

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИРОДНЫМИ АДСОРБЕНТАМИ НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

А.С. Коробейников, кандидат сельскохозяйственных наук

Л.Ф. Ашмарина, доктор сельскохозяйственных наук

М.П. Казанцев, аспирант

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

E-mail: contra.boehm@gmail.com

Ключевые слова: возбудители, пшеница, рожь, ячмень, адсорбенты, глины, *Alternaria*, *Fusarium*, зараженность.

Реферат. В условиях Западной Сибири существует проблема ежегодного поражения зерновых культур комплексом фитопатогенов, влияющего на ряд качеств семенного материала, таких как всхожесть, энергия прорастания и др. На эти показатели оказывают влияние также условия формирования и уборки зерна. Накопление в зерне продуктов жизнедеятельности фитопатогенов приводит к ухудшению его органолептических свойств, снижению всхожести, а кроме того, микотоксины несут опасность для здоровья человека. Таким образом, обработка посевного материала в целях его защиты от болезней и вредителей является одним из наиболее экономичных мероприятий по защите растений. При этом ввиду ряда негативных свойств химических препаратов – таких, как экологическая опасность и высокая стоимость обработки – целесообразным становится поиск более безопасных способов. В данной работе использовались природные адсорбенты на основе глин различного происхождения с целью изучения их влияния на фитосанитарное состояние семян зерновых культур при послеуборочной обработке. В ходе исследования изучались такие показатели фитосанитарного состояния семенного материала, как исходная зараженность семян до закладки на хранение, распространенность и индексы развития болезней в фазу кущения после обработки семян различными глинами. Результаты показали, что в целом обработка адсорбентами благоприятно действует на фитосанитарное состояние семян зерновых культур. Обработка семян яровой пшеницы белой глиной привела к достоверно более низким показателям распространенности и развития корневых гнилей. Подобный же результат в опыте с озимой пшеницей был получен при обработке семян красной глиной. На ржи снижение развития корневой гнили наблюдалось при обработке белой и желтой глинами, на ячмене – белой и красной; в опыте с желтой глиной положительного эффекта на ячмене не наблюдалось.

INFLUENCE OF TREATMENT OF GRAIN SEEDS WITH NATURAL ADSORBENTS ON THE PHYTOSANITARY CONDITION OF SEED MATERIAL

A.S. Korobeinikov, PhD in Agricultural Sciences

L.F. Ashmarina, Doctor of Agricultural Sciences

M.P. Kazantsev, PhD student

Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of RAS

E-mail: contra.boehm@gmail.com

Keywords: pathogens, wheat, rye, barley, adsorbents, clays, *Alternaria*, *Fusarium*, contamination.

Abstract. In the conditions of Western Siberia, there is a problem of annual damage to grain crops by a complex of phytopathogens, which affects several qualities of seed material, such as germination, germination energy, etc. The conditions of grain formation and harvesting also influence these indicators. The accumulation of waste products of phytopathogens in grain leads to a deterioration in its organoleptic properties, a decrease in germination, and mycotoxins pose a danger to human health. Thus, processing seed material to protect it from diseases and pests is one of the most economical plant protection measures. At the same time, due to the many harmful properties of chemicals - such as environmental hazards and high processing costs - it becomes advisable to search for safer methods. In this work, natural adsorbents based on clays of various origins were used to study their effect on the phytosanitary state of grain seeds during post-harvest processing. The study examined such indicators of the phytosanitary state of seed material as the initial contamination of seeds before storage and the

prevalence and indices of disease development in the tillering phase after treating seeds with various clays. The results showed that, in general, treatment with adsorbents has a beneficial effect on the phytosanitary condition of grain seeds. Treatment of spring wheat seeds with white clay led to significantly lower rates of prevalence and development of root rot. A similar result was obtained in an experiment with winter wheat when seeds were treated with red clay. On rye, a decrease in the development of root rot was observed when treated with white and yellow clays, and on barley – with white and red; in the experiment with yellow clay, no positive effect was observed on barley.

В настоящее время семена сельскохозяйственных культур в Западной Сибири поражаются целым комплексом разнообразных болезней [1, 2]. Это оказывает негативное влияние на ряд качеств семенного материала – таких, как всхожесть, энергия прорастания и др. [3]. На качество семян, наряду с высокой зараженностью, оказывают большое влияние условия формирования и уборки зерна. Природно-климатические условия региона в период уборки урожая не всегда благоприятны. В опытах академика ВАСХНИЛ П.Н. Константинова [4] установлено, что разница в урожайности при посеве яровой пшеницы, ячменя и овса семенами одного и того же сорта, но разными по месту происхождения, может достигнуть 83,3% и перекрыть сортовые различия.

Под действием патогенных микроорганизмов, находящихся на семенах, изменяются, прежде всего, основные показатели свежести зерна: цвет, блеск, запах и вкус. Изменение цвета зерна сопровождается образованием запахов разложения, обусловленных развитием микрофлоры. Результатом накопления в зерне продуктов активной жизнедеятельности грибов являются плесневый и затхлый запахи, которые могут появиться в партиях зерна с повышенной влажностью очень быстро – через несколько суток хранения [5, 6]. Плесневение зерна сопровождается понижением его всхожести, что объясняется отравлением клеток зародыша семенами продуктами метаболизма грибов, обладающими токсическими свойствами. Зерно пшеницы, содержащее зерновки с потемневшими зародышами, считают больным. Развитие фитопатогенных грибов в зерне в период хранения может сопровождаться образованием микотоксинов [7, 8]. Микотоксины – продукты жизнедеятельности плесеней – чрезвычайно токсичны для животных и человека. Обнаружено более 200 токсических веществ, выделяемых плесневыми грибами: афлатоксины, ократоксины, патулин, зеараленон и др. [9, 10]. Кроме

того, из-за потери питательных веществ и повреждения клеток эффективность прорастания снижается с увеличением срока хранения, что отрицательно сказывается на биохимических свойствах семян пшеницы [11, 12].

Высококачественные семена – один из важнейших элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Они определяют оптимальную густоту посева, рост и развитие растений и в конечном счете урожайность. Однако они могут являться носителями многих возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. Сохраняясь в семенах, они приводят к значительным потерям урожая за счет снижения количества продуктивных стеблей (пыльная и твердая головня злаковых культур, фузариозная корневая гниль и др.).

Обработка посевного материала в целях его защиты от болезней и вредителей является одним из наиболее целенаправленных и, следовательно, экономичных мероприятий по защите растений. Однако химические протравители, которые достаточно эффективно обеззараживают семена, имеют ряд негативных качеств: высокая стоимость обработки и экологическая опасность. Послеуборочная обработка семян от болезней природными адсорбентами различного состава является наиболее экологичным способом. К таким адсорбентам относится глина.

Глина – это природное ископаемое, осадочная горная порода. Породообразующим минералом в глине является каолинит. В его составе 47% оксида кремния и 39% оксида алюминия. В зависимости от происхождения глина может иметь различный состав микроэлементов. Она может быть различных оттенков: темный цвет приобретает за счет углерода и железа, голубой – за счет минерала монтмориллонита. В старину глиной обмазывали штабы деревьев: считалось, что это лучший природный антисептик. По происхождению глины бывают материковыми и морскими. Есть глины поверхностные (вторичный продукт) и глубинные.

Глины глубокого залегания, которые добывают с глубины 30-100 м, сформировались более 500 млн лет назад. Микроэлементы из них не вымывались, и они не пропитаны вредными веществами. Именно такую глину используют в садоводстве, для лечения и в косметических целях.

Цель исследований – изучить влияние послеуборочной обработки семян зерновых культур адсорбентами на основе глин различного происхождения на их фитосанитарное состояние.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в секторе иммунитета и защиты растений СибНИИ кормов СФНЦА РАН. Оценку влияния обработки адсорбентами на зараженность семян различных зерновых культур осуществляли в лабораторном опыте. В конце уборки семена, доведенные до посевных кондиций согласно ГОСТу, обрабатывали различными адсорбентами. В опыте использовали следующие культуры: пшеницу яровую, пшеницу озимую, рожь и ячмень.

Обработку семян проводили адсорбентами на основе различных глин (белая, желтая, красная) по определенной новаторской технологии (находится на стадии патентования). Затем семена закладывали на хранение в естественных условиях хранения. Отбор семян для контроля их фитосанитарного состояния и изменения посевных качеств проводили через 7 месяцев хранения. Микологический анализ семян осуществляли по методу А.Н. Наумова [9], видовую идентификацию грибов – по определителям М.К. Хохрякова [13], В.И. Билай [14, 15], и Н.М. Пидопличко [16].

Оценку влияния обработки глинами семян зерновых на поражение фитопатогенами в полевых условиях проводили в микрополе в опыте на опытном поле СибНИИ кормов. Повторность опыта трехкратная. Учет корневой гнили растений (в фазу кущения) осуществляли по общепринятым методикам.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Snedecor и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проводили на четырех наиболее распространенных зерновых культурах, возделываемых в Западной Сибири. Исходный анализ инфицирования семян яровой пшеницы фитопатогенными грибами после уборки показал достаточно высокий уровень их заспоренности. Так, заражение грибами рода *Alternaria* составило 100 %, видами рода *Fusarium* – 40, *Bipolaris* – 14 %, что превышает порог вредности.

В процессе длительного хранения семян (через 7 месяцев) наблюдалось снижение уровня зараженности грибами рода *Alternaria* в результате обработки всеми видами глин в 1,28–1,46 раза (рис. 1). В отношении грибов рода *Fusarium* также отмечено уменьшение заражения во всех вариантах опыта. В процессе хранения выявлено низкое инфицирование грибом *B. sorokiniana* – (от 2 до 4 %). В варианте с желтой глиной произошло повышение зараженности грибами рода *Penicillium*, хотя статистически не достоверно.

Подтверждением обеззараживающего действия адсорбентов на основе глин служат данные, полученные в микрополе в опыте. В фазу полного кущения различные подземные органы яровой пшеницы были проанализированы на интенсивность развития и распространенность корневой гнили (рис. 2, 3). Полученные результаты свидетельствуют, что в большинстве случаев установлена тенденция к снижению индекса развития болезни в результате обработки различными адсорбентами. Так, наиболее четкие достоверные результаты (по тесту Данна ($p < 0,1$)) получены по развитию заболевания на основании стебля растений, выросших из семян, обработанных белой глиной. В этом варианте отмечено снижение развития заболевания на всех проанализированных органах. В результате обработки другими глинами также наблюдалось снижение индекса развития болезни, но достоверного обеззараживающего эффекта не выявлено.

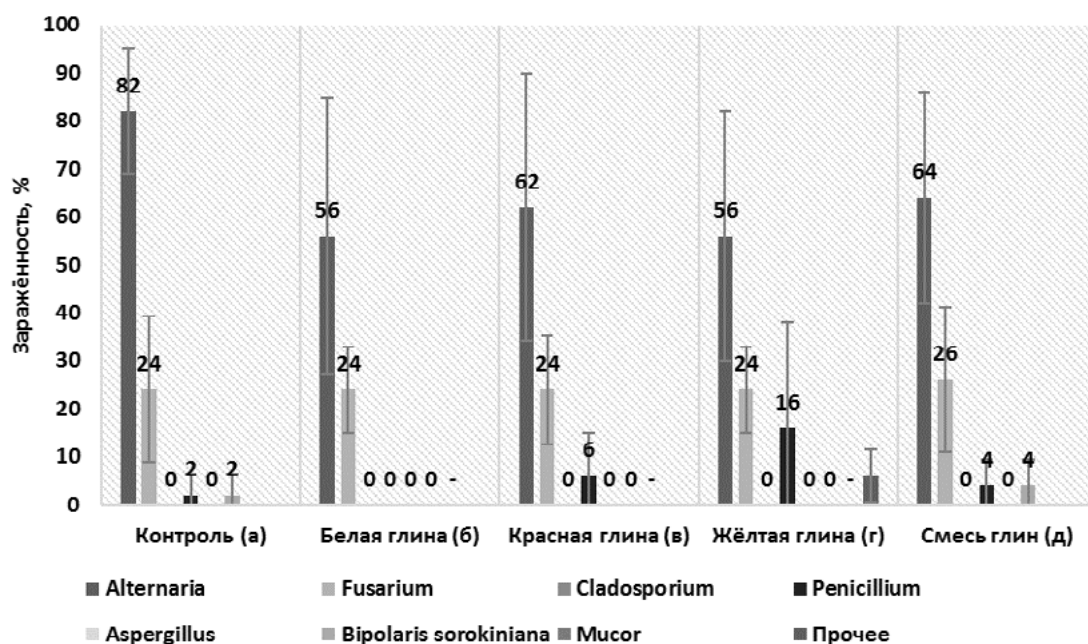


Рис. 1. Заражённость семян яровой пшеницы после 7 месяцев хранения. Здесь и далее: буква – значимость отличия от соответствующего варианта по тесту Данна (в данном случае: $p < 0,05$); планки погрешностей – стандартное отклонение

Contamination of spring wheat seeds after 7 months of storage. After this: letter – the significance of difference from the corresponding option according to Dunn's test (in this case: $p < 0.05$); Error bars – standard deviation

Среди проанализированных органов пшеницы отмечено наиболее сильное проявление корневой гнили у эпикотили и основания стебля в контроле, а в результате обработки семян адсорбентами происходило значительное сни-

жение развития болезни. Распространенность заболевания на основании стебля растения превышала 50 %, а в результате обработки глинами происходило значительное снижение (см. рис. 3).

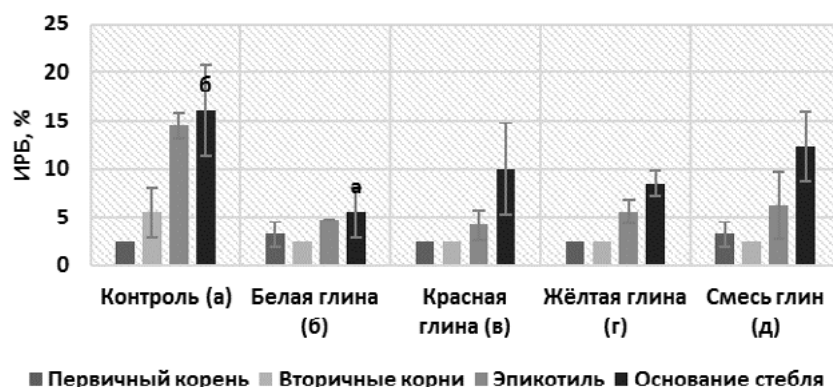


Рис. 2. Индексы развития корневой гнили яровой пшеницы в фазу полного кущения ($p < 0,1$)

Indices of development of root rot of spring wheat in the complete tillering phase ($p < 0.1$)

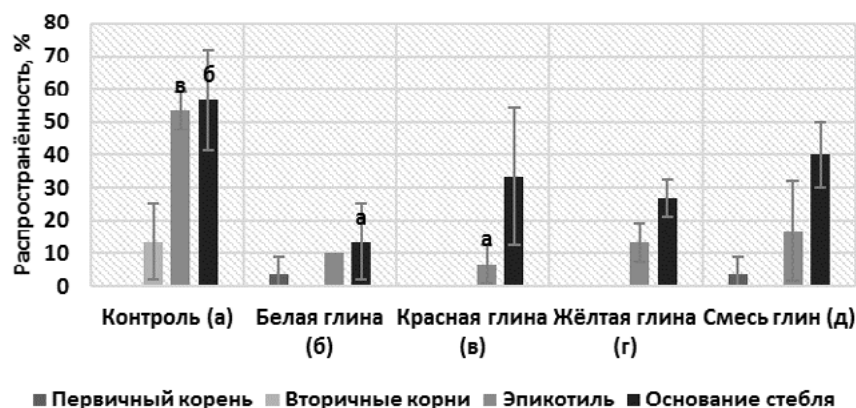


Рис. 3. Распространенность корневой гнили яровой пшеницы в фазу полного кущения ($p < 0,1$)
Prevalence of root rot of spring wheat in the complete tillering phase ($p < 0,1$)

Изучение семян озимой пшеницы показало, что их исходное заражение (до закладки опыта) грибами рода *Alternaria* составило 100%, видами рода *Fusarium* – 8, а грибом *B. sorokiniana* – 12 %, что превышает порог вредоносности и свидетельствует о высокой инфицированности возбудителями корневой гнили.

При хранении семян в течение 7 месяцев с даты обработки семян озимой пшеницы всеми

глинами достоверного снижения зараженности не отмечено (рис. 4), однако наблюдается тенденция к снижению общей численности грибов рода *Alternaria*. В то же время увеличилось число колоний грибов рода *Fusarium* в результате обработки белой и красной глинами, хотя статистически недостоверно.

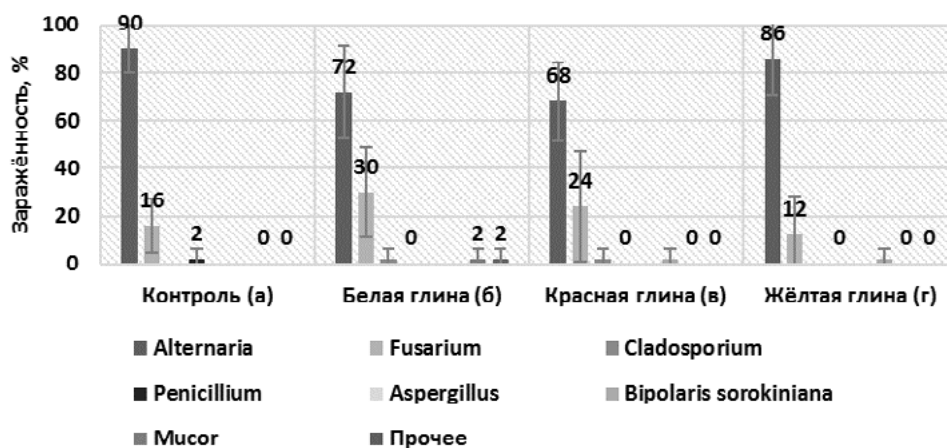


Рис. 4. Заражённость семян озимой пшеницы после 7 месяцев хранения ($p < 0,05$)
Infection of winter wheat seeds after 7 months of storage ($p < 0,05$)

Результаты, полученные в ходе полевого опыта, свидетельствуют, что в большинстве случаев установлена тенденция к снижению распространенности и индекса развития болезней озимой пшеницы в результате обработки различными адсорбентами. Так, достоверные результаты по тесту Данна ($p < 0,05$) получены

при применении красной глины на семенах озимой пшеницы (рис. 5, 6). Наиболее сильное проявление корневой гнили выявлено у основания стебля в контроле (выше ЭПВ), а в результате обработки семян всеми видами глин происходило значительное снижение индекса развития болезни.

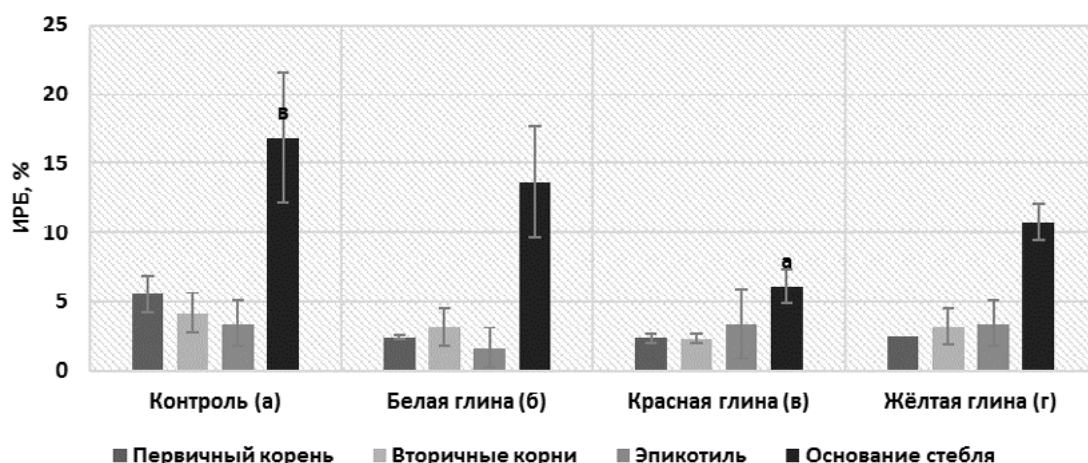


Рис. 5. Индексы развития корневой гнили озимой пшеницы в фазу полного кущения ($p < 0,1$)
Indices of development of root rot of winter wheat in the complete tillering phase ($p < 0,1$)

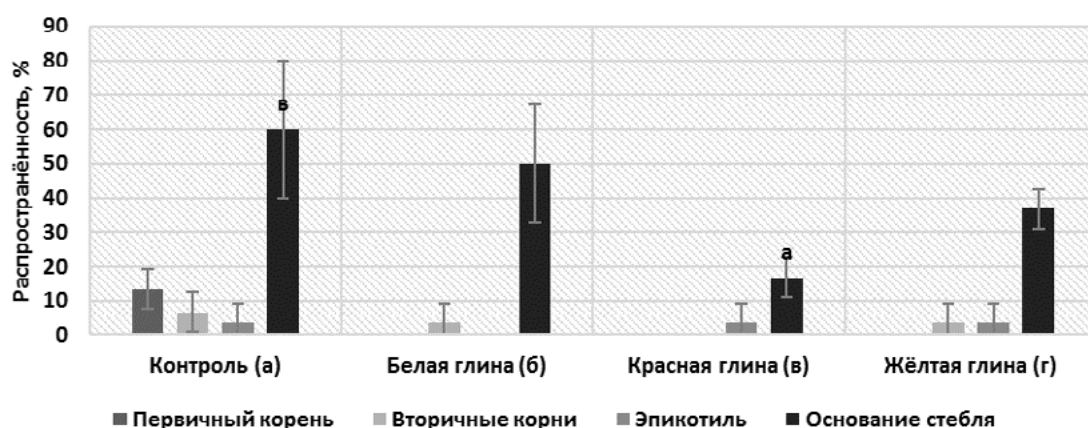


Рис. 6. Распространённость корневой гнили озимой пшеницы в фазу полного кущения ($p < 0,1$)
Prevalence of root rot of winter wheat in the complete tillering phase ($p < 0,1$)

Изучение исходной (послеуборочной) зараженности семян ржи показало, что заражение семян грибами рода *Alternaria* составляло 98 %, видами рода *Fusarium* – 28, а *B. sorokiniana* – 4%. Это также превышает порог вредоносности и свидетельствует о неблагоприятной фитосанитарной ситуации по инфицированности семян ржи возбудителями корневой гнили.

Обработка семян ржи глинами привела к незначительному и недостоверному снижению

их зараженности патогенами рода *Alternaria* (рис. 7). У семян, обработанных красной и белой глинами, наблюдалось отсутствие грибов рода *Bipolaris* по сравнению с контролем, хотя это статистически не достоверно. Отмечено уменьшение уровня инфицированности грибами рода *Fusarium* при применении адсорбента на основе желтой глины.

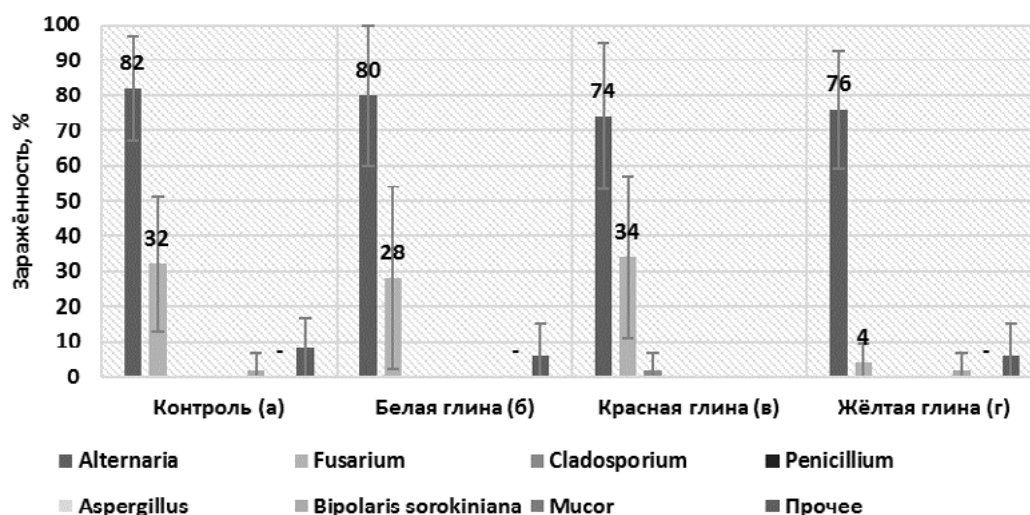


Рис. 7. Заражённость семян ржи после 7 месяцев хранения ($p < 0,05$)
Infection of rye seeds after 7 months of storage ($p < 0,05$)

Анализ растений ржи на развитие корневой гнили в полевых условиях в большинстве случаев выявил тенденцию к снижению индекса развития болезни в результате обработки различными адсорбентами.

Следует отметить, что в полевых условиях на растениях ржи отмечено наиболее эффективное действие адсорбентов. Среди проанализированных органов наиболее сильное проявление корневой гнили выявлено у основания стебля

растений в контроле (выше ЭПВ), а в результате обработки семян адсорбентами отмечен оздоравливающий эффект: выявлено значительное снижение индекса развития болезни. В результате использования глин происходило значительное снижение распространенности болезни. Так, например, в контроле этот показатель на основании стебля превышал 70 %, а в результате обработки глинами уменьшался в 3,35–7,12 раза (рис. 8, 9).

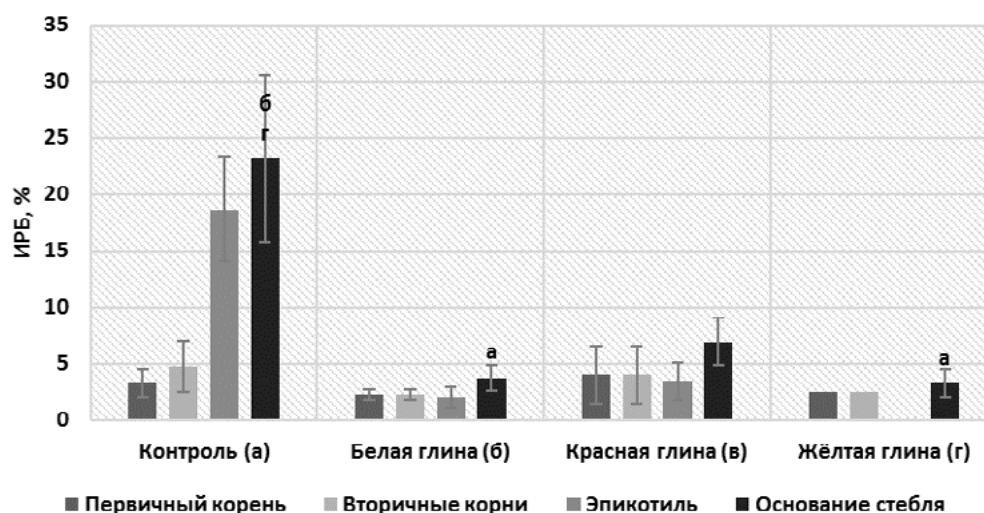


Рис. 8. Индексы развития корневой гнили ржи в фазу полного кущения ($p < 0,1$)
Development indices of rye root rot in the complete tillering phase ($p < 0,1$)

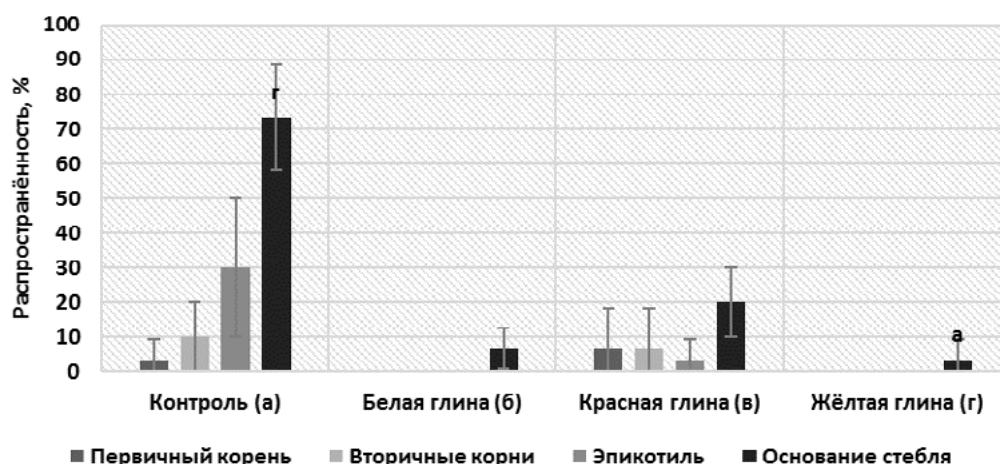


Рис. 9. Распространённость корневой гнили ржи в фазу полного кущения ($p < 0,1$)
Prevalence of root rot of rye in the complete tillering phase ($p < 0.1$)

По результатам исследования исходной зараженности семян ячменя, так же как и на других культурах, наблюдается тенденция к более высокому инфицированию семян фитопатогенными грибами родов *Alternaria* – 90 %, *Fusarium* – 26 и *B. sorokiniana* – 30 %. Это значительно превышает порог вредоносности и свидетельствует о высокой инфицированности возбудителями корневой гнили.

В результате обработки семян адсорбентами через 7 месяцев хранения происходило снижение зараженности патогенами (видами рода *Alternaria* в 1,1–1,4 раза, *Fusarium* – на 2–4 %, *B. sorokiniana* – на 4–18 %), однако уровень их инфицированности оставался выше порога вредоносности (рис. 10).

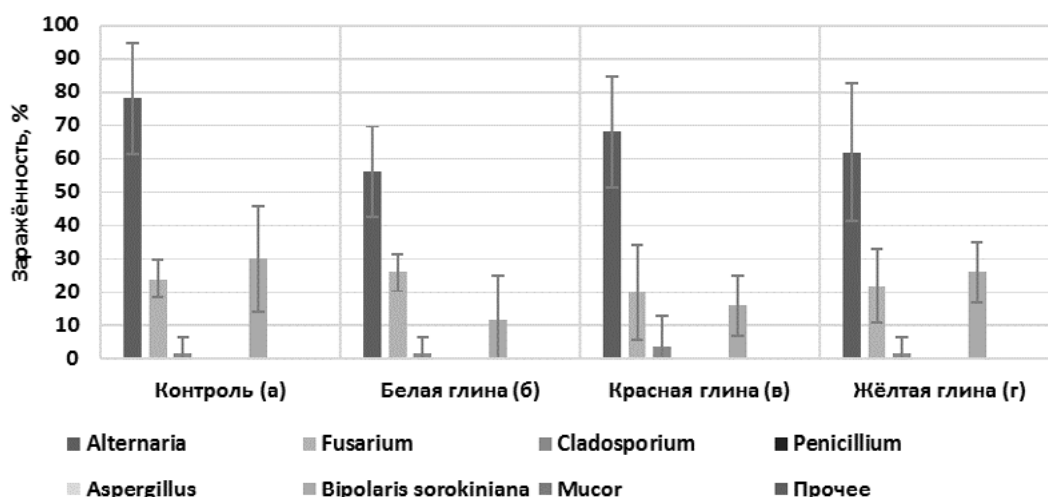


Рис. 10. Заражённость семян ячменя после 7 месяцев хранения ($p < 0,05$)
Infection of barley seeds after 7 months of storage ($p < 0.05$)

Анализ развития корневой гнили в фазу полного кущения показал, что наиболее сильным её проявление было на первичных корнях и

основании стебля. Использованные адсорбенты по-разному влияли на снижение индекса развития болезни (рис. 11). Отмечен положительный

эффект при использовании белой и красной глин. Положительного оздоровительного действия желтой глины не выявлено. По показате-

лю распространённости болезни (рис. 12) получены аналогичные данные.

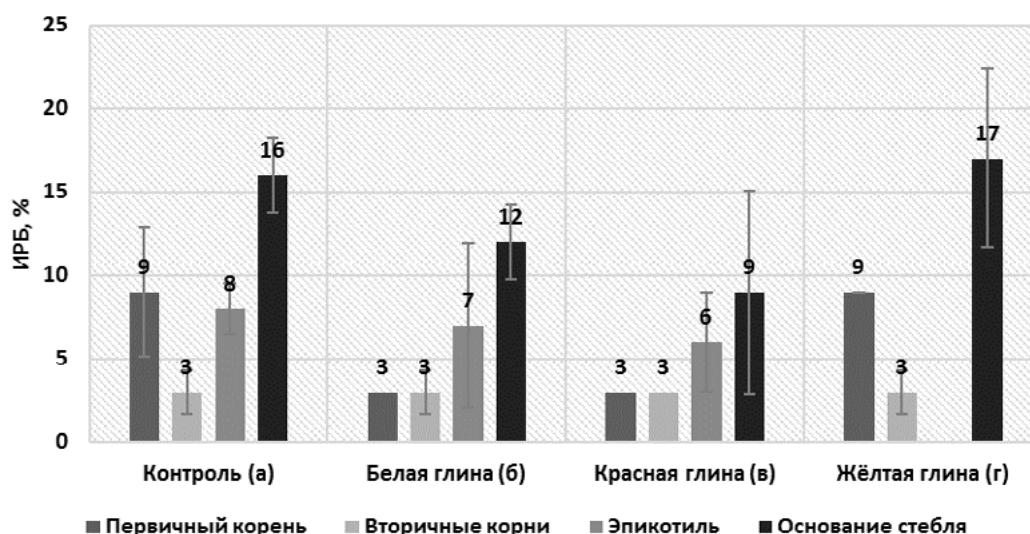


Рис. 11. Индексы развития корневой гнили ячменя в фазу полного кущения ($p < 0,1$)
Development indices of barley root rot in the complete tillering phase ($p < 0,1$)

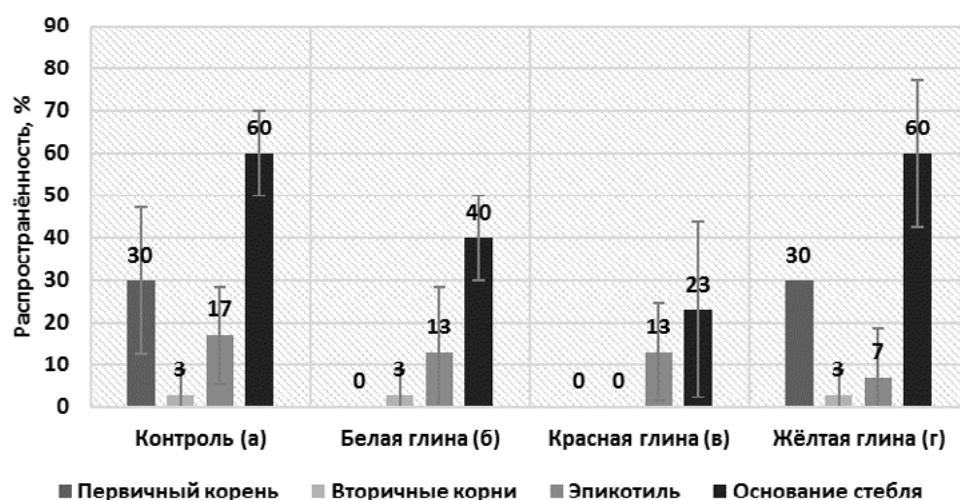


Рис. 12. Распространённость корневой гнили ячменя в фазу полного кущения ($p < 0,1$)
Prevalence of root rot of barley in the complete tillering phase ($p < 0,1$)

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты свидетельствуют в целом о положительном влиянии применяемых адсорбентов на фитосанитарное состояние семян зерновых культур, однако направленность

их действия была на разных культурах и органах различной.

2. Для яровой пшеницы отмечена тенденция к снижению зараженности семян патогенами, а в полевых условиях – развития корневой гнили в фазу кущения в результате

обработки адсорбентами. Индекс развития и распространённость корневой гнили оснований стеблей яровой пшеницы, выросшей из семян, обработанных белой глиной, были достоверно ниже, чем в контроле.

3. На озимой пшенице все применяемые глины также уменьшали зараженность семян и развитие корневой гнили, однако достоверные данные получены только по индексу развития и распространённости корневой гнили оснований стеблей озимой пшеницы, выросшей из семян, обработанных красной глиной.

4. Выявлено четкое снижение развития корневой гнили на растениях ржи в полевых

условиях. Среди использованных адсорбентов следует отметить белую и желтую глину, в результате обработки которыми индекс развития и распространённость корневой гнили оснований стеблей растений, выросших из семян, обработанных ими, были значимо меньше, чем в контроле.

5. На ячмене отмечено (при очень высокой исходной инфицированности) слабое снижение уровня зараженности семян. В полевых условиях выявлено положительное действие адсорбентов на основе белой и красной глин. В отношении желтой глины такого эффекта не обнаружено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ашмарина Л.Ф., Ермохина А.И., Галактионова Т.А. Структура комплекса микромицетов семян кормовых культур в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 3. – С. 44–52.
2. Коняева Н.М., Ашмарина Л.Ф., Коробейников А.С. Зараженность семян сои фитопатогенными грибами в условиях ее адаптации в лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 1. – С. 22–28.
3. Константинов П.К. Необходимость дальнейшего улучшения селекции и сортоиспытания ячменя и овса в нечерноземной полосе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1955. – Вып. 1 (8). – С. 53–68.
4. Семёнов А.Я., Потлайчук В.И. Болезни семян полевых культур. – Л.: Колос, 1982. – 128 с.
5. Mahjabin Bilal S., Abidi A.B. Physiological and biochemical changes during seed deterioration: A review // International Journal of Recent Scientific Research. – 2015. – Vol. 6 (4). – P. 3416–3422.
6. Gannibal P.B. Factors affecting *Alternaria* appearance in grains in European Russia // Sel'skokhozyaistvennaya Biol. – 2018. – Vol. 53. – P. 605–615.
7. Neergaard P. Seed pathology. London: MacMillan Press Ltd. London and Basingstok, UK. Associated Companies in New York, Dublin, Melbourne, Johannesburg and Mad ran, 1979. – P. 11–91.
8. Agarwal K.V., Sinclair B.J. Principles of Seed Pathology. First Indian Reprint Jai Bhawan. – 1993. –N 1. – P. 176; N 2. – P. 186.
9. Наумов Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. – М.: Колос, 1970. – 208 с.
10. *Fusarium sibiricum* sp. nov, a novel type A trichothecene producing *Fusarium* from northern Asia closely related to *F. sporotrichioides* and *F. langsethiae* / T. Yli-Mattila, T.J. Ward, K. O'Donnell [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2011. – Vol. 147. – P. 58–68.
11. Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R. Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage // J. agric. Res. – 2021. – Vol. 59. – P. 281–291.
12. *Mycotoxigenic* fungi contaminating wheat; toxicity of different *Alternaria compacta* strains / R. Gashgari, F. Ameen, E. Al-Homaidi [et al.] // Saudi J. Biol. Sci. – 2019. – Vol. 26. – P. 210–215.
13. *Определитель* болезней растений / М.К. Хохряков, Т.Л. Доброзракова, К.М. Степанов, М.Ф. Летова. – 3-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2003. – 592 с.
14. Билай В.И. Фузарии (Биология и систематика). – Киев: Изд-во АН УССР, 1977. – 442 с.
15. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. – Киев, 1973. – С. 175–196.
16. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: определитель: в 3 т. – Киев: Наук. думка, 1977. – Т. 1. – 295 с.; Т. 2. – 299 с.; Т. 3. – 281 с.

REFERENCES

1. Ashmarina L.F., Ermohina A.I., Galaktionova T.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2018, No. 3, pp. 44–52. (In Russ.)
2. Konjaeva N.M., Ashmarina L.F., Korobejnikov A.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2016, No. 1, pp. 22–28. (In Russ.)
3. Konstantinov P.K., *Izvestija Timirjazevskoj sel'skhozjajstvennoj akademii*, 1955, Vyp. 1 (8), pp. 53–68. (In Russ.)
4. Semjonov A.Ja., Potlajchuk V.I., *Bolezni semjan polevyh kul'tur* (Diseases of field crop seeds), Leningrad: Kolos, 1982, 128 p.
5. Mahjabin Bilal S., Abidi A.B., Physiological and biochemical changes during seed deterioration: A review, *International Journal of Recent Scientific Research*, 2015, Vol. 6 (4), pp. 3416–3422.
6. Gannibal P.B., Factors affecting Alternaria appearance in grains in European Russia, *Sel'skokhozyaistvennaya Biol.*, 2018, Vol. 53, pp. 605–615.
7. Neergaard P., Seed pathology, London: MacMillan Press Ltd. London and Basingstok, UK. Associated Companies in New York, Dublin, Melbourne, Johannesburg and Mad ran., 1979, pp. 11–91.
8. Agarwal K.V., Sinclair B.J., Principles of Seed Pathology, *First Indian Reprint Jai Bhawan*, India, 1993, No. 1, pp. 176; No. 2, pp. 186.
9. Naumov N.A., Analiz semjan na gribnuju i bakterial'nuju infekciju, Moscow: Kolos, 1970, 208 p.
10. Yli-Mattila T., Ward T.J., O'Donnell K., Proctor R.H., Burkin A.A., Kononenko G.P., Gavrilova O.P., Aoki T., McCormick S.P., Gagkaeva T.Y., *Fusarium sibiricum* sp. nov, a novel type A trichothecene producing *Fusarium* from northern Asia closely related to *F. sporotrichioides* and *F. langsethiae*, *International Journal of Food Microbiology*, 2011, Vol. 147, pp. 58–68.
11. Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R., Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage, *J. agric. Res.*, 2021, Vol. 59, pp. 281–291.
12. Gashgari R., Ameen F., Al-Homaidi E., Gherbawy Y., Al Nadhari S., Vijayan V., Mycotoxigenic fungi contaminating wheat; toxicity of different Alternaria compacta strains, *Saudi J. Biol. Sci.*, 2019, Vol. 26, pp. 210–215.
13. Hohrjakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F., *Opredelitel' boleznej rastenij* (Key to plant diseases), 3-e izd., ispr., Sankt-Peterburg: Izd. Lan', 2003, 592 p.
14. Bilaj V.I., *Fuzarii (Biologija i sistematika)* (Fusaria (Biology and systematics)), Kiev: Izd-vo AN USSR, 1977. – 442 s.
15. Bilaj V.I., *Metody jeksperimental'noj mikologii* (Methods of experimental mycology), Kiev, 1973, pp. 175–196.
16. Pidoplichko N.M., *Griby-parazity kul'turnyh rastenij: Opredelitel'* (Fungi parasites of cultivated plants: key), Kiev: Nauk., dumka, 1977, T. 1, 295 p.; T. 2, 299 p.; T. 3, 281 p.