

**BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF STEM INJECTION
TECHNOLOGY IN WILLOW TREES (SALIX SPP.) AGAINST THE
URBAN LONGHORN BEETLE (AEOLESTHES SARTA SOLSKY.)**

TULABOYEV BOBIR ANORBOY UGLI

Independent Researcher, Rice Research Institute

E-mail: bobirtulaboyev@umail.uz

ORCID: 0009-0008-7207-9404

SHUKUROV KHUSHVAQT MAMASALIYEVICH

Scientific Supervisor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

ORCID: 0009-0000-1937-8108

ABSTRACT

*The present study evaluates the effectiveness of trunk injection technology against the city longhorn beetle, *Aeolesthes sarta* Solsky., one of the most destructive xylobiont pests of willow trees (*Salix* spp.). The research was conducted in Tashkent region during 2022–2025. Systemic insecticides were applied directly into the trunk using infusion systems at 3% and 4% working solution concentrations. The biological efficacy of the treatments was assessed under field conditions. The results demonstrated that Bagira 20% EC, Proclaim 5% WG and Agrofos-D 55% EC exhibited the highest efficacy. Although the 4% concentration provided maximum biological effectiveness, it also increased local damage to xylem tissues around the injection site. Considering both biological efficacy and phytotoxic safety, a 3% working solution was identified as the optimal concentration for trunk injection applications in willow plantations.*

Keywords

Salix spp., Aeolesthes sarta, trunk injection, systemic insecticides, biological efficacy, xylobiont pests, xylem tissue, phytotoxicity, integrated pest management.

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ СТВОЛОВОЙ
ИНЪЕКЦИИ НА ДЕРЕВЬЯХ ИВА (*SALIX SPP.*) ПРОТИВ ГОРОДСКОГО
УСАЧА (*AEOLESTHES SARTA SOLSKY.*)**

ТУЛАБОЕВ БОБИР АНОРБОЙ УГЛИ

*Независимый исследователь Научно-исследовательского института
рисоводства*

E-mail: bobirtulaboyev@umail.uz

ORCID: 0009-0008-7207-9404

ШУКУРОВ ХУШВАКТ МАМАСАЛИЕВИЧ

Научный руководитель. Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ORCID: 0009-0000-1937-8108

АННОТАЦИЯ. В данной статье изучается эффективность применения технологии стволовой инъекции против городского усача (*Aeolesthes arta Solsky.*), являющегося опасным ксилобионтным вредителем деревьев ивы (*Salix spp.*). Исследования проводились в условиях Ташкентской области в течение 2022-2025 годов. 3 и 4% рабочие растворы инсектицидов системного действия вводили в ствол дерева инфузионным методом и оценивали их биологическую эффективность. Согласно полученным результатам, наибольшую эффективность продемонстрировали препараты Багира 20% к.с.э., Проклейм 5% в.р.г. и Агрофос-Д 55% к.э. Хотя биологическая эффективность достигала максимума при концентрации 4%, наблюдалось расширение местного поражения тканей ксилемы. На основании показателей биологической эффективности и фитотоксической безопасности в качестве оптимальной нормы рекомендован 3% рабочий раствор методом стволовой инъекции.

Ключевые слова. *Salix spp., Aeolesthes arta, trunk injection, инфузионный метод, системные инсектициды, биологическая эффективность, ксилема, ксилобионтные вредители, фитотоксичность, интегрированная защита.*

ANNOTATSIYA. *Ushbu maqolada tol (Salix spp.) daraxtlarining xavfli ksilobiont zararkunandasi hisoblangan shahar mo'ylovkori (Aeolesthes arta Solsky.)ga qarshi trunk injection texnologiyasini qo'llash samaradorligi o'rganilgan. Tadqiqotlar Toshkent viloyati sharoitida 2022-2025 yillar davomida olib borildi. Sistemali ta'sir etuvchi insektitsidlarning 3 va 4% li ishchi eritmaları infuzion usulda daraxt tanasiga yuborilib, ularning biologik samaradorligi baholandi. Olingan natijalarga ko'ra, Bagira 20% s.e.k., Prokleym 5% s.e.g. va Agrofos-D 55% em.k. preparatlari eng yuqori samaradorlikni namoyon qildi. 4% konsentratsiyada biologik samaradorlik maksimal darajaga yetgan bo'lsa-da, ksilema to'qimalarida mahalliy zararlanish maydoni kengaygani kuzatildi. Biologik samaradorlik va fitotoksik xavfsizlik ko'rsatkichlari asosida trunk injection usulida 3% ishchi eritma optimal me'yor sifatida tavsiya etildi.*

Kalit so'zlar. *Salix spp., Aeolesthes arta, trunk injection, infuzion usul, sistemali insektitsidlar, biologik samaradorlik, ksilema, ksilobiont zararkunandalar, fitotoksiklik, integratsiyalashgan himoya.*

Введение. На территории Узбекистана деревья ива (*Salix spp.*) являются важной составной частью оросительных сетей, защитных лесных насаждений и системы озеленения. В последние годы среди насекомых-ксилобионтов, наносящих вред этим деревьям, возрастает экономическая значимость городского усача (*Aeolesthes arta Solsky.*). Личинки вредителя развиваются в древесной части ствола и крупных ветвей деревьев, повреждая проводящие ткани, в результате чего замедляется рост деревьев, снижается их механическая прочность и наблюдаются случаи высыхания.

В связи ведением скрытого образа жизни городского усача (*Aeolesthes arta* Solsky.), обычный способ опрыскивания контактными препаратами во многих случаях не дает достаточного эффекта. Поэтому использование технологии trunk injection, основанной на непосредственном введении препаратов в проводящую систему дерева, является одним из актуальным в защите от вредителя.

Обзор литературы. В последние годы технология стволовой инъекции стала широко применяться в борьбе с ксилобионтными вредителями. Этот способ отличается непосредственной доставкой препаратов в проводящую систему растения и обеспечивает более высокую эффективность по сравнению с контактным способом.

По данным Doccola и Wild (2012), метод trunk injection является одним из экологически безопасных способов применения инсектицидов на городских деревьях. Авторы отметили, что степень доступа препарата к целевому организму будет высокой.

Смитлей и др. (2010) обнаружили, что системные препараты, введенные в ствол дерева, эффективно распространяются по листьям и древесным тканям. Особенно активные вещества, перемещающиеся через ксилему, дали высокие результаты против вредителей, обитающих внутри древесины.

В исследованиях, проведенных McCullough и Poland (2017), технология trunk injection была рекомендована в качестве важного компонента интегрированной системы защиты от древесных жуков.

В условиях Центральной Азии, описанный Солски *Aeolesthes arta* является одним из вредителей, наносящих серьезный ущерб тутовнику, тополю, иве и другим деревьям. В последующих исследованиях были широко изучены его биология, фенология и особенности нанесения вреда.

В исследованиях, проведенных учеными Узбекистана, отмечено, что эффективность химических средств во многом зависит от степени проникновения препарата во внутренние ткани, так как личинки городского усача развиваются на стволах деревьев и скелетных ветвях.

Поэтому совершенствование технологии стволовой инъекции в местных условиях и определение оптимальных концентраций имеет актуальное научно-практическое значение.

Цель исследования. Разработка теоретических основ применения технологии стволовой инъекции на ивняках против городского усача (*Aeolesthes arta* Solsky.) и оценка биологической эффективности данного способа в защите деревьев.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в течение 2022-2025 годов на ивовых площадях, расположенных в Ташкентской области. В качестве объекта эксперимента были выбраны ивы разного возраста зараженные городским усачом.

Перед обработкой деревьев определяли их дендрометрические показатели, в том числе диаметр на уровне груди (ДУГ). Точки инъекции выбирались исходя из анатомического строения дерева и степени повреждения.

С помощью технологии Trunk injection в активную проводящую часть стволов деревьев просверлены специальные отверстия и с помощью инфузионной системы введены рабочие растворы системно действующих препаратов. Наблюдалось всасывание препаратов деревьями и отмечалось время полного усвоения раствора.

В экспериментах сравнивалась эффективность способа trunk injection, способов обычного опрыскивания и биологических средств (Боверин-зерновой и Боверин-жидкий).

Биологическая эффективность рассчитан по формуле Аббота.

Методика применения технологии Trunk injection. При применении технологии стволовой инъекции против городского усача (*Aeolesthes arta* Solsky.) на ивнях были отобраны деревья, находящиеся в активном физиологическом состоянии в период вегетации. Для эксперимента были отобраны деревья, близкие по диаметру и степени повреждения.

Перед обработкой измеряли диаметр деревьев на высоте груди (ДГГ) и оценивали их фитосанитарное состояние. В качестве основных зон локализации личинок вредителя были отмечены нижняя часть ствола, скелетные ветки и прикрепления ветки к стволу.

Для введения препаратов в проводящие части ствола дерева были просверлены специальные отверстия. Точки инъекции были выбраны исходя из анатомического строения дерева. Для обеспечения более быстрого доступа препарата к целевым зонам у зрелых много стволовых деревьев, точки инъекции располагали вблизи скелетных веток и прикрепленной части к основному стволу.

В отверстия устанавливали инфузионную систему и вводили рабочие растворы препаратов системного действия. Скорость всасывания препаратов деревом регулярно контролировалась, а время полного усвоения раствора фиксировалось. Движение раствора оценивали в зависимости от транспирационной активности дерева, уровня влажности и метеорологических факторов.

После полного всасывания препарата инфузионную систему удаляли и наблюдали за динамикой заживления образовавшихся ран. В ходе экспериментов проводился мониторинг вегетативного развития деревьев, количества новых очагов поражения и частоты встречаемости личинок вредителя (рис. 1).

С целью оценки влияния метода trunk injection на физиологию дерева также наблюдались анатомические изменения, возникающие в тканях вокруг точек инъекции. После полного всасывания препарата измеряли степень заживления образовавшихся ран, формирование ткани каллуса и длину зон некроза, возникших в тканях ксилемы. При этом проводилась сравнительная оценка фитотоксического действия рабочих растворов различной концентрации на ткани деревьев. Наблюдения проводились регулярно в течение всего вегетационного периода и наряду с биологической эффективностью технологии trunk injection были определены показатели физиологической безопасности. Биологическая эффективность рассчитывалась по формуле Хендерсона-Тилтона (1955). Данный метод характеризуется учетом изменения численности вредителей до и после обработки в опытном и контрольном вариантах и широко применяется в энтомологических исследованиях в полевых условиях.



Рисунок 1. Процесс введения системных инсектицидов на ивовое дерево методом trunk injection (инфузионный) (Ташкентская область, 2022–2025 гг.).

Научные основы технологии стволовой инъекции. Технология Trunk injection основана на непосредственном введении препарата в систему ксилемы дерева. Через ксилему вода и растворенные в ней вещества поднимаются из корневой системы в верхние части дерева. В результате

препарат распространяется по дереву и достигает внутренних тканей древесины, где находятся личинки вредителя.

Наблюдения на ивняках показали, что высокая эффективность препарата наблюдается в период активной транспирации дерева. По этой причине целесообразно проводить работы по инъекции ствола в период вегетации.

Размещение точек инъекции на основной ветвях и прикрепленной части к основному стволу у зрелых и многоветвистых ив может обеспечить более быструю доставку препарата в целевые зоны.

Деревья ивы (*Salix* spp.) по анатомо-физиологическим особенностям относятся к группе слабокомпартаментных деревьев. В связи с этим важно минимизировать объем травм, возникающих в процессе trunk injection, и оптимизировать количество точек введения препарата. Вокруг образовавшихся отверстий в стволе дерева возникают местные защитные реакции тканей ксилемы и камбия, формируются зоны некроза и в дальнейшем каллусной ткани. Повышение концентрации препарата не только повышает биологическую эффективность, но и может привести к увеличению площади поврежденных тканей. Поэтому при оценке практической эффективности технологии trunk injection в качестве важных критериев учитывались не только степень гибели вредителей, но и способность тканей дерева к восстановлению, величина зоны некроза и интенсивность образования каллуса.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований было замечено, что системные препараты, введенные с помощью технологии стволовой инъекции, активно перемещаются через проводящую систему дерева. Всасывание препаратов деревом изменялось в зависимости от физиологического состояния дерева, уровня влажности и стадии вегетации.

Полученные результаты показали, что биологическая эффективность способа

trunk injection выше, чем у обычного способа распыления. Основная причина этого объясняется тем, что препарат непосредственно достигает тканей древесины, где находятся личинки вредителя.

Несмотря на то, что биологические препараты, в том числе Боверин-зерновой и Боверин-жидкий, экологически безопасны, их действие проявлялось медленнее, чем у системных препаратов, применяемых технологией trunk injection.

На следующем этапе исследований были использованы рабочие растворы 3% концентрацией препаратов, отобранных по результатам предыдущих экспериментов. На этом этапе химические вещества также вводились в ствол дерева через специальные инфузионные капсулы. Всасывание активного вещества через капсулы протекало положительно, и препараты в достаточной степени распределялись по тканям ксилемы дерева.

Согласно полученным результатам, среди препаратов, применяемых в высоких концентрациях, Багира 20% в.р.к. показала наибольшую эффективность и биологическая эффективность составила 67,3%. Также один из высоких результатов показал препарат Проклейм 5% в.р.г., показавший эффективность 66,8%. По остальным препаратам были определены следующие показатели: Индокс 15% к.с. - 52,3%, Atilla 5% эм.к. - 50,4%, Матч 5% м.к.сус. - 57,3%, Два-трина 10% к.э. - 53,4% и Агрофос-Д 55% к.э. - 62,2%.

Эти результаты были значительно выше, чем показатели, полученные при концентрации 2%, и показали, что увеличение концентрации препарата повышает эффективность против личинок городского усача. В частности, еще раз подтверждено, что препараты Багира 20% к.э. и Проклейм 5% в.р.г. обладают стабильно высокой эффективностью в различных условиях.

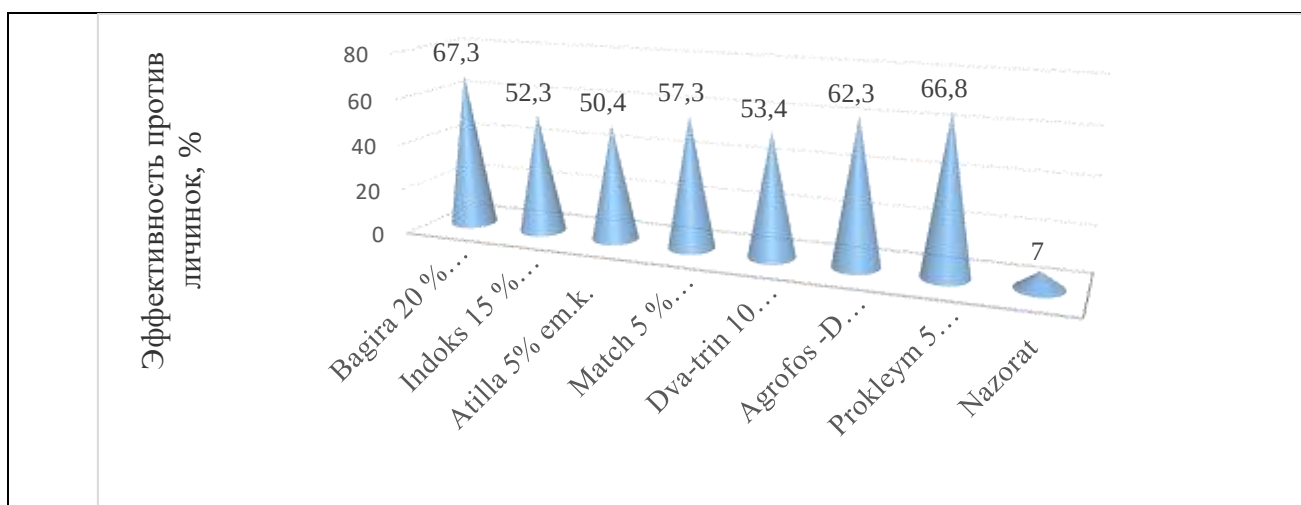


Рисунок 1. Процесс введения системных инсектицидов в иву методом стволовой инъекции (инфузионно) (Ташкентская область, 2022-2025 гг.)

В результате химической обработки наблюдалось быстрое закрытие питательных отверстий погибших гусениц. Закрытие отверстий было четко зафиксировано в ходе наблюдений первого и второго года, что указывает на прекращение деятельности вредителей в тканях деревьев.

Напротив, у не погибших гусениц экскременты продолжали выделяться из питательных отверстий на стволе дерева. Наблюдалось, что эти гусеницы в основном располагались на участках ствола дерева, расположенных вблизи кселемной части и ядра, что указывает на их способность сохраняться в защищенных внутренних слоях.

В целом, исследования, проведенные при концентрации 3% рабочего раствора препарата, показали, что он резко снижает жизнедеятельность вредителей, повышает смертность, а также приводит к снижению степени повреждения ствола дерева. Это еще раз доказывает эффективность инфузионного метода и практическую значимость высоких концентраций.

Поэтому на предыдущих этапах отмечалась низкая степень гибели вредителей в низкоконтцентрированных рабочих растворах. Кроме того, при

химическом анализе образцов взятых из листьев и стеблей дерева в лабораторных условиях, результаты показали, что через некоторое время после введения препарата концентрация активного вещества снизилась на 55-60% по сравнению с исходным количеством. Это указывает на недостаточное распределение или быстрое расщепление препарата в тканях растений. В результате вещество, воздействующее на вредителей, не достигло достаточного количества к сердцевине дерева и поврежденным слоям.

Исследования были продолжены с целью определения оптимальной нормы расхода для эффективного уничтожения вредителей и концентрация рабочей жидкости, применяемой инфузионным способом, была установлена на уровне 4%. Результаты, полученные на этом этапе, были значительно выше, особенно на деревьях обработанных препаратом Багира 20% в.р.к., биологическая эффективность составила 100%. То есть все молодые личинки городского усача, присутствующие на стволе дерева, полностью погибли.

Это объясняется тем, что препарат в высоких концентрациях лучше распространяется через ксилему деревьев, а также оказывает острое токсическое действие на организм вредителя. Кроме того, в процессе распространения 4% рабочего раствора по тканям растений степень естественного расщепления активного вещества значительно снизилась, в результате чего количество, достигаемое вредителями, резко увеличилось.

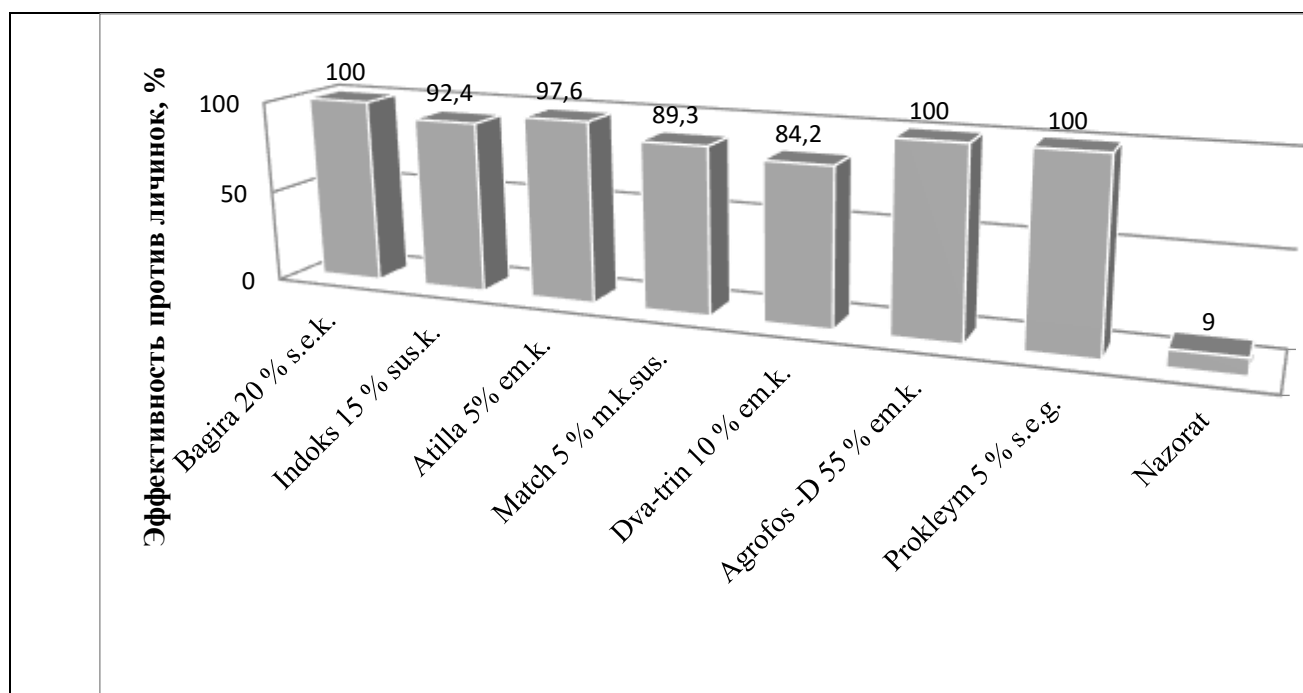


Рис. 2. Биологическая эффективность различных методов защиты от городского усача (*Aeolesthes arta Solsky*). (Ташкентская область, 2022-2025 гг.).

При применении препарата Индокс 15% к.с. эффективность составила 92,4%, при обработке препаратом Атилла 5% к.э. - 97,6%, а также при применении препарата Матч 5% к.э. к. - 89,3%.

В вариантах с применением препарата Два-трин 10% к.э. средняя эффективность составила 84,2%, а при применении препарата Агрофос-Д 55% к.э. биологическая эффективность составила 100% и в период наблюдения живых личинок не зарегистрировано. Вместе с тем, в вариантах с применением препарата Проклейм 5% в.р.г. также отмечена биологическая эффективность до 100%.

По результатам данного исследования наибольшую эффективность показали препараты Багира 20% в.р.к., Агрофос-Д 55% к.э. и Проклейм 5% в.р.г. при инфузионном методе, биологическая эффективность составила 100%, а живых личинок в период наблюдения не зарегистрировано. Тем не менее, для оценки влияния технологии trunk injection на физиологию дерева были изучены

анатомические изменения в тканях вокруг точек инъекции. В результате исследований с увеличением концентрации препарата наблюдалось расширение зон местного некроза в тканях ксилемы.

При введении химических средств с помощью специальных игл было зафиксировано повреждение тканей ксилемы до 3,2 см в 2% рабочем растворе, 5 см в 3% растворе и 7,5 см в 4% растворе. При этом повышение концентрации рабочего раствора приводит к определенной степени повреждения ткани ксилемы.

Полученные результаты показали, что существует определенная корреляция между биологической эффективностью и фитотоксическим действием с увеличением концентрации препарата в технологии trunk injection. В частности, хотя при применении 4% рабочего раствора была достигнута максимальная биологическая эффективность против вредителей, наблюдалось расширение зоны некроза вокруг точек инъекции. Это объясняется тем, что высокая концентрация препарата усиливает физиологическое напряжение в тканях ксилемы и камбия. Из-за относительно слабой способности деревьев ивы (*Salix spp.*) к компартментации процесс разграничения и восстановления поврежденных тканей протекает медленнее. В ходе наблюдений было отмечено, что в вариантах с применением 3% рабочего раствора, наряду с высокой биологической эффективностью зона некроза была относительно малой, а также процесс образования каллуса протекал активно. Данная ситуация показывает, что при применении технологии trunk injection необходимо учитывать физиологическую безопасность дерева наряду с биологической эффективностью.

Инфузионным способом препараты Багира 20% в.р.к., Проклейм 5% в.р.г. и Агрофос-Д 55% к.э. показали 100% биологическую эффективность в 4% рабочем растворе. Однако, поскольку при концентрации 4% зона некроза тканей ксилемы вокруг точек инъекции расширяется до 7,5 см, в качестве оптимальной нормы по

комплексу биологической эффективности и фитотоксической безопасности рекомендован 3% рабочий раствор.

Багира 20% в.р.к. (100%), Проклейм 5% в.р.г. (100%) и Агрофос-Д 55% к.э. (100%) препараты показали наибольшую эффективность. Однако, из-за малого фитотоксического действия и положительного влияния на рост деревьев, Багира 20% в.р.к. был оценен как наиболее перспективный препарат.

В результате исследований было установлено, что повышение концентрации рабочего раствора при методе стволовой инъекции значительно повышает биологическую эффективность. Однако, поскольку при концентрации 4% расширяется область локального поражения тканей ксилемы, по комплексу показателей биологической эффективности и фитотоксической безопасности наилучшую эффективность и фитотоксическую безопасность обеспечивает применение 3% рабочего раствора препарата методом стволовой инъекции.

ВЫВОД

1. Городской усач (*Aeolesthes arta* Solsky.) является одним из основных вредителей-ксилобионтов деревьев ивы (*Salix* spp.), и было обнаружено, что эффективность традиционных методов опрыскивания ограничена из-за обитания личинок в древесных тканях.

2. Было отмечено, что технология trunk injection обеспечивает доступ активного вещества к внутренним тканям, где расположены личинки вредителей, путем прямого введения системных инсектицидов в систему ксилемы дерева и повышает биологическую эффективность.

3. В исследованиях установлено, что эффективность препаратов, применяемых способом trunk injection, зависит от концентрации рабочего раствора. Препарат Багира 20% в.р.к. в 3% рабочем растворе 67,3%, Проклейм 5% в.р.г. 66,8% и Агрофос-Д 55% к.э. Биологическая эффективность составила 62,2%.

4. При повышении концентрации рабочего раствора на 4% биологическая эффективность препаратов Багира 20% в.р.к., Проклейм 5% в.р.г. и Агрофос-Д 55% к.э. достигла 100%, в период наблюдения живых личинок не зарегистрировано.

5. Несмотря на то, что с увеличением концентрации препарата биологическая эффективность повышается, наблюдалось также увеличение площади локального некроза тканей ксилемы вокруг точек инъекции. В частности, зона некроза в 2% растворе составила в среднем 3,2 см, в 3% растворе - 5,0 см и в 4% растворе - 7,5 см.

6. Установлено, что в связи с относительно слабой способностью ивовых деревьев к компартментации (CODIT), при применении технологии trunk injection, наряду с биологической эффективностью, необходимо учитывать показатели фитотоксической безопасности.

7. По комплексу показателей биологической эффективности и физиологической безопасности древесных тканей 3% рабочий раствор, примененный способом trunk injection, рекомендован в качестве оптимальной нормы.

8. Полученные результаты показали, что использование технологии trunk injection в интегрированной системе защиты от городского усача является перспективным и практически эффективным направлением.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Doccola, J.J., Wild, P.M. Tree Injection as an Alternative Method of Insecticide Application. In: Soloneski S., Larramendy M. (eds.). *Insecticides – Basic and Other Applications*. Rijeka, Croatia: InTech, 2012. pp. 61–78. DOI: 10.5772/29560.

2. Smitley, D.R., Doccola, J.J., Cox, D.L. Multiple-Year Protection of Ash Trees from Emerald Ash Borer with a Single Trunk Injection of Emamectin Benzoate,

and Single-Year Protection with an Imidacloprid Basal Drench. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2010;36(5):206–211.

3. Herms, D.A., McCullough, D.G. Emerald Ash Borer Invasion of North America: History, Biology, Ecology, Impacts, and Management. *Annual Review of Entomology*. 2014;59:13–30.

4. Danilevsky, M.L. *Longicorn Beetles (Coleoptera: Cerambycidae) of Russia and Adjacent Countries*. Electronic resource/database. Moscow, 2014–present.

5. Yakhontov, V.V. *Vrediteli selskokhozyaystvennykh kultur i lesnykh nasazhdeniy Sredney Azii*. Tashkent: Izdatelstvo Akademii Nauk UzSSR, 1962. 692 p.

6. CABI. *Aeolesthes sarta* (City Longhorn Beetle). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International.

7. Hayat, U. City Longhorn Beetle (*Aeolesthes sarta*): A Review of the Species, Its Morphology, Distribution, Damage, Prevention and Control. *Journal of Forest Science*. 2022;68(6):199–212.

8. Hayat, U., et al. Pest Risk Assessment of *Aeolesthes sarta* (Coleoptera: Cerambycidae) under Current and Future Climate Scenarios. *Forests*. 2023;14(2):253.

9. Хаят, У. и др. Оценка риска вредителей *Aeolesthes arta* (Coleoptera: Cerambycidae) в текущих и будущих климатических сценариях. *Лесы*. 2023;14(2):253.