

# ЛЕСОЗАЩИТА И САДОВО-ПАРКОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

## FOREST PROTECTION AND LANDSCAPING

---

УДК 632.08;581.2;632.4

В. Г. Блох<sup>1</sup>, В. Б. Звягинцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полесский государственный университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

### БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ БОЛЕЗНЕЙ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ИХ ВВЕДЕНИИ МЕТОДОМ СТВОЛОВЫХ ИНЪЕКЦИЙ

В статье представлены результаты предварительной оценки возможности подавления комплексных грибных инфекций древесных растений в зеленых насаждениях, имеющих важное историческое значение, путем стволовых инъекций фунгицидов. Препараты, содержащие в качестве действующих веществ тиофанат-метил, крезол-метил, флутриафол, тебуконазол были инъектированы в основание стволов деревьев клена остролистного (*Acer platanoides* L.), липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) и липы крупнолистной (*Tilia platyphyllos* Scop.) одной возрастной категории в рядовом типе посадки. Биологическая эффективность оценивалась через 10 недель на примере подавления мучнистой росы (возбудитель *Uncinula aceris* (DC.) Sacc.), черной пятнистости (возбудитель *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.) и темно-бурой пятнистости (возбудитель *Cercospora microsora* Sacc.) на ассимиляционном аппарате. 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 по высоте защищаемых растений, что, по-видимому, связано с особенностями распределения ксилемного тока. Полученные результаты с учетом существенного снижения экологических рисков за счет адресного введения препаратов предлагается положить в основу детального изучения возможности применения стволовых инъекций для повышения устойчивости ценных старовозрастных деревьев и их защиты от опасных болезней.

**Ключевые слова:** стволовые инъекции, фунгициды, ассимиляционный аппарат, черная пятнистость, мучнистая роса, темно-бурая пятнистость, биологическая эффективность.

**Для цитирования:** Блох В. Г., Звягинцев В. Б. Биологическая эффективность фунгицидов против болезней древесных растений при их введении методом стволовых инъекций // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2023. № 2 (270). С. 67–75. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-9.

V. G. Blokh<sup>1</sup>, V. B. Zviagintsev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Polessky State University

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University

### BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF FUNGICIDES AGAINST WOODY PLANTS DISEASES WHEN INTRODUCED BY STEM INJECTION METHOD

The article presents the results of a preliminary assessment of the possibility of suppressing complex fungal infections of woody plants in green spaces of great historical importance by stem injections of fungicides. Preparations containing thiophanate-methyl, cresol-methyl, flutriafol, tebuconazole as active ingredients were injected into the base of tree trunks of Norway maple (*Acer platanoides* L.), heart-shaped linden (*Tilia cordata* Mill.) and large-leaved linden (*Tilia platyphyllos* Scop.) one age category in an ordinary type of landing. Biological efficacy was evaluated after 10 weeks on the example of powdery mildew (pathogen *Uncinula aceris* (DC.) Sacc.), black spot (pathogen *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.) and dark brown spot (pathogen *Cercospora microsora* Sacc.) on the assimilation machine. It was

revealed that the effectiveness of stem injections depends on the administered drug, the dose of the active substance, the disease, the degree of damage to the assimilation apparatus, the period of administration of the solution. The trend of variability in the effectiveness of injections along the height of protected plants was traced, which, apparently, is associated with the peculiarities of the distribution of the xylem current. The results obtained, taking into account a significant reduction in environmental risks due to the targeted administration of drugs, are proposed to be used as the basis for a detailed study of the possibility of using stem injections to increase the resistance of valuable old-growth trees and protect them from dangerous diseases.

**Keywords:** stem injections, fungicides, assimilation apparatus, black spot, powdery mildew, dark brown spot, biological effectiveness.

**For citation:** Blokh V. G., Zviagintsev V. B. Biological effectiveness of fungicides against woody plants diseases when introduced by stem injection method. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forest. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2023, no. 2 (270), pp. 67–75. DOI: 10.52065/2519-402X-2023-270-2-9 (In Russian).

**Введение.** Исторические парки сохранились во многих населенных пунктах и старинных усадьбах Беларуси. Дендрофлора этих значимых элементов культурного наследия представлена богатым видовым составом старовозрастных растений, включающим не только местные виды деревьев и кустарников, но и широкий спектр интродуцентов. Основной ценностью исторических парков как объектов садово-паркового строительства являются старовозрастные деревья – живые свидетели минувших эпох. В силу возраста и условий эксплуатации парковых комплексов деревья поражаются инфекционными болезнями, теряют устойчивость и декоративность [1]. Распределение возбудителей грибных болезней на старовозрастных деревьях особо охраняемых территорий определяется особенностями формирования растительных комплексов в парковых ландшафтах, степенью антропогенного воздействия, повреждениями и степенью ослабленности растений [2].

Хронические грибные инфекции и, в частности, стволовые гнили приводят деревья к аварийному состоянию, угрожающему их безвозвратной утратой. Так, в ноябре 2022 г. в Спасском-Лутовинове в Орловской области из-за значительных разрушений корневой системы гнилевыми болезнями упал Тургеневский дуб возрастом около 200 лет. Он являлся главной реликвией усадьбы Тургенева и занял годом ранее первое место в конкурсе на лучшее дерево России.

Разрушительный зимний шторм в феврале 1990 г. уничтожил свыше 1500 деревьев на территории Версальского парка во Франции. Второй более разрушительный шторм в декабре 1999 г. повредил около 10 000 старовозрастных деревьев, в том числе посаженных Марией-Антуанеттой и Наполеоном, после чего французское правительство приступило к реализации широкомасштабного проекта ремонта и реконструкции [3]. Одной из причин масштабных

ветровалов названа пораженность деревьев болезнями.

Эти примеры демонстрируют, что в первую очередь во время ураганов и штормов страдают старовозрастные и ослабленные деревья, поэтому основная задача повысить их устойчивость и сохранить такие деревья для будущих поколений.

Основными методами защиты дендросоциологии в старинных парках являются агротехнические (удаление опавшей хвои и листьев, подкормка, опрыскивание стимуляторами, уборка плодовых тел трутовиков и др.); физико-механические (санитарная и омолаживающая обрезки, рубки прореживания, антисептирование ран и повреждений, лечение дупел и др.); химические (микроинъекции, опрыскивание пестицидами и др.); интегрированные (оптимальное сочетание всех возможных методов защиты) [4].

На основании литературных источников было определено, что для старовозрастных деревьев наиболее перспективным является химический метод защиты. Традиционное внесение средств защиты растений путем опрыскивания старовозрастных деревьев достаточно трудоемко и технически сложно реализуемо по причине размеров, а зачастую и месторасположения, не позволяющего распылять пестициды, например в населенных пунктах. Поэтому нами был рассмотрен метод стволовых микроинъекций, позиционирующийся в литературе как эффективная обработка ценных деревьев [5]. Стволовые инъекции являются перспективным методом лечения, позволяющим осуществлять быструю доставку препарата непосредственно в проводящую систему, что невозможно сделать при других видах обработки. Например, при защите генеративных органов ели от насекомых-конобионтов инъекции показали хороший результат [6].

Преимущества метода стволовых инъекций заключаются в следующем:

– снижение расхода пестицидов из-за отсутствия нецелевого использования (попадания на почву, сноса, испарения, смыва и т. п.);

– возможность использования в городской среде, так как действующее вещество попадает только внутрь растения, не загрязняет почву и воздух, не оказывает прямого воздействия на людей, птиц и полезных насекомых;

– повышение устойчивости растений инъекциями пестицидов при введении их в комбинации с витаминами и стимуляторами роста.

Особенности метода стволовых инъекций:

– скорость поглощения инъекционных растворов выше в ясные дни в период физиологической активности дерева, поскольку в дождливые дни и в период зимнего покоя происходит замедление транспирации;

– перспективен для индивидуального лечения ценных экземпляров деревьев ввиду своей высокой трудоемкости и стоимости;

– инъекции не проводят для лечения молодых деревьев с диаметром ствола меньше 10 см на высоте 1,3 м;

– лечение с помощью инъекции не должно проходить под высоким давлением и с использованием раствора высокой концентрации пестицидов, таким образом можно повредить дерево;

– при ежегодной постановке инъекции места для них располагают в шахматном порядке;

– раны обязательно закрываются антисептическими замазками [7–18].

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

**Основная часть.** Объектами исследования являлись клен остролистный (*Acer platanoides* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) и липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos* Scop.) одной возрастной категории в рядовом типе посадки на территории студенческого городка в филиале Белорусского государственного технологического университета «Негорельский учебно-опытный лесхоз». Выбор модельных объектов обоснован повсеместным использованием данных видов в посадках исторических парков. Средняя высота модельных деревьев клена составляла 14,2 м, а лип – 18,5 м. В летний период под деревьями регулярно проводилось удаление опавшей листвы и по необходимости санитарная обрезка.

Стволовые инъекции производили в начале вегетации (12 мая 2022 г.), препараты вводили в основание ствола опытных деревьев на высоте около 10 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. В качестве фунгицида для стволовых инъекций *A. platanoides* использовали Боливар Форте, КС с д. в. тебуконазол (240 г/л) и крезоксим-метил (125 г/л). В качестве фунгицида для стволовых инъекций *T. cordata* и *T. platyphyllos* использовали Боливар Форте, КС и Формат Экстра, КС с д. в. тиофанат-метил (310 г/л) и флутриафол (187 г/л). Во всех случаях препараты были разведены дистиллированной водой в соотношении 1 : 3. После проведения инъекций отверстия герметизировали садовым варом.

Через 10 недель после инъектирования на каждом дереве из трех частей кроны (нижняя, средняя, верхняя) были собраны по три экземпляра ветвей с 6–30 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.) и темно-бурой пятнистостью (возбудитель *Cercospora microsora* Sacc.).

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась по методикам Б. А. Доспехова в пакете прикладных математических программ Statistica 10.0 и Microsoft Excel 2016. Для расчета биологической эффективности использовалась формула Аббота (1), которая интегрирует влияние факторов, определяющих естественную гибель в контроле:

$$БЭ = \left[ \frac{К - 0}{К} \right] \cdot 100,$$

где БЭ – биологическая эффективность; К – развитие (пораженность) болезни в контроле (без обработки); 0 – развитие (пораженность) болезни в испытываемом варианте после обработки [19].

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 Министерства 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. 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.

Таблица 1

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

Номер дерева	Категория состояния	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Диаметр в области инъекции, см	Объем вводимого раствора, мл	Действующее вещество (количество на дерево, г)	$M \pm m$ % черной пятнистости от площади листа	$M \pm m$ % мучнистой росы от площади листа	Биологическая эффективность, %	
								по черной пятнистости	по мучнистой росе
1	2-я	29	37	62	Тебуконазол (3,7), крезоксим-метил (1,9)	$0,72 \pm 0,26$	$1,50 \pm 0,33$	87,23	65,44
2	2-я	28	34	58	Тебуконазол (3,5), крезоксим-метил (1,8)	$1,40 \pm 0,57$	$2,45 \pm 0,55$	75,18	43,55
3	2-я	26	30	50	Тебуконазол (3,0), крезоксим-метил (1,6)	$1,71 \pm 0,60$	$1,70 \pm 0,54$	69,68	60,83
Контроль	2-я	28	35	—	—	$5,64 \pm 1,11$	$4,34 \pm 0,97$	—	—

Примечание.  $M$  – среднее арифметическое значение,  $m$  – стандартная ошибка средних.

Полученные результаты показали заметное фунгицидное воздействие препаратов, вводимых путем стволовых инъекций, на всех изучаемых видах деревьев. Биологическая эффективность Боливар Форте, КС на *A. platanoides* составляла 60,83–65,44% по мучнистой росе и 69,68–87,23% по черной пятнистости (табл. 1). Кроме снижения площади инфекционных пятен на листьях отмечена задержка в формировании стромы возбудителя – гриба *R. acerinum* по сравнению с контролем.

По высоте кроны отмечена широкая вариабельность развития индикаторных болезней (рис. 1–2).

Так, при инъектировании клена Боливаром Форте, КС проявился достаточно равномерный фунгицидный эффект с небольшой тенденцией снижения эффективности в верхней части кроны. Это может свидетельствовать о

понижении содержания фунгицида при акропетальном токе до низкотоксичной концентрации для возбудителя *R. acerinum*. В то же время против мучнистой росы клена Боливар Форте, КС на тех же растениях и учетных ветвях показал меньшую эффективность в средней части кроны и более высокую в верхней. В целом по мучнистой росе биологическая эффективность препарата оказалась ниже и составляла по модельным деревьям от 43,55 до 65,44%, возможно это связано с большей толерантностью *U. aceris* к применяемым д. в. Устойчивость мучнисторосяных грибов рода *Uncinula* к некоторым группам фунгицидов хорошо известна в научной литературе [20]. Обычно ее связывают с появлением резистентных рас фитопатогенов [21] и закреплением новых положительных мутаций [22].

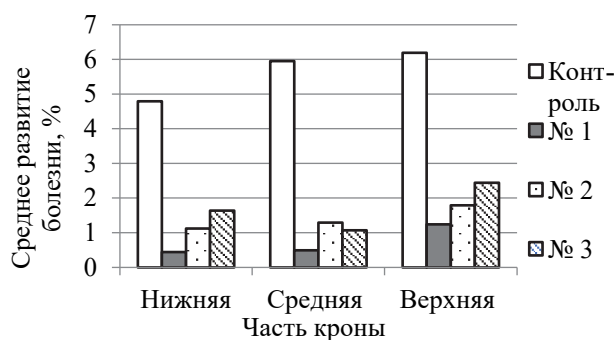


Рис. 1. Среднее развитие черной пятнистости листьев клена остролистного в различных частях кроны после инъектирования Боливар Форте, КС

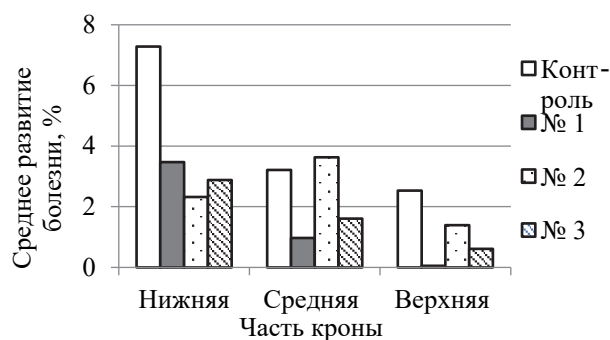


Рис. 2. Среднее развитие мучнистой росы листьев клена остролистного в различных частях кроны после инъектирования Боливар Форте, КС

Таблица 2

**Биологическая эффективность стволовых инъекций на *Tilia cordata* Mill.  
против темно-бурой пятнистости**

Номер дерева	Категория состояния	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Диаметр в области инъекции, см	Объем вводимого раствора, мл	Действующее вещество (количество на дерево, г)	$M \pm m$ % темно-бурой пятнистости от площади листа	Биологическая эффективность по темно-бурой пятнистости, %
1	1-я	46	51	60	Тебуконазол (3,6), крезоксим-метил (1,9)	$1,09 \pm 0,23$	68,68
2	2-я	48	56	60	Тебуконазол (3,6), крезоксим-метил (1,9)	$1,43 \pm 0,31$	58,91
3	2-я	36	50	50	Тиофанат-метил (3,9), флутриафол (2,3)	$2,99 \pm 0,32$	14,08
Контроль	2-я	40	45	–	–	$3,48 \pm 0,43$	–

На более массивных по сравнению с кленом деревьях липы сердцевидной стволовые инъекции фунгицидом «Боливар Форте, КС» показали среднюю биологическую эффективность по темно-бурой пятнистости 58,91 и 68,68%, что оказалось существенно выше по сравнению с фунгицидом «Формат Экстра, КС», который снизил развитие болезни в среднем только на 14,08% (табл. 2). Как показано на рис. 3, последний препарат проявил активность только в нижней части кроны модельного дерева, тогда как Боливар Форте, КС дал приблизительно равномерный фунгицидный эффект по всей кроне, снижая развитие болезни на 50–70%. Темно-бурая пятнистость листьев липы сердцевидной, вызываемая *S. microsora*, сложно поддается контролю современными пестицидами и при традиционной обработке путем опрыскивания [23].

Анализ данных показал, что внутрирастительное введение препаратов в стволы деревьев сохраняет фунгицидную активность даже спустя

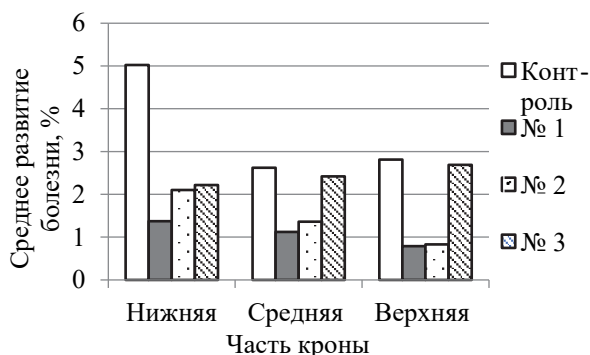


Рис. 3. Среднее развитие темно-бурой пятнистости листьев липы сердцевидной в различных частях кроны после инъектирования Боливар Форте, КС (№ 1, 2) и Формат Экстра, КС (№ 3)

10 недель после обработки. При традиционном способе защиты растений путем опрыскивания продолжительность действия препаратов существенно ниже. Имеются сведения, что, например, в яблоневых садах крезоксим-метил разлагается до концентраций, которые ниже предела количественного обнаружения (0,04 мг/кг), за 10 суток после последней из трех обработок, т. е. дезактивируется [24]. Полевые испытания стойкости тебуконазола показали, что снижение его концентрации за первые 3 дня происходит на 70% [25]. Таким образом, можно констатировать существенное пролонгирование действия пестицидов при их введении методом стволовых инъекций.

Очевидно, что для получения более высокой эффективности на *T. cordata* необходимо увеличивать количество вносимого препарата за счет повышения его концентрации в рабочей жидкости либо увеличения объема вводимого раствора.

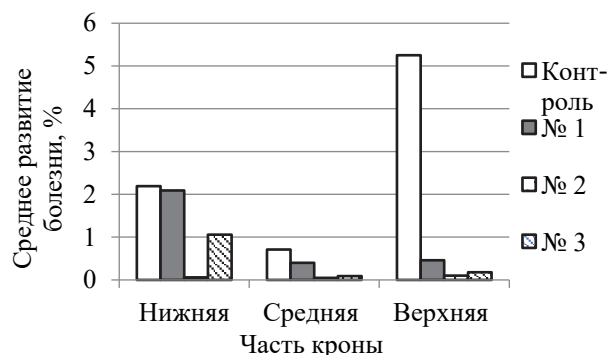


Рис. 4. Среднее развитие темно-бурой пятнистости листьев липы крупнолистной в различных частях кроны после инъектирования Боливар Форте, КС (№ 1) и Формат Экстра, КС (№ 2, 3)

Таблица 3

**Биологическая эффективность стволовых инъекций на *Tilia platyphyllos* Scop.  
против темно-бурой пятнистости**

Номер дерева	Категория состояния	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Диаметр в области инъекции, см	Объем вводимого раствора, мл	Действующее вещество (количество на дерево, г)	$M \pm m$ % темно-бурой пятнистости от площади листа	Биологическая эффективность по темно-бурой пятнистости, %
1	1-я	35	40	60	Тебуконазол (3,6), крезоксим-метил (1,9)	0,98 ± 0,24	63,70
2	2-я	34	41	50	Тиофанат-метил (3,9), флутриафол (2,3)	0,10 ± 0,02	95,51
3	2-я	36	50	85	Тиофанат-метил (6,6), флутриафол (4,0)	0,44 ± 0,09	83,70
Контроль	2-я	35	41	–	–	2,70 ± 0,76	–

На деревьях липы крупнолистной стволовые инъекции фунгицидом «Формат Экстра, КС» с действующими веществами тиофанат-метилом и флутриафолом показали, напротив, более высокую биологическую эффективность по темно-бурой пятнистости в сравнении с препаратом «Боливар Форте, КС» (табл. 3). Развитие пятнистости листьев на модельных деревьях удалось снизить с помощью препарата «Формат Экстра, КС», содержащего разные дозы действующего вещества, в среднем на 83,7 и 95,51% соответственно, что достаточно для надежного контроля заболевания. Эффективность существенно варьировала по высоте кроны, однако четких тенденций изменчивости не проявлялось (рис. 4). Стоит лишь отметить, что наименьшая биологическая эффективность была выявлена в варианте с Боливар Форте, КС в нижней части кроны.

**Заключение.** Стволовые инъекции являются перспективным методом индивидуального лечения старовозрастных деревьев, представляющим особую ценность при защите уникальных экземпляров на урбанизированных территориях. В оценку эффективности стволовых инъекций следует включить их воздействие на развитие наиболее опасных хронических инфекционных болезней старовозрастных деревьев – гнилей, некрозов, раковых заболеваний, которые наиболее распространены в исторических парках и являются важнейшими объектами контроля.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Внутривитальное введение системных препаратов в комлевую часть стволов защищаемых деревьев в период активного сокодвижения позволяет повысить устойчивость ассимиляционного аппарата к инфекционным заболеваниям по всей кроне крупных деревьев исключая нецелевой расход пестицидов и их попадание в окружающую среду.

2. Препараты, внесенные путем стволовых инъекций, проявляют более пролонгированное действие по сравнению с поверхностной обработкой путем опрыскивания, сохраняют фунгицидную активность на срок не менее 10 недель.

3. Биологическая эффективность стволовых инъекций зависит от вводимого препарата, количества действующего вещества, степени поражения ассимиляционного аппарата, высоты и, возможно, объема кроны.

4. Судя по разбросу результатов данного предварительного опыта, для оценки оптимальных параметров инъекций необходимо варьировать видом и количеством вводимых действующих веществ, их концентрацией в рабочей жидкости, методикой и инструментарием инъектирования.

5. Имеется необходимость в разработке технологий проведения стволовых инъекций и испытаний в рамках государственной регистрации препаратов под этот метод внесения пестицидов.

#### Список литературы

1. Блох В. Г., Звягинцев В. Б. Фитосанитарное состояние дендрофлоры исторических парков Пинского района // Весн. Палес. дзярж. ун-та. Сер. прыродазнаўчых навук: навук.-практ. часоп. 2022. № 1. С. 3–11.
2. Блох В. Г., Звягинцев В. Б. Фитосанитарное состояние *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L. в исторических парках Белорусского Полесья // 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. Maroteaux V., J. de Givry. Versailles – le Grand Parc. Les Loges-en-Josas: JDG Publ., 2004. 240 p.
4. Сокольская О. Б. Обоснование восстановления садово-паркового наследия России. СПб.: Лань, 2021. 368 с.
5. Блох В. Г., Звягинцев В. Б. О фунгицидной эффективности стволовых инъекций // Лесное хозяйство: материалы 87-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. Минск, 2023. С. 62–65.
6. Южик Н. В., Звягинцев В. Б. Эффективность метода внутривольной инъекции для защиты генеративных органов ели от насекомых-конобионтов // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2012. Вып. 72. С. 503–508.
7. Soloneski S., Larramendy M. L. Insecticides – basic and other applications // IntechOpen. URL: <https://www.intechopen.com/books/2035> (date of access: 08.10.2022).
8. Berger C., Laurent F. Trunk injection of plant protection products to protect trees from pests and diseases // Crop Protection. 2019. Vol. 124. P. 104831. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.05.025.
9. Exploring alternatives to tree injection / T. O. Perry [et al.] // Arboriculture & Urban Forestry. 1991. Vol. 17, issue 8. P. 217–226.
10. Navarro C., Fernandez-Escobar R., Benloch M. A low-pressure, trunk-injection method for introducing chemical formulations into olive trees // J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1992. Vol. 117 (2). P. 357–360.
11. Zamora M. A. S., Escobar R. F. Injector-size and the time of application affects uptake of tree trunk-injected solution // Scientia Horticulturae. 2000. Vol. 84. P. 163–177.
12. 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, Morgantown, 2004 October 5–6. Morgantown, WV, 2005. P. 38–39.
13. Pegg K. G. Tree injection methodology // Australasian Plant Pathology. 1990. Vol. 19 (4). P. 142–143.
14. Seasonal and cross-seasonal timing of fungicide trunk injection in apple trees to optimize management of apple scab / Srđan G. Aćimović [et al.] // Plant Disease. 2016. Vol. 100, no. 8. P. 1606–1616.
15. Дорофеева Т. Б. Анализ состояния городских зеленых насаждений в Пушкинском районе Санкт-Петербурга // Биосфера. 2012. Т. 4, № 2. С. 158–166.
16. Wasniewski T. A., Chaney W. R., Holt H. A. Hole angle for trunk injection of tree growth regulators and its effect on weeping, wound closure and wood discoloration // Journal of Arboriculture. 1993. Vol. 19 (3). P. 131–138.
17. Spatial and temporal distribution of trunk-injected <sup>14</sup>C-imidacloprid in *Fraxinus* trees / S. R. Tanis [et al.] // Pest Management Science. 2012. Vol. 68. P. 529–536.
18. Blicharska M., Mikusinski G. Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy // Conservation Biology. 2014. Vol. 28, issue 6. P. 1558–1567.
19. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений. Несвиж: Несвижская укрупненная типография, 2007. 508 с.
20. Development and morphology of *Uncinula necator* following treatment with the fungicides kresoxim-methyl and penconazole / G. M. E. Leinhos [et al.] // Mycological Research. 1997. Vol. 101, issue 9. P. 1033–1046.
21. Erickson E. O., Wilcox W. F. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon // Phytopathology. 1997. Vol. 87, no. 8. P. 784–791.
22. Delye C., Laigret F., Corio-Costet M. F. A mutation in the 14 alpha-demethylase gene of *Uncinula necator* that correlates with resistance to a sterol biosynthesis inhibitor // Applied and Environmental Microbiology. 1997. Vol. 63, no. 8. P. 2966–2970.
23. Эффективность защитных мероприятий против пятнистостей лиственных пород, используемых в озеленении городов / Э. И. Коломиец [и др.] // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2010. Вып. XVIII. С. 339–343.
24. Епихина Т. С., Поддымкина Л. М. Оценка уровня загрязнения остаточными количествами крезоксим-метила в плодах семечковых культур методом газожидкостной хроматографии // Высокие технологии в растениеводстве – научная основа развития АПК: сб. ст. по итогам студ. науч.-практ. конф., Москва, 21 апр. 2021 г. М., 2021. С. 67–70.
25. 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.

## References

1. Blokh V. G., Zviagintsev V. B. Phytosanitary state of the dendroflora of the historical parks of the Pinsk region. *Vesnik Paleskaga dzyarzhavnaga universiteta* [Bulletin of Polesky State University], Natural Sciences series, 2022, no. 1, pp. 3–11 (In Russian).
2. Blokh V. G., Zviagintsev V. B. Phytosanitary status of *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L. in the historical parks of Belarusian Polesia. *Monitoring i biologicheskiye metody kontrolya vreditel'ey i patogenov drevesnykh rasteniy: ot teorii k praktike: materialy Tret'yey Vserossiyskoy konferentsii* [Monitoring and biological methods of control of pests and pathogens of woody plants: from theory to practice: materials of the Third All-Russian Conference with International Participation]. Moscow, 2022, pp. 24–25 (In Russian).
3. Maroteaux V., J. de Givry. Versailles – le Grand Parc. Les Loges-en-Josas, JDG Publ., 2004. 240 p. (In French).
4. Sokolskaya O. B. *Obosnovaniye vosstanovleniya sadovo-parkovogo naslediya Rossii* [Rationale for the restoration of the garden and park heritage of Russia]. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2021. 368 p. (In Russian).
5. Blokh V. G., Zviagintsev V. B. On the fungicidal efficacy of stem injections. *Lesnoye khozyaystvo: materialy 87-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov* [Forestry: materials of the 87th scientific and technical conference of the faculty, researchers and graduate students]. Minsk, 2023 (In Russian).
6. Yuzhik N. V., Zviagintsev V. B. Efficiency of intrastem injection method for protection of generative organs of spruce from conobiont insects. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa Natsional'noy akademii nauk Belarusi* [Problems of forest science and forestry: a collection of scientific papers of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel, 2012, issue 72, pp. 503–508 (In Russian).
7. Soloneski S., Larramendy M. L. Insecticides – basic and other applications. Available at: <https://www.intechopen.com/books/2035> (accessed 08.10.2022).
8. Berger C., Laurent F. Trunk injection of plant protection products to protect trees from pests and diseases. *Crop Protection*, 2019, vol. 124, p. 104831. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.05.025.
9. Perry T. O., Santamour F. S., Stipes R. J., Shear T., Shigo A. L. Exploring alternatives to tree injection. *Arboriculture & Urban Forestry*, 1991, vol. 17, issue 8, pp. 217–226.
10. Navarro C., Fernandez-Escobar R., Benlloch M. A low-pressure, trunk-injection method for introducing chemical formulations into olive tress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1992, vol. 117 (2), pp. 357–360.
11. Zamora M. A. S., Escobar R. F. Injector-size and the time of application affects uptake of tree trunk-injected solution. *Scientia Horticulturae*, 2000, vol. 84, pp. 163–177.
12. McCullough D. G., Poland T. M., Cappert D. L., Lewis Ph., Mologowski J. Evaluation of trunk injections for control of emerald ash borer. Proceedings of the emeralds ash borer research and development meeting, Morgantown, WV, 2005, pp. 38–39.
13. Pegg K. G. Tree injection methodology. *Australasian Plant Pathology*, 1990, vol. 19 (4), pp. 142–143.
14. Aćimović S. G., Van Woerkom A. H., Garavaglia T., Vandervoot Ch., Sundin G. W., Wise J. C. Seasonal and cross-seasonal timing of fungicide trunk in apple trees to optimize management of apple scab. *Plant Disease*, 2016, vol. 100, no. 8, pp. 1606–1616.
15. Dorofeeva T. B. Analysis of the state of urban green spaces in the Pushkinsky district of St. Petersburg. *Biosfera* [Biosphere], 2012, vol. 4, no. 2, pp. 158–166 (In Russian).
16. Wasniewski T. A., Chaney W. R., Holt H. A. Hole angle for trunk injection of tree growth regulators and its effect on weeping, wound closure and wood discoloration. *Journal of Arboriculture*, 1993, vol. 19 (3), pp. 131–138.
17. Tanis S. R., Bert M. G., Mota-Sanchez D., McCullough D. G., Poland T. M. Spatial and temporal distribution of trunk-injected <sup>14</sup>C-imidacloprid in *Fraxinus* trees. *Pest Management Science*, 2012, vol. 68, pp. 529–536.
18. Blicharska M., Mikusinski G. Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy. *Conservation Biology*, 2014, vol. 28, issue 6, pp. 1558–1567.
19. *Metodicheskiye ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaystve* [Guidelines for registration testing of fungicides in agriculture]. Nesvizh, Nesvizhskaya ukрупnennaya tipografiya Publ., 2007. 508 p. (In Russian).
20. Leinhos G. M. E., Gold R. E., Düggelin M., Guggenheim R. Development and morphology of *Uncinula necator* following treatment with the fungicides kresoxim-methyl and penconazole. *Mycological Research*, 1997, vol. 101, issue 9, pp. 1033–1046.
21. Erickson E. O., Wilcox W. F. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon. *Phytopathology*, 1997, vol. 87, no. 8, pp. 784–791.



22. Delye C. A., Laigret F., Corio-Costet M. F. A mutation in the 14 alpha-demethylase gene of *Uncinula necator* that correlates with resistance to a sterol biosynthesis inhibitor. *Applied and Environmental Microbiology*, 1997, vol. 63, no. 8, pp. 2966–2970.

23. Kolomiets E. I., Grigortsevich L. N., Zviagintsev V. B., Nikonchik A. D., Sverchkova N. V. Efficiency of protective measures against leaf spots used in urban greening. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2010, pp. 339–343 (In Russian).

24. Epikhina T. S., Poddymkina L. M. Evaluation of the level of contamination with residual amounts of kresoxim-methyl in fruits of pome crops by gas-liquid chromatography. *Vysokiye tekhnologii v rasstaniyevodstve – nauchnaya osnova razvitiya APK: sbornik statey po itogam studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [High technologies in crop production – the scientific basis for the development of the agro-industrial complex: a collection of articles based on the results of a student scientific and practical conference]. Moscow, 2021, pp. 67–70 (In Russian).

25. Papadopoulou E. S., Karas P. A., Nikolaki S., Storck V., Ferrari F., Trevisan M., Tsiamis G., Martin-Laurent F., Karpouzias D. G. Dissipation and adsorption of isoproturon, tebuconazole, chlorpyrifos and their main transformation products under laboratory and field conditions. *Science of the Total Environment*, 2016, vol. 569–570, pp. 86–96.

### Информация об авторах

**Блох Валентина Геннадьевна** – ассистент кафедры ландшафтного проектирования. Полесский государственный университет (225710, г. Пинск, ул. Днепровской флотилии, 23, Республика Беларусь). E-mail: bloh.v@polessu.by

**Звягинцев Вячеслав Борисович** – кандидат биологических наук, доцент кафедры лесозащиты и древесиноведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: mycolog@tut.by

### Information about the authors

**Blokh Valentina Gennadievna** – Assistant Lecture, the Department of Landscape Design. Polesky State University (23, Dneprovskoy flotilii str., 225710, Pinsk, Republic of Belarus). E-mail: bloh.v@polessu.by

**Zviagintsev Viacheslav Borisovich** – PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Forest Protection and Wood Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mycolog@tut.by

Поступила 15.03.2023