2; 2,5; 1,7 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 1,0 | | | | | | |
| Темно-бурая пятнистость / Dark brown spotting | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 2,0 | 0,5 | 0,0 | 1,1 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 2,0 | 1,5 | 0,5 | | |
| | АППН-2,1 | 2,0 | 0,0 | 0,5 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 2,5 | 2,0 | 1,1 | 1,7 | |
| | КБМ-4,2 | 3,5 | 1,0 | 1,5 | | |
| | АППН-2,1 | 3,5 | 1,5 | 1,0 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor В: 1,1; 1,5; 1,6 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor С: 2,4; 1,0; 0,7 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 1,2 | | | | | | |
| Овес сорта Сельма / Oats cv. Selma | | | | | | |
| Корончатая ржавчина / Crown rust | | | | | | |
| Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control) | КПС-4 (контроль) | 10,5 | 3,5 | 2,0 | 5,1 | НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T |
| | КБМ-4,2 | 6,0 | 5,0 | 2,2 | | |
| | АППН-2,1 | 7,0 | 3,5 | 6,0 | | |
| Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm | КПС-4 (контроль) | 11,5 | 3,9 | 4,5 | 5,4 | |
| | КБМ-4,2 | 10,9 | 3,5 | 5,5 | | |
| | АППН-2,1 | 5,5 | 2,5 | 3,5 | | |
| Среднее по фактору В / Average for factor В: 5,8; 5,3; 4,7 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = F _φ < F _T | | | | | | |
| Среднее по фактору С / Average for factor С: 8,5; 3,5; 3,8 НСР ₀₅ / LSD ₀₅ = 1,7 | | | | | | |

В настоящее время расширились ареалы распространения септориоза всех зерновых культур. Если до середины 1970-х годов это заболевание относилось к «малым» болезням, то сегодня септориоз лидирует в России по распространению и вредоносности [10].

Наши исследования показали, что степень поражения септориозом во все годы была незначительной, не превышала 5 % (30 % на 3-м листе сверху), что существенно ниже экономического ПВ. Основной способ обработки почвы не оказал влияния на развитие этой болезни, но использование комбинированного агрегата АППН-2,1 снижало заболеваемость на 1,0 % по сравнению с культивацией КПС-4 (НСР₀₅В = 0,7).

Препараты *S. castelarensis* А4 и Псевдобактерин-2 были активны и против септориоза

пшеницы, снижая его проявление на 1,7 и 1,4 % соответственно (НСР₀₅С = 1,0).

Высокий процент интенсивности поражения ячменя карликовой ржавчиной (42,0-50,5 %) был обусловлен жаркой погодой в мае-июне и обильными (выше нормы 118-146 %) осадками в июле и августе 2015 года. Исследования В. Е. Синещекова и Н. В. Васильевой [6] подтверждают, что как дефицитное, так и избыточное увлажнение неблагоприятны для развития листостебельных инфекций.

Способы обработки почвы не повлияли на развитие карликовой и стеблевой ржавчин и темно-бурой пятнистости. Несмотря на то, что в научной литературе много сведений о том, что минимализация обработки приводит к увеличению распространенности листостебельных болезней [28], в наших исследо-

ваниях подобная тенденция не наблюдалась. Интенсивность поражения ячменя карликовой ржавчиной была незначительно выше по плоскорезной обработке (на 1,2 %), чем по вспашке ($F_{\phi} < F_T$).

В достаточно высокой степени биоконтрольное действие препаратов проявилось на всех листостебельных заболеваниях ячменя. Препарат А4 интенсивнее снижал пораженность карликовой ржавчиной, чем Псевдобактерин-2, особенно на фоне вспашки. Уменьшение заболеваемости было ниже после обработки препаратами на 19,1 и 12,9 % соответственно, чем в контроле ($НСР_{05}C = 7,1$). Псевдобактерин-2, напротив, лучшее действие оказал на фоне плоскорезной обработки, снижая заболеваемость карликовой и стеблевой ржавчинами.

Изучаемые препараты снижали и поражаемость ячменя темно-бурой пятнистостью, достоверно уменьшая его интенсивность на 1,4 и 1,7 % соответственно ($НСР_{05}C = 1,2$).

Овес из листостебельных болезней в 2016 году поражался только корончатой ржавчиной. Теплый, временами жаркий, преимущественно с недобором осадков, вегетационный период благоприятствовал невысокой интенсивности поражения этим заболеванием – 5,5-11,5 %. На уровне тенденции отмечено повышение заболевания по плоскорезной обработке. И на этом же фоне – улучшение условий

для снижения корончатой ржавчины после обработки почвы и посева комбинированным агрегатом АППН-2,1. По эффективности действия на снижение заболевания препараты были сопоставимы. Обработка посевов снижала заболеваемость на 5,0 и 4,7 % соответственно ($НСР_{05}C = 1,7$ %). Действие препарата А4 более эффективно было по фону плоскорезной обработки, препарат Псевдобактерин-2 лучшее действие оказал по вспашке.

Выводы. Таким образом, исследования, проведенные на дерново-подзолистых средне-суглинистых почвах, показали, что влияние основной и предпосевной обработок почвы на заболеваемость яровых зерновых культур по годам было неоднозначным. Только на шестой культуре севооборота (овсе) пораженность корневыми гнилями увеличивалась по плоскорезной обработке, о чем свидетельствует большинство исследований в других регионах. Влияние основных обработок на заболеваемость растений корневыми гнилями определялось в большей степени агрофизическими свойствами (плотность и влажность почвы). На снижение интенсивности поражения, развития заболеваемости корневыми гнилями и листостебельными инфекциями оказали влияние применяемые препараты. По эффективности влияния новый штамм *Streptomyces castelarensis* А4 сопоставим с коммерческим препаратом Псевдобактерин-2.

Список литературы

1. Чекмарев П. А. Для обеспечения продовольственной безопасности страны. Защита и карантин растений. 2013;(3):3-4. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18810673>
2. Захаренко В. А. Оценка потенциала фитосанитарии в зерновом производстве России (методика оценки и показатели). Защита и карантин растений. 2013;(10):3-7. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20306863>
3. Акчурин Л. Р., Гарипова Г. Н. Биологизированные агротехнологии при возделывании озимых зерновых культур в степных зонах Башкортостана. Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта: Междунар. науч. экологическая конф. Под ред. И. С. Белюченко. Краснодар: изд-во Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, 2016. С. 40-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25901413>
4. Бибик Т. С., Шаркевич В. В., Смолева Е. Ю., Петросян Р. Д. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от систем обработки почвы и минеральных удобрений. Владимирский земледелец. 2013;2(64): 31-33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20309103>
5. Назарова Я. И., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Широких И. Г. Скрининг стрептомицетов – антагонистов фитопатогенных грибов для биологической защиты растений. Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: мат-лы XIV Всеросс. науч.-практ. конф. с международным участием. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 350-354. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28080176>
6. Синещков В. Е., Васильева Н. В. Фитосанитарная ситуация в зерновых агроценозах при минимизации обработки почвы: монография. Новосибирск: ФГБНУ «СибНИИЗиХ», 2015. 138 с.
7. Железова С. В., Акимов Т. А., Белошапкина О. О., Березовский Е. В. Влияние разных технологий возделывания озимой пшеницы на урожайность и фитосанитарное состояние посевов (на примере полевого опыта Центра точного земледелия РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева). Агротехнологии. 2017;(4):65-75. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29296784>
8. Hysek J., Vach M., Zabka M., Javurek M. Biological Protection against Fungal Diseases of Winter Wheat under Different Soil Tillage Technologies. Journal of agricultural Science and Technology. 2011;5(4(35)):385-392. URL: https://www.researchgate.net/publication/259991563_Biological_Protection_against_Fungal_Diseases_of_Winter_Wheat_under_Different_Soil_Tillage_Technologies

9. Шешегова Т. К. Анализ фитосанитарного состояния посевов яровых зерновых культур в Кировской области (аналитический обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;5(48):10-14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24113596>
10. Санин С. С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства. Защита и карантин растений. 2013;(12):3-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20616117>
11. Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Фомина М. Ю. Целесообразность применения фунгицидов на яровой пшенице. Защита и карантин растений. 2012;(10):47-49. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17953666>
12. Семынина Т. В. Качество семян не позволяет экономить на протравливании. Защита и карантин растений. 2013;(8):19-21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19644231>
13. Рзаева В. В., Фисунов Н. В. Основная обработка почвы при возделывании яровой пшеницы в Северном Зауралье. Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. и Школы молодых ученых, посвящ. Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почвы. Курск: изд-во ООО «ТОП+», 2017. С. 238-241. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29972689>
14. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России. *Земледелие*. 2018;(3):3-8. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10301>
15. Самофалова И. А., Каменских Н. Ю., Кизилская Р., Ашкин Т. Влияние приемов основной обработки в южно-таежной подзоне на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы. *Пермский аграрный вестник*. 2015;1(9):55-61. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23172593>
16. Белошапкина О. О., Акимов Т. А. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки дерново-подзолистой почвы. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016;(3):47-60. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26686928>
17. Романенко А. А., Васюков П. П. Кто поставит точку в войне с землей? *Земледелие*. 2006;(6):23-25.
18. Цветков М. Л. Ресурсосбережение в земледелии юга Западной Сибири: монография. Saarbrücken LAP. 2014. 294 с.
19. Черкасов Г. Н., Дубовик Д. В., Масютенко Н. П., Чуюн О. Г., Акименко А. С., Гуреев И. И. и др. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. 188 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29730624>
20. Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.* 2010;32(11):1559-1570. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0347-0>
21. Широких И. Г., Бакулина А. В., Назарова Я. И., Широких А. А., Козлова Л. М. Влияние *Streptomyces castelarensis* на заболеваемость и урожайность зерновых культур полевого севооборота. *Микология и фитопатология*. 2020;54(1):59-66. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0026364820010080>
22. Данилова А. А. Фитотоксичность грибного комплекса в выщелоченном черноземе Приобья при различных способах основной обработки почвы. *Сельскохозяйственная биология*. 2010;45(3):108-111. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/3-2010daniлова.html>
23. Максюттов Н. А., Скороходов В. Ю., Кафтан Ю. В., Митрофанов Д. В., Зенкова Н. А., Жижин В. Н. Влияние густоты стояния растений яровой твердой пшеницы на ее урожайность в степной зоне южного Урала. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017;(3):16-18. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29746998>
24. Чулкина В. А., Торопова Е. Ю., Павлова О. И., Воробьева И. Г., Ховалыг Н. А. Современные экологические основы интегрированной защиты растений. *Защита и карантин растений*. 2008;(9):18-22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13794832>
25. Таланов И. П., Ахметзянов М. Р., Вафина Л. Т. Фитосанитарное состояние посевов и урожайность озимой ржи. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2016;1(39):5-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26164286>
26. Белошапкина О. О., Николаев В. А., Акимов Т. А. Развитие грибных болезней озимой пшеницы при разных способах основной обработки почвы. Проблемы развития АПК региона. 2015;3(23):19-23. Режим доступа: https://apk05.ru/documents/apk2015/apk_3_2015.pdf
27. Tambong J. T., Barasubiye T., Gregorch E. G., VeLaughlin N. B., Levesque C. A. A molecular study on the effect of soil compaction on the ecology of Pythium communities. *Proc. of Symp. on Crop Protection. Gent. Belgium*. 2005. P.3.
28. Глазунова Н. И., Романенко Е. С., Шипула А. Н., Дергунова Е. В. Способы обработки почвы и комплекс патогенных микроорганизмов в агроценозе озимой пшеницы. *Земледелие*. 2012;(4):31-33.

References

1. Chekmarev P. A. *Dlya obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti strany*. [To ensure the food safety of the country]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(3):3-4. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18810673>
2. Zakharenko V. A. *Otsenka potentsiala fitosanitarii v zernovom proizvodstve Rossii (metodika otsenki i pokazately)*. [Assessment of the potential of phytosanitary in grain production in Russia (assessment methodology and indicators)]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(10):3-7. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20306863>
3. Akchurin L. R., Garipova G. N. *Biologizirovannyye agrotekhnologii pri vozdeleyanii ozimyykh zernovykh kul'tur v stepnykh zonakh Bashkortostana*. [Biologicaland agricultural technology in the cultivation of winter crops in the steppe zone of Bashkortostan]. *Sovmeshchennyye posevy polevykh kul'tur v sevooborote agrolandshafta: Mezhdunar. nauch. ekologicheskaya konf. Pod red. I. S. Belyuchenko*. [Combined crops of field crops in the crop rotation of the agricultural landscape: Intern. scientific and ecological conference. Edited by I. S. Belyuchenko]. Krasnodar:

izd-vo Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni I. T. Trubilina, 2016. pp. 40-43. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25901413>

4. Bibik T. S., Sharkevich V. V., Smoleva E. Yu., Petrosyan R. D. *Fitosanitarnoe sostoyanie posevov yarovoy pshenitsy v zavisimosti ot sistem obrabotki pochvy i mineral'nykh udobreniy*. [Phytosanitary condition of crops of the spring-sown field depending on systems of processing of the soil and mineral fertilizers]. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agricolist*. 2013;2(64): 31-33. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20309103>

5. Nazarova Ya. I., Sheshhegova T. K., Shchekleina L. M., Shirokikh I. G. *Skrining streptomisetov – antagonistov fitopatogennykh gribov dlya biologicheskoy zashchity rasteniy*. [Screening of streptomycetes - antagonists of phytopathogenic fungi for biological protection of plants]. *Biodiagnostika sostoyaniya prirodnykh i prirodno-tekhnogennykh sistem: mat-ly XIV Vseross. nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem*. [Bio-diagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems: Proceedings of the XIVth All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Kirov: *izd-vo OOO «Raduga-PRESS»*, 2016. pp. 350-354. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28080176>

6. Sineshchekov V. E., Vasil'eva N. V. *Fitosanitarnaya situatsiya v zernovykh agrotsenozakh pri minimizatsii obrabotki pochvy: monografiya*. [Phytosanitary situation in the grain agrocenoses at minimizing tillage]. Novosibirsk: *FGBNU «SibNIIZiKh»*, 2015. 138 p.

7. Zhelezova S. V., Akimov T. A., Beloshapkina O. O., Berezovskiy E. V. *Vliyanie raznykh tekhnologiy vozdeylvaniya ozimoy pshenitsy na urozhaynost' i fitosanitarnoe sostoyanie posevov (na primere polevogo opyta Tsentra tochnogo zemledeliya RGAU-MSkha im. K.A. Timiryazeva)*. [The productivity and phytosanitary status of winter wheat crops under different cultivation technologies in the field experiment at precision agriculture centre]. *Agrokimiya*. 2017;(4):65-75. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29296784>

8. Hysek J., Vach M., Zabka M., Javurek M. Biological Protection against Fungal Diseases of Winter Wheat under Different Soil Tillage Technologies. *Journal of agricultural Science and Technology*. 2011;5(4(35)):385-392. URL: https://www.researchgate.net/publication/259991563_Biological_Protection_against_Fungal_Diseases_of_Winter_Wheat_under_Different_Soil_Tillage_Technologies

9. Sheshhegova T. K. *Analiz fitosanitarnogo sostoyaniya posevov yarovykh zernovykh kul'tur v Kirovskoy oblasti (analiticheskiy obzor)*. [Analysis of a phytosanitary condition of sowings of spring grain crops in the Kirov region (analytical review)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(5(48)):10-14. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24113596>

10. Sanin S. S. *Fitosanitarnye problemy intensivnogo rastenievodstva*. [Phytosanitary problems of intensive plant breeding]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(12):3-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20616117>

11. Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Fomina M. Yu. *Tselesoobraz-nost' primeneniya fungitsidov na yarovoy pshenitsie*. [Applicability of fungicides in spring wheat]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2012;(10):47-49. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17953666>

12. Semynina T. V. *Kachestvo semyan ne pozvolyaet ekonomit' na protravlivanii*. [Quality of seeds does not allow economizing on seed treatments]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(8):19-21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19644231>

13. Rzaeva V. V., Fisunov N. V. *Osnovnaya obrabotka pochvy pri vozdeylvanii yarovoy pshenitsy v Severnom Zaural'e*. [Basic tillage for spring wheat cultivation in the Northern TRANS-Urals]. *Aktual'nye problemy zemledeliya i zashchity pochv ot erozii: sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. i Shkoly molodykh uchenykh, posvyashch. Godu ekologii i 50-letiyu vykhoda Postanovleniya o bor'be s eroziyey pochvy*. [Actual problems of agriculture and soil protection from erosion: Collection of reports of International scientific and practical Conf. and Schools of young scientists, vol. Year of ecology and the 50th anniversary of the Decree on combating soil erosion]. Kursk: *izd-vo OOO «TOP+»*, 2017. pp. 238-241. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29972689>

14. Kiryushin V. I. *Zadachi nauchno-innovatsionnogo obespecheniya zemledeliya Rossii*. [Tasks of scientific and innovative support of agriculture in Russia]. *Zemledelie*. 2018;(3):3-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10301>

15. Samofalova I. A., Kamenskikh N. Yu., Kizil'skaya R., Ashkin T. *Vliyanie priemov osnovnoy obrabotki v yuzhno-taеzhnoy podzone na gumusnoe sostoyanie dervno-podzolistoy pochvy*. [Influence of primary tillage practices in south-taiga subzone on organic matter state in sod-podzolic soil]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2015;1(9):55-61. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23172593>

16. Beloshapkina O. O., Akimov T. A. *Dinamika i patogennyi sostav kornevykh gniley ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot sposobov osnovnoy obrabotki dervno-podzolistoy pochvy*. [Dynamics and pathogenic composition of winter wheat root rots depending on the basic tillage methods of the sod-podzolic soil]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2016;(3):47-60. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26686928>

17. Romanenko A. A., Vasyukov P. P. *Kto postavit tochku v voyne s zemley?* [Who will put an end to the war with earth?]. *Zemledelie*. 2006;(6):23-25. (In Russ.).

18. Tsvetkov M. L. *Resursosberezhenie v zemledelii yuga Zapadnoy Sibiri: monografiya*. [Resource conservation in agriculture in the South of Western Siberia: monograph]. Saarbrücken LAP, 2014. 294 p.

19. Cherkasov G. N., Dubovik D. V., Masyutenko N. P., Chuyan O. G., Akimenko A. S., Gureev I. I. etc. *Nauchno-prakticheskie osnovy adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya Kurskoy oblasti*. [Scientific and practical bases of adaptive landscape system of agriculture of the Kursk region]. Kursk: *FGBNU VNIIZiZPE FANO Rossii*, 2017. 188 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29730624>

20. Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.* 2010;32(11):1559-1570. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0347-0>

21. Shirokikh I. G., Bakulina A. V., Nazarova Ya. I., Shirokikh A. A., Kozlova L. M. *Vliyanie Streptomyces castelarensis na zabolevaemost' i urozhaynost' zernovykh kul'tur polevogo sevooborota*. [Effect of streptomyces castelarensis A4 on the lesion by phytopathogenic micromycetes and the yield of grain crops of field rotation]. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*. 2020;54(1):59-66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0026364820010080>

22. Danilova A. A. *Fitotoksichnost' gribnogo kompleksa v vyshchelochennom chernozeme Priob'ya pri razlichnykh sposobakh osnovnoy obrabotki pochvy*. [Phytotoxicity of fungal complex in leached chernozem of Priob'e during different methods of main soil cultivation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2010;45(3):108-111. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/3-2010danilova.html>

23. Maksyutov N. A., Skorokhodov V. Yu., Kaftan Yu. V., Mitrofanov D. V., Zenkova N. A., Zhizhin V. N. *Vliyanie gustoty stoyaniya rasteniy yarovoy tverдой pshenitsy na ee urozhaynost' v stepnoy zone yuzhnogo Urala*. [Influence of spring durum wheat plants density on crop yields in the steppe zone of south Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;(3):16-18. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29746998>

24. Chulkina V. A., Toropova E. Yu., Pavlova O. I., Vorob'eva I. G., Khovalyng N. A. *Sovremennye ekologicheskie osnovy integrirrovannoy zashchity rasteniy*. [Modern ecological bases of integrated plant protection]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2008;(9):18-22. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13794832>

25. Talanov I. P., Akhmetzyanov M. R., Vafina L. T. *Fitosanitarnoe sostoyanie posevov i urozhaynost' ozimoy rzhii*. [Phytosanitary state of crops and winter rye productivity]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2016;1(39):5-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26164286>

26. Beloshapkina O. O., Nikolaev V. A., Akimov T. A. *Razvitie gribnykh bolezney ozimoy pshenitsy pri raznykh sposobakh osnovnoy obrabotki pochvy*. [Development of winter wheat fungal diseases under different types of primary soil tillage]. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2015;3(23):19-23. (In Russ.). URL: https://apk05.ru/documents/apk2015/apk_3_2015.pdf

27. Tambong J. T., Barasubiye T., Gregorch E. G., VeLaughlin N. B., Levesque C. A. A molecular study on the effect of soil compaction on the ecology of Pythium communities. *Proc. of Symp. on Crop Protection*. Gent. Belgium. 2005. P.3.

28. Glazunova N. I., Romanenko E. S., Shipulya A. N., Dergunova E. V. *Sposoby obrabotki pochvy i kompleks patogennykh mikroorganizmov v agrotsenoze ozimoy pshenitsy*. [Ways of soil treatment and complex of pathogenic micromycetes in agrocenosis of winter wheat]. *Zemledele. 2012;(4):31-33*. (In Russ.).

Сведения об авторах

✉ **Козлова Людмила Михайловна**, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом земледелия, агрохимии и кормопроизводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6363-0996>, e-mail: zemledele_niish@mail.ru

Носкова Евгения Николаевна, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4685-7865>, e-mail: zemledele_niish@mail.ru

Попов Фёдор Александрович, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии и кормопроизводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9801-3453>, e-mail: zemledele_niish@mail.ru

Information about the authors

✉ **Lyudmila M. Kozlova**, DSc in Agricultural science, leading researcher, Head of the Department of Crop Farming, Agrochemistry and Fodder Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6363-0996>, e-mail: zemledele_niish@mail.ru

Eugenia N. Noskova, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Soil Management, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4685-7865>, e-mail: zemledele_niish@mail.ru

Fyodor A. Popov, PhD in Agricultural science, senior researcher, Head of the Laboratory of Agrochemistry and Fodder Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9801-3453>, e-mail: zemledele_niish@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author