

УДК 631.92

**ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ**

© 2023 г. Г.О. Сытин*, И.Ю. Подковыров**

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук
Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 97

**Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
Россия, 143050, Московская область, Одинцовский район,
р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, владение 5. E-mail: pamelia@mail.ru

Поступила в редакцию 20.10.2022. После доработки 23.11.2022. Принята к публикации 11.12.2022.

При интенсивном сельскохозяйственном освоении территорий каштановых почв выявлено ухудшение фитосанитарного состояния почвы и растений. Стационарные наблюдения проведены на территории опытно-производственного хозяйства (ОПХ) «Качалино» Федерального научного центра агроэкологии Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН) Иловлинского района и опытно-производственного хозяйства «Горная поляна» Волгоградской области. Анализ растений озимой пшеницы показал наличие возбудителей корневых гнилей: *Alternaria alternariae* (Cooke) Woudenb. & Crous., *Fusarium oxysporum* Schlecht, *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker. Определено положительное влияние защитных лесных насаждений на фитосанитарное состояние посевов зерновых культур. Выявлено, что в зонах влияния защитных лесных насаждений в период распространения инфекции в апреле древесные виды по-разному влияют на скорость ветра и влажность почвы прилегающей территории. Установлено, что ильмовые и дубовые защитные насаждения эффективно снижают распространенность корневых гнилей в посевах озимой пшеницы (биологическая эффективность 13.71–43.96%). Их развитие уменьшается на 5–7% в зонах защиты на расстоянии до 150 м от насаждений. Вместе с этим под защитой ильмовых насаждений увеличивается урожайность озимой на 9.4–21.3%.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, каштановая почва, болезни растений, влажность почвы, фитосанитарное состояние, зерновые культуры.

DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-85-91

EDN: SSGXEG

Интенсивное экологически безопасное освоение аридных территорий возможно только при соблюдении регламентов, включающих лесомелиоративную защиту сельскохозяйственных угодий, интегрированную систему защиты растений, обеспечение карантина, применение устойчивых сортов. Широкое освоение аридных территорий для производства продукции растениеводства привело к снижению её качества, что обусловлено проявлением на сельскохозяйственных землях фитосанитарной дестабилизации. Научные исследования выявили многие причины, такие как нарушение технологических операций, применение на производстве необоснованных приёмов, нарушение регламентов средств защиты растений и удобрений, несоблюдение севооборотов (Куликов, 2014; Санин, 2016, 2020; Черкашин и др., 2020). Выявлено, что на аридных территориях утрачено как плодородие, так и здоровье почвы. В период с 1985 по 2021 гг. произошло сокращение засеваемой пашни на 42.9 млн га (Захаренко, 2011, 2013; Соколов и др., 2017). В результате распространения болезней растений в посевах и посадках теряется до 30% урожая (Санин, 2016). Это указывает на необходимость и актуальность исследований, связанных с фитосанитарным состоянием почвы в аридных условиях и биологической эффективностью (БЭ) защитных лесных насаждений.

Вопросы сохранения и восстановления плодородия почвы являются важными при производстве высококачественной продукции. Аридные почвы обеспечивают связи между компонентами в системе литосфера – атмосфера – агроценоз, которые выражаются в обеспечении экологической

стабильности в пределах этой системы. Для повышения эффективного использования почвы необходимо исследовать факторы и составляющие компоненты, динамику свойств данного ресурса.

Материалы и методы

Стационарные наблюдения проведены на территории ОПХ «Качалино» ФНЦ агроэкологии РАН Иловлинского района и ОПХ «Горная поляна» Волгоградской области. На модельных участках были заложены экологические трансекты, на которых в 2019–2020 гг. проведены комплексные исследования влияния защитных лесных полос на влажность почвы и её фитосанитарное состояние. В центре участка ОПХ «Качалино» располагалось насаждение из вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.), созданное в 1985 г. в виде 4-х рядов. В центре 2 ряда вяза приземистого, по опушкам 2 ряда кустарника смородины золотистой (*Ribes aureum* L.). По данным учётов в период исследований средняя высота насаждения составила 10.2 м. Линия защитного лесного насаждения расположена в направлении с юго-запада на северо-восток. Экологические трансекты заложены с северо-западной и юго-восточной сторон от модельного насаждения на расстоянии до 300 м. Межполосное пространство занято полями с посевами озимой пшеницы. На рис. 1 отмечены точки почвенных скважин на различном расстоянии от насаждения, кратном 5, 10, 15, 20 и 30 высот деревьев.

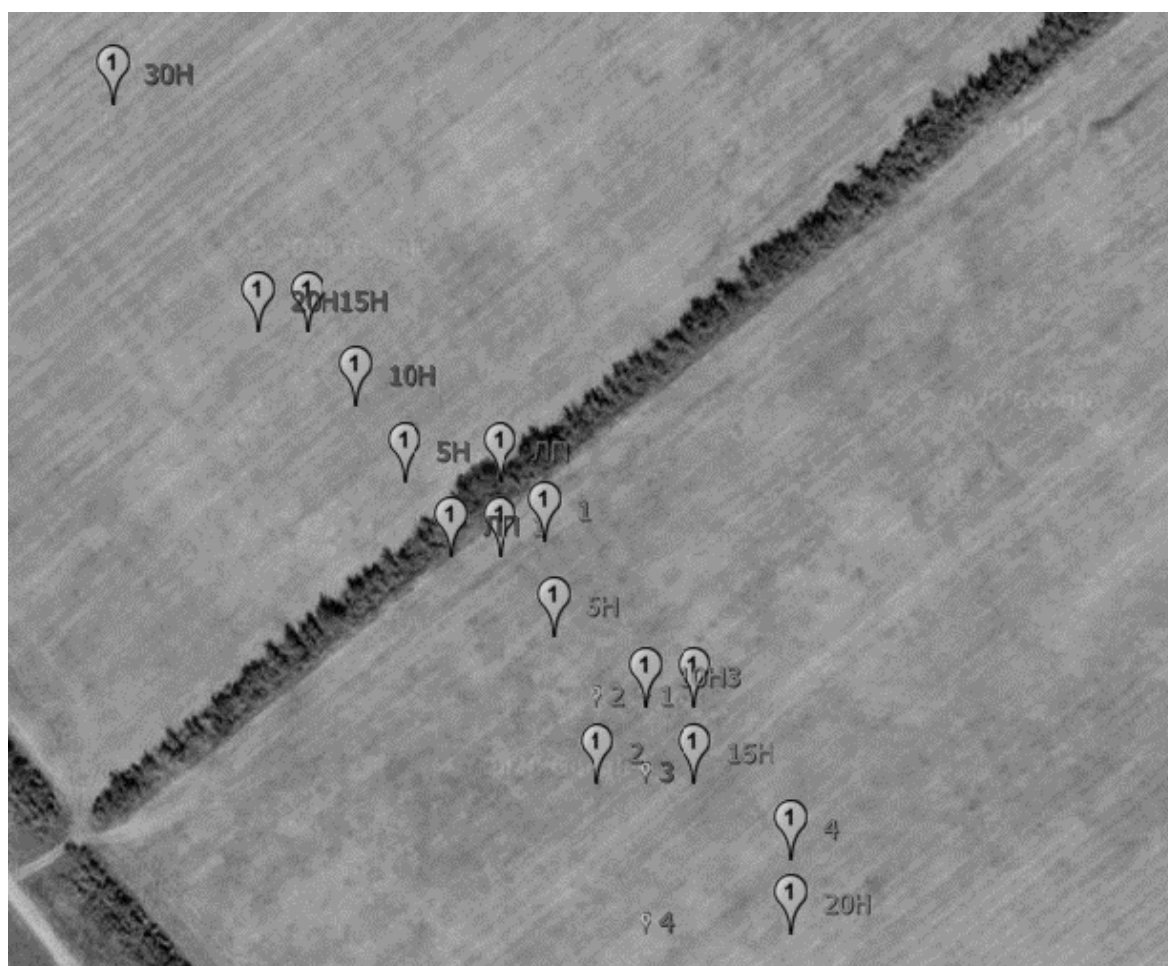


Рис. 1. Схема отбора образцов на экологической трансекте

Аналогичные трансекты заложены в защитных лесных насаждениях из *Robinia pseudoacacia* L. и *Quercus robur* L. на опытных участках.

Почва светло-каштановая среднесуглинистая, имеет низкую обеспеченность основными элементами питания растений и органическим веществом. Содержание гумуса 1.7–2.1%, а в комплексах с солонцами 1.3–1.6%.

Для исследования влажности и фитосанитарного состояния отобраны почвенные образцы в профиле до глубины 1 м через каждые 10 см. Влажность почвы измеряли термостатно-весовым методом в лаборатории ФНЦ агроэкологии РАН по ГОСТ 28268-89. Исследование патогенных грибов в почвенных образцах проводили в Центре коллективного пользования «Государственная коллекция патогенных организмов и растений идентификаторов» Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии. Данные полевых исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

Результаты и обсуждение

Комплексы светло-каштановых почв на модельном полигоне относятся к средним и тяжёлым суглинкам. Пахотный горизонт имеет призмовидно-комковатую структуру, которая на поверхности разрушается после обработки сельскохозяйственными орудиями. Исследования показали, что комплексность связана, прежде всего, с солонцеватостью. Лабораторными анализами установлено, что почвы имеют сульфатно-хлоридный тип засоления. На глубине 1.0–1.2 м содержание токсичных для корневых систем растений соединений увеличивается до критических значений. Сухой остаток почвенной вытяжки составляет 0.63%, доля хлоридов – 0.012%, а сульфатов – 0.52%. На глубине 0.60–1.00 м выявлены щелочные соединения карбонатов (в пересчёте на воздушно-сухую почву 0.001%). Доля бикарбонатов незначительно варьирует от 0.023 до 0.026%. С глубиной до 1 м в почвенном профиле возрастает доля щелочноземельных элементов: натрия до 0.039%, магния до 0.021% и кальция до 0.093%. Щелочность увеличивается с глубиной от 7.6 до 7.8 рН. По агрохимическим показателям почва типичная для аридного региона.

В июне 2020 г. влажность почвы определялась по пару, где лесополоса также показала положительное влияние на сохранение влаги в почве. Было установлено, что в 2020 г. была влажность заметно выше, чем на в июне 2019 г. Это обусловлено тем, что в мае 2020 г. выпало много осадков – 73 мм, и температура воздуха составляла +24.1 °С. По распределению влажности по глубине выявлено, что самая продуктивная влага для благоприятного ведения сельского хозяйства находится в зонах от 50 до 200 м, и составляет на 50 м – 130.00 мм, 100 м – 119.10 мм, 150 м – 126.09 мм, 200 м – 139.37 мм, 300 м – 114.19 мм (рис. 2).

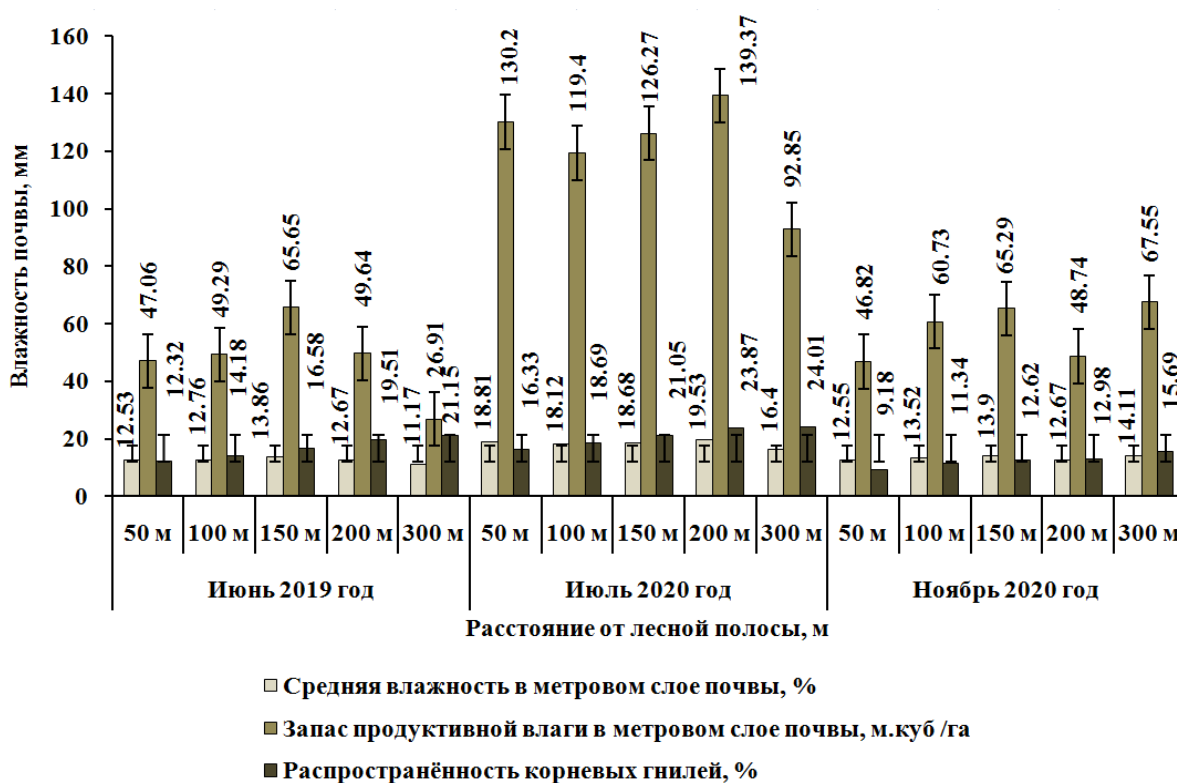


Рис. 2. Диаграмма распределения влажности почвы

Установлено, что защитные лесные насаждения показывают положительную динамику влажности в зонах до 200 м, которая дает благоприятный рост сельскохозяйственных культур (озимой пшеницы). Запас продуктивной влаги в метровом слое светло-каштановой почвы на этом опытном участке составил на удалении 50 м – 46.48 мм, 100 м – 48.92 мм, 150 м – 65.91 мм, 200 м – 50.97 мм, 300 м – 26.80 мм, несмотря на то, что в июне 2019 г. количество осадков выпало только 15 мм, и была отмечена засушливая жаркая погода (+34.0°C).

В ноябре 2020 г. в зоне 300 м получен высокий результат, но в целом на всем диапазоне влажности получился более равномерный результат (см. рис. 2), это положительно сказывается на накоплении влаги в зимний период. Запас продуктивной влаги имел значения на 50 м – 46.56 мм, 100 м – 60.66 мм, 150 м – 65.54 мм, 200 м – 48.74 мм, 300 м – 67.55 мм.

Установлено, что на полях, не занятых посевами, почва с июля по сентябрь под защитой древесных насаждений имела влажность выше, чем на участках без защиты. Аналогичная закономерность выявлена на полях, занятых выращиванием сельскохозяйственных культур. Влажность почвы на разном удалении от защитных лесных насаждений в течение вегетационного периода уменьшается. К периоду уборки урожая (июль-август) она выравнивалась и понижалась до критических значений (влажность завядания) там, где в весенний период была самой высокой.

Исследования показали, что в системе защитных насаждений на полях формируется неоднородный режим влажности почвы. Установлено, что на расстоянии от 50 до 200 м влажность почвы в течение вегетационного периода была выше, чем на удалении 300 м и на других контрольных точках, а также на открытых участках без лесных насаждений.

В агроландшафте защитные лесные насаждения являются мощным фактором изменения условий выращивания сельскохозяйственных культур. Их мелиоративная роль доказана в трудах ведущих учёных (Кулик, Кошелев, 2017; Кретинин, Кошелев, 2017; Рулев, Пугачёва, 2019). Формирование благоприятных для сельскохозяйственных культур условий выращивания в системах защитных насаждений обеспечивает повышение урожайности. Однако переход сельскохозяйственных предприятий на интенсивное производство продукции растениеводства спровоцировал распространение болезней растений (Соколов и др., 2017). Исследование фитосанитарного влияния защитных лесных насаждений в интенсивном земледелии является новым актуальным направлением.

Полевые опыты на стационарных участках позволили выявить фитосанитарный потенциал защитных лесных насаждений в снижении распространённости болезней растений при возделывании сельскохозяйственных культур (таблица).

Установлено, что в зонах влияния защитных лесных насаждений в период распространения инфекции в апреле древесные виды по-разному влияют на скорость ветра и влажность почвы прилегающей территории. Облиствление деревьев робинии лжеакации происходит на 5–7 дней позже в сравнении с деревьями вяза приземистого и дуба черешчатого. Следовательно, активное влияние этой породы на почвы и посеы озимой пшеницы наступает позже. Оно проявляется в непосредственной близости к опушкам посаженных деревьев и связано со снижением скорости ветра, подсушиванием корнеобитаемого слоя почвы. Корневые системы деревьев вяза приземистого и дуба черешчатого в весенний период активно растут в направлении полей, перехватывают почвенную влагу, тем самым препятствуют распространению патогенных грибов внутри почвы.

Лабораторный анализ образцов растений озимой пшеницы показал наличие следующих возбудителей корневых гнилей: *Alternaria alternariae* (Cooke) Woudenb. & Crous., *Fusarium oxysporum* Schlecht, *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker. Данные виды грибов встречаются повсеместно и на разных зерновых культурах, обладают высокой патогенностью и вредоносностью, снижая урожайность и качество озимой пшеницы.

В начале вегетационного сезона (апрель – май) распространённость болезней в посевах озимой пшеницы была сравнительно невысокой на всех учётных трансектах (не превышала 10.12%). Установлено, что наибольшие показатели распространённости и развития возбудителей корневых гнилей получены в посевах, примыкающих к насаждениям *Robinia pseudoacacia* L. Учёт поражения растений озимой пшеницы корневыми гнилями на опытных участках показал, что распространённость болезни в первой декаде мая составила 7.32 и 10.12%, а в третьей декаде июня – 32.95 и 37.01%. В связи с этим данная порода была выбрана в качестве эталона при расчёте биологической эффективности. На полях, примыкающих к насаждениям *Ulmus pumila* L. в

непосредственной близости к опушкам, распространённость корневых гнилей в первой декаде мая не превышала 4.81 и 5.70%, а в последних числах месяца – 23.12 и 30.06% (см. таблицу).

Таблица. Биологическая эффективность лесных насаждений в защите посевов озимой пшеницы от болезней в период вегетации (2019-2020 гг.).

Древесные растения в защитных насаждениях	Среднеголетние дата облиствления кроны/скорость ветра в период облиствления, м/с	Распространённость корневых гнилей, %				Развитие патогенных грибов, %	Урожайность пшеницы, т/га БЭ, %
		БЭ, %					
		1–10 мая	20–31 мая	1–10 июня	20–30 июня		
ОПХ «Качалино»							
Робиния лжеакация (эталон)	Апрель, 27–30/6–11	7.32 ± 0.21 –	11.08 ± 1.15 –	18.30 ± 1.61 –	32.95 ± 1.19 –	17.61	2.32 ± 0.07 100.0
Вяз приземистый	Апрель, 17–27/5–7	4.81 ± 0.52 34.28	7.22 ± 0.75 34.83	13.23 ± 0.84 27.7	23.12 ± 0.76 29.83	11.08	2.56 ± 0.08 109.4
Дуб черешчатый	Апрель, 23–27/6–8	6.11 ± 0.28 16.53	9.56 ± 0.62 13.71	14.84 ± 0.78 18.91	28.03 ± 1.34 14.93	15.32	2.28 ± 0.09 101.7
НСР ₀₅		0.79	1.11	1.73	1.65		0.29
ОПХ «Горная поляна»							
Робиния лжеакация (эталон)	Апрель, 28–30/6–11	10.12 ± 0.74 –	14.08 ± 0.49 –	22.52 ± 1.63 –	37.01 ± 1.48 –	22.13	2.03 ± 0.12 100.0
Вяз приземистый	Апрель, 19–28/5–9	5.70 ± 0.39 43.67	7.89 ± 0.46 43.96	19.14 ± 1.42 15.00	30.06 ± 1.51 18.78	14.61	2.58 ± 0.10 121.3
НСР ₀₅		1.14	1.23	1.51	1.59		0.27

Однако к фазе молочной спелости доля больных растений на участках полей в зоне 50 м, примыкающих к робиниевым насаждениям, увеличилась до 18.30 и 22.52%. Наименьшие значения этого показателя выявлены на полях, прилегающих к ильмовым защитным насаждениям (распространённость корневых гнилей составляла 13.23 и 19.14%). Дубовые лесные полосы по влиянию на распространённость корневых гнилей оказались менее эффективными (распространённость 14.84%). На разных опытных участках на каштановых почвах были получены аналогичные результаты, что, по-видимому, связано с особенностями почвенных условий и климата, которые способствуют физиологическим нарушениям роста и развития у растений в период выращивания и, как следствие, ослаблению иммунитета и поражению патогенными грибами.

Развитие возбудителей болезней на растениях в период вегетации хлебных злаков – важный показатель, который связан с распространённостью. Наблюдения показали, что на опытных участках он находился в интервале от 11.08 до 22.13%. Его максимальные значения отмечены у растений озимой пшеницы под защитой насаждений *Robinia pseudoacacia* L. (17.61 и 22.13%). Минимальное развитие возбудителей корневых гнилей пшеницы установлено в зонах до 100 м под защитой насаждений *Ulmus pumila* L. (11.08 и 14.61%). Участки, прилегающие к посадкам *Quercus robur* L. по развитию патогенных грибов в посевах пшеницы занимали промежуточное положение (15.32%).

Для выявления факторов, влияющих на фитосанитарную эффективность защитных лесных насаждений, был проведён корреляционный анализ. Выявлена тесная связь между скоростью ветра и распространённостью корневых гнилей в период облиствления защитных лесных насаждений из разных древесных пород. Для *Robinia pseudoacacia* L. коэффициент корреляции составил 0.73, что

связано с аэродинамическими особенностями кроны деревьев в лесных насаждениях полосного типа. Робиния имеет ажурную крону, хорошо пропускающую ветровой поток весной. Скорость ветра при этом была в 1.2–1.5 раза выше (6–11 м/с), чем в период облиствления деревьев *Ulmus pumila* L. У ильмовых защитных насаждений коэффициент связи был ниже и составил 0.51. Выявлена связь между распространенностью корневых гнилей и температурой воздуха в период облиствления крон. Коэффициенты корреляции (r), установленные на основании данных измерений, на участках робиниевых лесных насаждений равны 0.85–0.98, ильмовых – 0.89–0.99, дубовых – 0.82–0.98. Связь показателей распространенности корневых гнилей в посевах пшеницы с месячным количеством осадков выражается средней степенью тесноты для исследованных насаждений (робиниевые: $r = 0.46–0.53$, ильмовые: $r = 0.54–0.89$, дубовые: $r = 0.56–0.61$).

Наблюдения показали, что в зоне каштановых почв деревья *Robinia pseudoacacia* L. облиствляются сравнительно поздно (в конце апреля – мае). Корневая система этой породы в весенний период также начинает работать (активно поглощать влагу из почвы) сравнительно поздно, в отличие от деревьев *Quercus robur* L. и *Ulmus pumila* L., у которых этот процесс начинается в первой декаде апреля, когда распускаются почки. В этот период изменяются и аэродинамические свойства крон деревьев. В безлиственном состоянии защитные лесные насаждения робинии, вяза и дуба имеют ажурную конструкцию. Она слабо снижает энергию ветрового потока, который несёт пыль и споры возбудителей болезней над поверхностью почвы. После облиствления ажурность кроны снижается, что приводит к более эффективной работе защитных лесных насаждений. Деревья *Quercus robur* L. и *Ulmus pumila* L. после облиствления имеют более плотные кроны, которые эффективно снижают скорость и интенсивность ветра и более эффективно сдерживают распространенность возбудителей болезней на поле.

Выявлено, что увеличение распространённости возбудителей корневых гнилей в почве и на растениях (с апреля по июнь) отрицательно повлияло на урожайность пшеницы. Наибольшее защитное действие в предотвращении распространённости болезней показали насаждения *Ulmus pumila* L. На расстоянии до 100 м от опушки урожайность пшеницы была выше на 9.4–21.3% в сравнении с эталоном.

Биологическая эффективность деревьев *Ulmus pumila* L. по отношению к *Robinia pseudoacacia* L. была сравнительно выше. Максимальные значения этого показателя выявлены во время майских учётов и находились в интервале 34.83–43.96%. В фазы цветения, колошения и молочной спелости пшеницы биологическая эффективность снижалась и составила в зоне влияния ильмовых насаждений 18.78–29.83%, дубовых 14.93–18.91%. Биологическая эффективность в снижении распространения корневых гнилей дуба черешчатого ниже, чем вяза приземистого на 2–4%. Также можно отметить, что у деревьев *Quercus robur* L. в начале вегетационного периода этот показатель низкий (13.71–18.91%) в сравнении с деревьями *Ulmus pumila* L., у которых он стабильно высокий (более 27.7%).

Установлено, что ильмовые и дубовые защитные насаждения эффективно снижают распространенность корневых гнилей в посевах озимой пшеницы (биологическая эффективность 13.71–43.96%). Также снижается развитие возбудителей болезней на 5–7%. Продуктивность растений озимой пшеницы под защитой ильмовых насаждений возрастает на 9.4–21.3%. Это связано с их биологическими особенностями – ранним распусканием листьев весной, более плотными кронами, эффективно снижающими интенсивность ветра.

Выводы

Таким образом, исследования показали, что в современных условиях ведения сельскохозяйственного производства защитные лесные насаждения являются одним из факторов, обеспечивающих мелиоративную и фитосанитарную защиту посевов в аридных условиях. На каштановых почвах наибольшая эффективность в снижении распространённости болезней озимой пшеницы достигнута в начале вегетационного периода (в мае), когда происходит активное инфицирование растений патогенными грибами. Выявлено влияние на этот процесс температуры воздуха, скорости ветра и влажности почвы. Связь между распространенностью корневых гнилей в посевах и количеством осадков за месяц средней степени: для участков робиниевых насаждений $r = 0.46–0.53$, ильмовых $r = 0.54–0.89$, дубовых $r = 0.56–0.61$. Наибольшей фитосанитарной эффективностью отличаются ильмовые защитные лесные насаждения в сравнении с дубовыми и

робиниевыми. Их биологическая эффективность в обеспечении здоровья почвы и растений составила в опытах от 15.0 до 43.96%.

Финансирование. Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской академии наук FNFE-2022-0007 «Теория и принципы формирования адаптивных агролесомелиоративных комплексов сухостепной зоны юга РФ в контексте климатических изменений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Доспехов Б.А.* 1985. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 351 с.
- Захаренко В.А.* 2011. Продовольственная программа России и фитосанитарная безопасность агроценозов // Защита и карантин растений. № 9. С. 7-9.
- Захаренко В.А.* 2013. Оценка потенциала фитосанитарии в зерновом производстве России // Защита и карантин растений. №10. С.3-7.
- Кретинин В.М., Кошелев А.В.* 2017. Проблемы агролесоводства в Волгоградской области// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. № 3 (47). С. 73-78.
- Крюкова Е.А., Колмукиди С.В.* 2015. Влияние параметров защитных лесных насаждений на патологическое состояние фитоценозов лесоаграрного ландшафта // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 6 (56). С. 47-50.
- Кулик К.Н., Кошелев А.В.* 2017. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 3 (27). С. 107-114.
- Куликов И.М.* 2014. О рационализации социальной аграрной структуры: взгляд сквозь призму отношений собственности // Вестник Института экономики Российской академии наук. № 6. С. 51-64.
- Подковыров И.Ю.* 2015. Адаптивный потенциал видов рода *Ulmus* L. в условиях агроурбосистем // Плодоводство и ягодоводство России. Т. 42. С. 351-354.
- Рулев А.С., Пугачёва А.М.* 2019. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы // Вестник Российской академии наук. Т. 89. № 10. С. 1044-1051.
- Санин С.С.* 2016. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Защита и карантин растений. №4. С.3-6.
- Санин С.С.* 2020. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии // Защита и карантин растений. № 4. С. 9-16.
- Семенов А.М., Глинушкин А.П., Соколов М.С.* 2016. Органическое земледелие и здоровье почвенной экосистемы // Достижения науки и техники АПК. Т. 30. № 8. С. 5-8.
- Соколов М.С., Санин С.С., Долженко В.И., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д., Надыкта В.Д.* 2017. Концепция фундаментально-прикладных исследований защиты растений и урожая // Агротехника. № 4. С. 3-9.
- Черкашин В.Н., Черкашин Г.В., Коломыцева В.А.* 2020. Проблемы фитосанитарии при освоении технологии no-till в Ставропольском крае // Аграрная наука. 2020. № 10. С. 77-82.
- Boulanger Y., Taylor A.R., Price D.T., Cyr D., McGarrigle E., Rammer W., Sainte-Marie G., Beaudoin A., Guindon L., Mansuy N.* 2016. Climate change impacts on forest landscapes along the Canadian southern boreal forest transition zone // Landsc. Ecol. Vol. 32. P. 1415-1431.
- Podkovyrov I.Y., Kimsanbaev O.H., Zhemchuzhina N.S., Ermak D.Y., Ilyusina L.S., Nasonova T.V.* 2020. The emergence and development of mycoses in short-day plants under conditions of long day light hours. E3S Web of Conferences. Vol. 203. 02009.