

Отработка методики и оценка эффективности контроля микозов древесных растений методом стволовых инъекций

В.Г. ЯРМОШ¹, В.Б. ЗВЯГИНЦЕВ²

На основе литературных данных и проведенных в 2022–2023 гг. полевых испытаний разработана последовательность постановки стволовых инъекций для подавления комплексных грибных инфекций древесных растений. Деревья клена остролистного (*Acer platanoides* L.) одной возрастной категории были инъецированы в основании стволов препаратами Скор, КЭ с действующим веществом дифеноконазол (250 г/л) и Топсин М, КС с д. в тиофанат-метил (500 г/л). Действие препаратов оценивалось через 14 недель на примере подавления мучнистой росы листьев (возбудитель *Uncinula aceris* (DC.) Sacc.), черной пятнистости (возбудитель *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.). Выявлено, что эффективность стволовых инъекций зависит от вводимого препарата, дозы действующего вещества, заболевания, степени поражения ассимиляционного аппарата, периода введения раствора. Прослежена тенденция изменчивости эффективности инъекций от вводимой концентрации препарата. При введении препарата Скор, КЭ в концентрации 50 % выявлено снижение черной пятнистости на 87,60 % и мучнистой росы на 73,39 %. При уменьшении концентрации биологическая эффективность снижается. Для препарата Топсин М, КС высокая биологическая эффективность была получена в концентрации 25 % против черной пятнистости (84,40 %) и против мучнистой росы (68,48 %). Полученные результаты показывают, что внутривидовое введение препаратов повышает устойчивость растений к болезням ассимиляционного аппарата, но в то же время снижает резистентность по отношению к листогрызущим вредителям, что показывает необходимость комплексного подхода к защите ценных деревьев.

Ключевые слова: стволовые инъекции, фунгициды, ассимиляционный аппарат, черная пятнистость, мучнистая роса, биологическая эффективность, дифеноконазол, тиофанат-метил.

Based on the literature data and field tests conducted in 2022–2023, a sequence of stem injections was developed to suppress complex fungal infections of woody plants. Norway maple (*Acer platanoides* L.) trees of the same age category were injected at the base of the trunks with the preparations Skor, EC with the active ingredient difenoconazole (250 g/l) and Topsin M, KS with thiophanate-methyl (500 g/l). The effect of the drugs was assessed after 14 weeks using the example of suppression of powdery mildew of leaves (pathogen *Uncinula aceris* (DC.) Sacc.), black spot (pathogen *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.). It was revealed that the effectiveness of stem injections depends on the drug administered, the dose of the active substance, the disease, the degree of damage to the assimilatory apparatus, and the period of solution administration. The trend of variability in the effectiveness of injections depending on the administered concentration of the drug was traced. With the introduction of the drug Skor, EC at a concentration of 50 %, a decrease in black spot by 87,60 % and powdery mildew by 73,39 % was revealed. As the concentration decreases, the biological effectiveness decreases. For the drug Topsin M, KS, high biological effectiveness was obtained at a concentration of 25 % against black spot (84,40 %) and against powdery mildew (68,48 %). The results obtained show that intraplant administration of drugs increases plant resistance to diseases of the assimilation apparatus, but at the same time reduces resistance to leaf-eating pests, which shows the need for an integrated approach to the protection of valuable trees.

Keywords: stem injections, fungicides, assimilation apparatus, black spot, powdery mildew, biological effectiveness, difenoconazole, methyl thiophanate.

Введение. На территории Белорусского Полесья можно встретить много уникальных объектов ландшафтной архитектуры, таких как исторические парки, имеющие различный природоохранный статус. К памятникам природы республиканского и местного значения на территории Белорусского Полесья относится 21 парк [1]. Большая часть парков сконцентрирована в Брестской области, что составляет 85,7 % от общего количества, из них четыре являются памятниками природы республиканского значения (им. А.В. Суворова, «Совейки», «Поречье», «Маньковичский») и 13 – местного значения («Старые пески», «Сигневичи-2», «Атечизна», «Малые Сехновичи», «Грудополь», парк в г. Высокое, «Репихово», «Дубое», парк в г. Пружаны, «Замшаны», «Нижне-Теребежовский», «Ново-Бережновский», «Великорита»). На

территории Гомельской области изучено 4 парка, два из которых являются ботаническими памятниками природы республиканского значения («Красный берег», «парк Гомельского дворцово-паркового ансамбля») и два местного значения (парк в н.п. Липово, «Сутково») [2].

Основной ценностью исторических парков как объектов садово-паркового строительства являются старовозрастные деревья – живые свидетели минувших эпох [3].

Эти примеры демонстрируют, что происходят естественные причины, связанные со старением и деградацией паркового древостоя. Следовательно, без должного ухода и индивидуального лечения старовозрастные деревья будут быстрее переходить в категорию санитарного состояния «сильно ослабленные» и «усыхающие».

Большие старые деревья не только выполняют ключевые экологические функции, но и являются частью социальной сферы. Они придают людям эстетическую, символическую, религиозную и историческую ценность. Университет Аризоны в США запустил программу сохранения наследия и защиты деревьев в своем кампусе. В Польше одиночные большие старые деревья исключительной исторической ценности часто охраняются как «памятники природы» вне зависимости от их местонахождения. Признание ценности (экологической и социальной) больших старых деревьев в международном или глобальном масштабе, в частности политические документы, такие как конвенция о биологическом разнообразии, Европейская ландшафтная конвенция, или Лес Европейского Союза Стратегия или даже создание отдельной политики, настоятельно призывает страны признать и задокументировать различные ценности больших старых деревьев в их конкретном контексте, способствовать повышению осведомленности о ценности деревьев и угрозы с которыми они сталкиваются, а также для лучшей защиты этих организмов [4].

Согласно Закона Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях и объектах» памятники природы – это уникальные, невозвратные, ценные в экологических, научных, эстетических, историко-культурных отношениях природные объекты естественно-го либо искусственного происхождения, в отношении которых установлен особый режим охраны и использования. В зависимости от своей уникальности, научной и эстетической ценности, а также уровня органом государственного управления, принявшим решение об объявлении объектов памятниками природы, особо охраняемые объекты подразделяются по статусу на памятники природы республиканского и местного значения [5].

В Республике Беларусь действовал проект по выявлению, учету и оценке состояния редких и уникальных деревьев Беларуси. По итогам его работы была издана в 2021 г. энциклопедия «Живые памятники. Редкие и уникальные деревья и насаждения Беларуси» [6], в которой приводятся сведения об объектах растительного мира в статусе ботанических памятников природы, показана сотня наиболее интересных представителей деревьев ботанических памятников природы, являющихся национальным достоянием и гордостью страны. Содержится информация об опыте по изучению, охране и содержанию высоковозрастных деревьев Республики Беларусь [6].

Ослабленные воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды, древесные насаждения в значительной степени теряют способность противостоять заражению фитопатогенами и компенсировать вред, наносимый фитофагами [7].

Для старовозрастных деревьев наиболее перспективным являются стволовые инъекции как один из методов химической обработки [3].

Способность растений перемещать по своим органам вводимые инъекцией вещества была известна еще в средние века. Леонардо да Винчи вводил мышьяк в персиковые (яблони) деревья, чтобы сделать плоды ядовитыми [8], [9], [10]. Хейлз провел много экспериментов в начале 1700-х гг., одним из которых было введение камфоры в деревья. При цветении ощущался запах камфары [9]. Сакс в 1894 г. вводил раствор соли железа для корреляции дефицита железа. В США в 1894 г. Иван Шевырев впервые использовал инъекции для борьбы с вредителями древесных растений [8].

Скорость восходящего потока в ксилеме различается по видам деревьев и зависит от строения проводящей ткани. По закону Хагена-Пуазеля проводимость сосудов увеличивается с увеличением диаметра сосуда в четвертой степени [11]. Поэтому листовые породы с крупными сосудами перемещают впрыскиваемую жидкость с большей скоростью, чем хвойные породы (например, сосны, болиголовы) [12].

Скорость передвижения воды по дереву в течение суток меняется соответственно интенсивности транспирации [13]. В ясные дни скорость поглощения инъекционных растворов была выше, чем в дождливые дни. Большая влажность воздуха и почвы приводит к замедлению процесса транспирации и следовательно поглощение инъекционных растворов идет медленнее [9], [14].

Целью данных исследований являлась оценка фунгицидной эффективности стволовых инъекций на примере подавления развития микогенных патологий ассимиляционного аппарата древесных растений.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись экземпляры клена остролистного (*Acer platanoides* L.) одной возрастной категории на территории ботанического памятника природы республиканского значения «Парк Поречье». Выбор модельных объектов обоснован повсеместным использованием данных видов в посадках исторических парков (выбран 21 экземпляр: 18 опытных и 3 контрольных). Средняя высота модельных деревьев клена составляла около 20 м, диаметры 30–38 см. На территории исследуемых объектов за вегетационный период не проводились санитарная обрезка и уборка захламленностей.

Стволовые инъекции производили в начале вегетации (23–24 мая 2023 г.), препараты вводили в основание ствола опытных деревьев на высоте около 10–15 см от земли. Окружность ствола делили на 10 секторов в каждом из которых сверлилось отверстие диаметром 8 мм, глубиной 50 мм с уклоном около 30° вниз от горизонтали. Для проведения стволовой инъекции использовали инъекционный шприц объемом 50 мл, раствор вводился под давлением руки. Схема опыта включает 6 вариантов (два испытуемых препарата в трех концентрациях) в 3-кратном повторении. В качестве фунгицида для стволовых инъекций *A. platanoides* использовали Скор, КЭ с д. в. дифеноконазол (250 г/л) и Топсин М, КС с д. в. тиофанат-метил (500 г/л). Препараты были разведены дистиллированной водой для получения рабочих растворов с концентрациями 10, 25 и 50 %. После проведения инъекций отверстия герметизировали садовым варом.

Через 100 дней (14 недель) после инъектирования на каждом дереве были собраны по пять экземпляров ветвей в нижней части кроны (высота до 5 м) с 5–8 листьями на каждой. Листовые пластинки подвергались осмотру и определению относительной площади покрытия ассимиляционного аппарата доминирующими болезнями – мучнистой росой (возбудитель *Uncinula aceris* (DC.) Sacc.), черной пятнистостью (возбудитель *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.).

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась по методикам Б.А. Доспехова (статистические характеристики количественной изменчивости) [15] с помощью пакета прикладного программного обеспечения Microsoft Excel и «Statsoft (USA) Statistica v.6.0» с расчетом выборочной средней и стандартной ошибки среднего. Использовались методы описательной статистики (получение и сравнение числовых характеристик экспериментальных данных). В приведенных расчетах применяли величину доверительной вероятности P , равную 95 %, соответствующий ей уровень значимости q , равный 5 %, и ошибку $3S$. Грубые ошибки исключали по критерию Стьюдента. Для расчета биологической эффективности использовалась формула Аббота (1), которая интегрирует влияние факторов, определяющих естественную гибель в контроле:

$$\text{БЭ} = \left[\frac{K - O}{K} \right] \times 100, \quad (1)$$

где БЭ – биологическая эффективность, K – развитие (пораженность) болезни в контроле (без обработки), O – развитие (пораженность) болезни в испытываемом варианте после обработки [16].

Измерение диаметра ствола на высоте 1,3 м и в области инъекции осуществлялось с помощью мерной вилки; категории состояния растений оценивались по внешним признакам согласно шкале категорий состояния хвойных и лиственных деревьев (Постановление лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.12.2016 № 79 «Санитарные правила в лесах Республики Беларусь»). Для идентификации возбудителей болезни и степени пораженности ассимиляционного аппарата использовали макроскопический анализ.

Основная часть. На основании изученной литературы и проведенных полевых испытаний (в 2022–2023 гг.) была разработана последовательность постановки стволовых инъекций:

1. Определяется количество инъекций. Замеряется диаметр на высоте 1,3 м. и через 12–18 см по окружности определяется количество отверстий [17].

2. Выбор места инъекции. Отверстие делают в основании ствола на высоте 10 см над землей или в зоне коревой лапы [18].

3. Размер отверстия. Для системы Arborjet используется отверстие диаметром 7 или 9 мм [11], в инъекциях при низком давлении используется трубка диаметром 9 мм [14].

4. Подготовка инъекционного отверстия. Перед сверлением необходимо обработать инструменты, удалить лишайники и простерилизовать кору в выбранном месте бурения [9], [17]. Не допускается проводить сверление впадин между корнями [12].

5. Вводимый раствор. В государственном реестре средств защиты и удобрений Республики Беларусь и государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (2016) отсутствуют препараты, предназначенные для инъекций древесной растительности. На рынке в качестве препаратов для проведения внутривидового инъектирования предлагают как пестициды с действующими веществами из групп неоникотиноидов, авермектинов, фосфорорганических соединений, так и биологические препараты [19].

6. Давление вводимого раствора.

а) Mauget (компания Mauget, США) давление руки;

б) Асесар (Creative Sales, Inc., США) естественное поглощение;

с) Система низкого давления (описана Navarro et al. 1992 г.), рабочее давление составляет от 60 до 80 кПа [8], [12], [14], [20], [21].

7. Обработка отверстия после инъекции. После поглощения раствора отверстие герметизируют [18]. Отверстия можно закрыть силиконом Selleys 780 или небольшим количеством герметика для ран [22].

8. Остатки инъекционных соединений. Анализ исследований остатков соединений пестицидов показал, что определенный промежуток времени происходит заметное сокращение концентрации вводимых веществ [17], [20], [23], [24], [25], [26]. Остаток имидаклоприда в ксилемном соке уменьшился у всех деревьев в течение лета, что соответствует результатам 2003 г. [23]. При инъекциях абамектином 2 % (2–3 мл) остатки инсектицида определялись в пыльце через сутки (0,145 мг/кг), через 8 дней (0,048 мг/кг), через 16 дней (< 0,005 мг/кг) [24]. Полевые испытания стойкости текбуконазола показали, что снижение его концентрации за первые 3 дня происходит на 70 % [26].

9. Распределение концентрации инъекций. Эквивалентные концентрации имидаклоприда варьируется в зависимости от положения ветвей относительно точки инъекции [27].

10. Последствия инъекций. Если в процессе инъекции в отверстие попадает воздух, то это приводит к постепенному прекращению поглощению растворов [8], [9], [21]. Рядом с местом инъекции происходит разрастание каллюсной ткани. Инъекционные отверстия с южной сторон заживают дольше, чем с северной [28].

В полученных результатах была выявлена заметная биологическая эффективность фунгицидного воздействия препаратов, вводимых путем стволовых инъекций, на всех изучаемых видах деревьев. Лучшую биологическую эффективность комплекса болезней листьев показал Скор, КЭ в максимальной концентрации (табл. 1). Кроме снижения количества зон поражения и площади инфекционных пятен на листьях отмечена задержка в формировании стромы возбудителя – гриба *R. acerinum* по сравнению с контролем. Так, при инъектировании клена препаратам Скор, КЭ с действующим веществом дифеноконазол в концентрации 50 % выявлено снижение развития черной пятнистости на 87,60 % и мучнистой росы на 73,39 %, но при введении препарата уменьшенной концентрации (10 и 25 %) биологическая эффективность снижается. Для препарата Топсин М, КС с действующим веществом тиофанат-метил высокая биологическая эффективность была получена при концентрации 25 % против черной пятнистости 84,40 % и против мучнистой росы 68,48 %, при других концентрациях биологическая эффективность несколько ниже.

В целом по мучнистой росе биологическая эффективность препаратов оказалась ниже и составляла по модельным деревьям от 41,87 до 73,39 %, возможно, это связано с большей толерантностью *U. aceris* к применяемым д. в. Аналогичные результаты были получены в опытах по инъекциям, которые были заложены в 2022 г. в рядовом типе посадки на территории студенческого городка в Негорельском учебно-опытном лесхозе [3].

Таблица 1 – Биологическая эффективность стволовых инъекций на *Acer platanoides* L. против мучнистой росы и черной пятнистости

Номер дерева	Категория состояния	Диаметр в области инъекции, см	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Действующее вещество (г/л)	Концентрация препарата в рабочем растворе, %	M ± m, % черной пятнистости от площади листа	M ± m, % мучнистой росы от площади листа	Биологическая эффективность, %	
								по черной пятнистости	по мучнистой росе
4, 5, 15	2–3	34,00	29,67	Дифеноконазол (250)	50	0,31 ± 0,11	2,20 ± 0,35	87,60	73,39
1, 2, 3	2	37,67	32,83	Дифеноконазол (250)	25	0,79 ± 0,24	2,96 ± 0,29	68,27	64,21
16, 17, 18	2–3	34,33	34,67	Дифеноконазол (250)	10	0,88 ± 0,20	2,81 ± 0,26	64,93	66,06
19, 20, 21	2–3	32,33	28,67	Тиофанат-метил (500)	50	3,00 ± 0,26	2,84 ± 0,31	-20,13	65,74
9, 10, 11	2–3	33,33	29,33	Тиофанат-метил (500)	25	0,39 ± 0,12	2,61 ± 0,26	84,40	68,48
12, 13, 14	2	32,00	27,67	Тиофанат-метил (500)	10	0,71 ± 0,18	4,81 ± 0,39	71,47	41,87
Контроль 6, 7, 8	2–3	–	30,00	–	–	2,50 ± 0,53	8,28 ± 0,76	–	–

Примечание: M – среднее арифметическое значение, m – стандартная ошибка средней, P < 0,95.

Выявлено, что фунгицидная эффективность препаратов сохраняется на протяжении не менее 100 дней. Это существенно более пролонгированное действие, чем при традиционном способе защиты растений путем опрыскивания.

Кроме фунгицидного эффекта нами были отмечены различия в объёде ассимиляционного аппарата *A. platanoides* листогрызущими вредителями (рисунок 1).

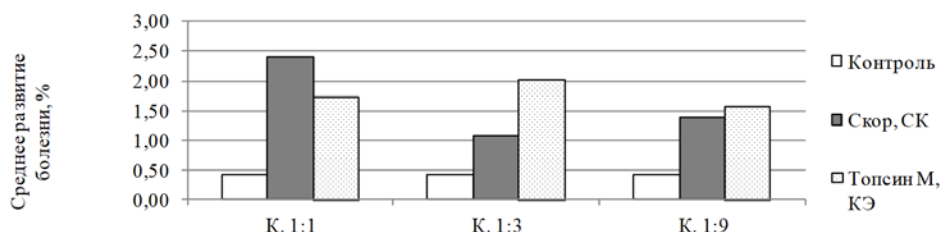


Рисунок 1 – Среднее развитие объёда листьев клена вредителями после инъектирования Скор, КЭ и Топсин М, КС

Уровень объёда вредителями листовых пластинок прямо пропорционально зависит от биологической эффективности против черной пятнистости и мучнистой росы. При инъектировании клена препаратами с действующим веществом дифеноконазол (при концентрации 50 %) уровень объёда был увеличен в 5,5 раз, при введении препарата с действующим веществом тиофанат-метил (при концентрации 25 %) произошло увеличение в 4,8 раз.

Таким образом, введение данных препаратов повышает устойчивость растений к болезням ассимиляционного аппарата, но в то же время снижает резистентность по отношению к вредителям ассимиляционного аппарата. Возможно, это связано с избирательной способностью при питании, поэтому листогрызущие насекомые отдают предпочтение более здоровым органам.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Эффективность стволовых инъекций зависит от вводимого препарата, дозы действующего вещества, заболевания, степени поражения ассимиляционного аппарата, периода введения раствора.
2. В целом по мучнистой росе биологическая эффективность препаратов оказалась ниже и составляла по модельным деревьям от 41,87 до 73,39 %, возможно, это связано с боль-

шей толерантностью *U. aceris* к применяемым д. в., аналогичные результаты были получены в опытах 2022 г. [3], [29].

3. Внутривитальное введение препаратов повышает устойчивость растений к болезням ассимиляционного аппарата, но в то же время снижает резистентность по отношению к листогрызущим вредителям, что показывает необходимость комплексного подхода к защите ценных деревьев.

4. Для деревьев клена остролистного и липы крупнолистной с диаметром ствола на высоте 1,3 м 28–35 см. наиболее оптимальный объем введенного раствора – 50 мл.; оптимальная концентрация препарата для борьбы с мучнистой росой и черной пятнистостью с действующим веществом тиофанат-метил составила 25 % [3], [29].

Литература

1. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minpriroda.gov.by/ru>. – Дата доступа : 20.08.2023.
2. Блох, В. Г. Фитосанитарное состояние *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L. в исторических парках Белорусского Полесья / В. Г. Блох, В. Б. Звягинцев // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений : от теории к практике : материалы III Всерос. конф. с междунар. участием, Москва, 11–15 апр. 2022 г. – М., 2022. – С. 24–25.
3. Блох, В. Г. Биологическая эффективность фунгицидов против болезней древесных растений при их введении методом стволовых инъекций / В. Г. Блох, В. Б. Звягинцев // Труды БГТУ. – 2023. – № 2 (270). – С. 67–75.
4. Blicharska, M. Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy / M. Blicharska, G. Mikusinski // Conservation Biology. – Sweden, 2014. – P. 1–8.
5. Павлюк, А. В. Памятники природы / А. В. Павлюк // Особо охраняемые природные территории Брестской области / Т. Ю. Борисюк [и др.]. – Брест, 1997. – Гл. 4. – С. 120–137.
6. Живые памятники : редкие и уникальные деревья и насаждения Беларуси / И. П. Вознячук [и др.] ; под ред. А. В. Пугачевского. – Минск : Бел. Энцикл. им. П. Бровки, 2021. – 360 с.
7. Дорофеева, Т. Б. Анализ состояния городских зеленых насаждений в Пушкинском районе Санкт-Петербурга / Т. Б. Дорофеева // Биосфера. – 2012. – Том 4, № 2. – С. 158–166.
8. Berger, C. Trunk injection of plant protection products to protect trees from pests and diseases / C. Berger, F. Laurent // Crop Protection. – 2019. – № 124 (2). – DOI : <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.025>.
9. Exploring alternatives to tree injection / Thomas [et al.] ; ed. Alex L. Shigo // Journal of arboriculture. – 1991. – № 17 (8). – P. 217–224.
10. Гордовская, Е. К. Разработка С.А. Мокрежцким в начале XX века метода внекорневого питания и лечения растений / Е. К. Гордовская // Научно-теоретический альманах Грані. – 2014. – Т. 17, № 11. – С. 153–160.
11. Kramer, P. J. Physiology of Woody Plants. Second edition / P. J. Kramer, S. G. Pallardy, T. T. Kozlowski. – New York : Academic Press, 1996. – 411 p.
12. Soloneski, S. Insecticides – basic and other applications [Electronic resource] / S. Soloneski, M. L. Larramendy // IntechOpen. – Access mode : <https://www.intechopen.com/books/2035>. – Date of access : 08.10.2022.
13. Чернышенко, О. В. Методы повышения устойчивости и жизнестойкости городских древесных растений / О. В. Чернышенко, Д. Е. Румянцев, Е. В. Сарапкина // Лесной вестник. – 2014. – № 5. – С. 202–206.
14. Zamora, M. A. S. Injector-size and the time of application affects uptake of tree trunk-injected solution / M. A. S. Zamora, R. F. Escobar // Scientia Horticulturae. – 2000. – № 84. – P. 164.
15. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – С. 160–164.
16. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений ; ред. С. Ф. Буга. – Несвиж : Несвижская укрупненная типография, 2007. – 508 с.
17. Burkhard, R. Environmental fate of emamectin benzoate after tree micro injection of horse chestnut trees / R. Burkhard, H. Binz, C. A. Roux [et al.] // Environmental Toxicology and Chemistry. – 2015. – Vol. 34, № 2. – P. 297–302.
18. Лавров, О. П. Перспективы применения стволовых инъекций для повышения устойчивости деревьев в городской среде / О. П. Лавров, Н. А. Дубровина // Ландшафтная архитектура и формирование комфортной городской среды : материалы XIV региональной научно-практической конференции : сборник трудов / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород, 2018. – С. 134–139.

19. Несина, Э. В. Внутриветвильное инъектирование – спрос и предложение / Э. В. Несина // Лесхоз. Информ.-электрон. сетевой журн. – 2018. – № 2. – С. 46–53.
20. Seasonal and cross-seasonal timing of fungicide trunk in apple trees to optimize management of apple scab / Srdan G. Aćimović [et al.] // Plant Disease. – 2016. – Vol. 100, № 8. – P. 1606–1616.
21. Navarro, C. A low-pressure, trunk-injection method for introducing chemical formulations into olive trees / C. Navarro, R. Fernandez-Escobar, M. Benlloch // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1992. – Vol. 117 (2). – P. 357–360.
22. Pegg, K. G. Tree injection methodology / K. G. Pegg // Australasian Plant Pathology. – 1990. – Vol. 19 (4). – P. 142–143.
23. Evaluation of trunk injections for control of emerald ash borer / D. G. McCullough [et al.] // Proceedings of the emerald ash borer research and development meeting, 2004 October 5–6 ; Romulus, MI. FHTET 2004-15. Morgantown, WV. – U.S. : Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, 2005. – P. 38–39.
24. Kobza, M. Tree injection in the management of horse-chestnut leaf miner. *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) / M. Kobza, G. Juhasova, K. Adamcikova, E. Onruskova // Gesunde Pflanzen. – 2011. – № 62. – P. 139–143.
25. Епихина Т.С. Оценка уровня загрязнения остаточными количествами крезоксим-метила в плодах семечковых культур методом газожидкостной хроматографии / Т. С. Епихина, Л. М. Поддымкина // Высокие технологии в растениеводстве – научная основа развития АПК : сборник статей по итогам студенческой научно-практической конференции, Москва, 21 апреля 2021 г. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 67–70.
26. Dissipation and adsorption of isoproturon, tebuconazole, chlorpyrifos and their main transformation products under laboratory and field conditions / E. S. Papadopoulou [et al.] // Science of the Total Environment. – 2016. – Vol. 569–570. – P. 86–96.
27. Spatial and temporal distribution of trunk-injected ¹⁴C-imidacloprid in Fraxinus trees / S. R. Tanis [et al.] // Pest Management Science. – 2012. – Vol. 68. – P. 529–536.
28. Wasniewski, T. A. Hole angle for trunk injection of tree growth regulators and its effect on weeping, wound closure and wood discoloration / T. A. Wasniewski, W. R. Chaney, H. A. Holt // Journal of Arboriculture. – 1993. – Vol. 19 (3). – P. 131–138.
29. Блох, В. Г. О фунгицидной эффективности стволовых инъекций / В. Г. Блох, В. Б. Звягинцев // Лесное хозяйство : материалы 87-й науч.-техн. конф. проф.-препод. состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. – Минск, 2023. – С. 62–65.

¹Полесский государственный университет

²Белорусский государственный
технологический университет

Поступила в редакцию 23.10.2023