

Л. П. Малый, канд. биол. наук; Н. Л. Севницкая, аспирант;
Н. С. Блинова, мл. науч. сотрудник; Е. Н. Усанова, мл. науч. сотрудник
(ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»)

Т. С. Притыцкая, канд. хим. наук; Н. В. Масалов, канд. хим. наук
(Белорусский государственный университет)

СОЗДАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЕРОМОННЫХ ПРЕПАРАТОВ СТВОЛОВЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

The paper reports the results of the preparation of pheromones of Scots pine stem feeders, *Tomicus piniperda* L., *T. minor* Hart. and *Trypodendron lineatum* Ol. The compounds containing 4–8 g α -pinene, 1–2 g ethyl alcohol, 40–80 mg *t*-verbenole, 40 mg myrnetole and 40 mg nonanale proved to be the most efficient attractants and can be used to control pests.

Введение. Сосновые леса в Беларуси занимают площадь около 4 млн. га, что составляет более 56% от покрытой лесом территории [1]. Нередко в них в силу различных причин (заболевания, повреждения пожарами, ветровалами, буреломами, нарушение гидрологического режима и др.) появляются ослабленные деревья. На такие насаждения нападают стволовые вредители, вызывающие их массовое усыхание. Сосновым насаждениям до 60-летнего возраста наибольший вред среди стволовых вредителей причиняют большой сосновый лубоед (*Tomicus piniperda* L.), малый сосновый лубоед (*T. minor* Hart.) и полосатый древесинник (*Trypodendron lineatum* Ol.).

В последнее время для ряда вредителей леса созданы феромонные препараты, которые позволяют привлекать вредителей в специальные ловушки и таким образом осуществлять мониторинг их численности, а в случае необходимости производить массовый отлов вредителей [2–4]. Такие методы борьбы являются экологически безопасными, менее трудоемкими, чем традиционные методы мониторинга, и заслуживают самого широкого распространения. Однако препаратов, привлекающих сосновых лубоедов, в Беларуси нет, поэтому весьма актуальной являлась задача их создания.

В НИЛ элементоорганического синтеза (ЭОС) Белорусского государственного университета в соответствии с заданием «Разработка современных принципов и методов защиты лесных насаждений от стволовых вредителей на основе совместного использования феромонов и энтомопатогенных грибов» ГПОФИ «Биорациональные пестициды» были проведены работы по синтезу компонентов феромонов стволовых вредителей сосны и ели; испытание синтетических феромонов в полевых условиях осуществлялось работниками лаборатории проблем восстановления, защиты и охраны лесов Института леса НАН Беларуси.

Препараты испытывались в 50-летних сосновых насаждениях Корневской экспериментальной лесной базы Института леса НАН Беларуси в кварталах 402 и 403, являющихся хро-

ническими очагами заболевания сосны – корневая губка. Состав насаждения был следующим: 10С+Б, полнота – 0,7–0,8, тип леса – сосняк мшистый, подрост из березы, клена, дуба; подлесок из крушины, малины (средней густоты). Здесь деревья сосны повреждались большим и малым сосновыми лубоедами и полосатым древесинником.

Основная часть. Взрослые жуки большого соснового лубоеда зимуют в коре корневой части сосен, малого соснового лубоеда – в 1–2-летних побегах сосны, опавших вследствие выедания жуками их сердцевин (так называемой «стрижки»), а полосатый древесинник – в лесной подстилке. Выход из укрытий перезимовавших жуков происходит рано весной, в апреле – мае. Однако сроки начала лета жуков могут смещаться в зависимости от погодных условий. Жуки этих насекомых начинают летать, когда среднесуточная температура воздуха достигает 8–10°C. В это время начинают набухать почки на березе повислой, у бузины красной выдвигаются соцветия, но еще не видно лепестков, начинается зацветать ветреница дубравная.

Для проведения полевых испытаний использовали ловушки барьерного типа, состоящие из проволочного каркаса, обтянутого полиэтиленовой пленкой, к которым прикреплялись диспенсеры, содержащие испытываемые композиции феромонов (рисунок). Поскольку не исключено, что вследствие небольших своих размеров жуки лубоедов могли выползти по стенкам из ловушек, в приемник заливали подсоленную до 6% воду. Кроме того, подсаживание воды использовали с целью замедления разложения пойманных насекомых, т. к. известно, что при массовом отлове жуков феромонными ловушками, их уловистость с течением времени снижается из-за выделения из мертвых жуков отпугивающих живых вредителей летучих веществ, например вербенона [5].

В 2006 г. на испытания НИЛ ЭОС БГУ были предложены диспенсеры, представляющие собой пластины пористой вискозы, пропитанные феромонной композицией, помещенные в полиэтиленовую оболочку.



Рисунок. Ловушка для отлова насекомых

Феромонные композиции представляли собой: чистый α -пинен (ТОВАБЕН-4 и ТОВАБЕН-6), смесь α -пинена с этиловым спиртом (ТОВАЛОЛЕН-00001), смесь α -пинена с этиловым спиртом, транс-вербенолом и нонаналем (ТОВАЛОЛЕН-40041), смесь α -пинена с этиловым спиртом, транс-вербенолом, миртенолом, миртеноалем и нонаналем (ТОВАЛОЛЕН-44441) и такая же смесь только без транс-вербенола (ТОВАЛОЛЕН-04441). Ловушки были вывешены 28 апреля. Учет попавших в ловушки насекомых проводился на 7-, 21-, 35-, 56- и 73-й дни после вывешивания.

В качестве контроля использовали ловушки без диспенсера. Зависимость средней уловистости ловушек от состава феромонных композиций приведена в табл. 1. Наибольшее количество жуков было обнаружено при первых 2 учетах. На 35-й день учета отлов прекратился, в ловушках был обнаружен только 1 жук большого соснового лубоеда (БСЛ) и 1 жук малого соснового лубоеда (МСЛ).

Чтобы выяснить причину прекращения отлова жуков ловушками, который мог быть связан с прекращением лета насекомых или с испарением феромона из диспенсеров, в вариантах ТОВАЛОЛЕН-44441, ТОВАЛОЛЕН-00001 и ТОВАЛОЛЕН-40041 заменили диспенсеры, хранившиеся в холодильнике.

Очередные учеты показали, что как в ловушки с новыми диспенсерами, так и со старыми жуки большого соснового лубоеда не попадали. Следовательно, к этому времени лет жуков данного вредителя закончился.

Как видно из табл. 1, в испытаниях 2006 г. наиболее активен был образец – ТОВАЛОЛЕН-44441, содержащий все предлагаемые компоненты. Сравнимую активность проявлял ТОВАЛОЛЕН-40041, не содержащий миртенола и миртеноала. В обоих случаях достоверность различия с контролем по критерию χ^2 очень высокая – $p > 0,999$. В то же время отсутствие транс-вербенола приводило к резкому снижению уловистости ловушек. При проведении полевых испытаний в 2007 г. в качестве образца сравнения использовался ТОВАЛОЛЕН-44441, проявивший максимальную активность в 2006 г.

Для сравнения активности был использован его аналог – ТОВАЛОЛЕН-40441, не содержащий миртеноала.

Из литературных данных известно, что транс-вербенол является основным синергистом для α -пинена. Для определения необходимо количества синергиста был приготовлен состав ТОВАЛОЛЕН-84441, содержащий удвоенное количество транс-вербенола по отношению к образцу сравнения, а также некоторые модификации состава последнего.

Испытания феромонных препаратов проводили в том же насаждении, что и в 2006 г. Март 2007 г. отличался очень теплой погодой: среднесуточная температура воздуха в отдельные дни на 11–12°C превышала средние многолетние данные. Поэтому ловушки с феромонами выставили в лесу 28 марта, т. е. на месяц раньше, чем в предыдущем году.

Таблица 1

Состав феромонов и средняя уловистость ловушек в 2006 г.

Шифр	Содержание минорных компонентов в феромонной композиции на 1 диспенсер				Средняя уловистость БСЛ на одну ловушку, шт.
	<i>t</i> -вербенол, мг	миртеноаль, мг	миртенол, мг	нонаналь, мг	
ТОВАБЕН-4*	–	–	–	–	5,0
ТОВАБЕН-6**	–	–	–	–	1,7
ТОВАЛОЛЕН-00001***	–	–	–	–	3,0
ТОВАЛОЛЕН-40041***	40	–	–	40	12,7
ТОВАЛОЛЕН-04441***	–	40	40	40	4,0
ТОВАЛОЛЕН-44441***	40	40	40	40	17,6
Контроль	–	–	–	–	1,5

Примечание. * – композиция содержит 4 г α -пинена; ** – композиция содержит 6 г α -пинена; *** – композиция содержит 1 г этилового спирта.

Ловушки устанавливались по насаждению рядами. На феромоны, использованные в 2007 г. отлавливались: большой сосновый лубоед (БСЛ), малый сосновый лубоед (МСЛ) и полосатый древесинник (ПД) (табл. 2). Как видно из табл. 2, использование новых модификаций феромонных композиций привело к увеличению уловистости ловушек, причем изменение состава сказывалось сильнее всего на уловистости малого соснового лубоеда. Состав ТОВАЛОЛЕН-80041 – наилучший для большого соснового лубоеда – был лучшим и для малого соснового лубоеда. Это подтверждают данные А. В. Скирквичюса [6] о том, что отсутствует связь между таксономической принадлежностью вида и

химическим составом отдельных компонентов феромона. Основным фактором, обуславливающим химический состав феромона, является особенность пищи насекомого.

В 2008 г. проводились расширенные испытания феромонных композиций (табл. 3). В качестве образца для сравнения для большого и малого лубоедов был взят ТОВАЛОЛЕН-80041, а для полосатого древесинника – ТОВАЛОЛЕН-40441. Часть ловушек было вывешено в том же насаждении, что и в 2007 г. Другая часть ловушек развешивалась в квартале 405 Корневской экспериментальной лесной базы ИЛ НАН Беларуси. Возраст соснового насаждения – 80 лет, состав – 10С+Б; полнота – 0,8; тип леса – сосняк мшистый.

Таблица 2

Состав феромонов и средняя уловистость ловушек в 2007 г.

Шифр	Содержание минорных компонентов в феромонной композиции на 1 диспенсер				Средняя уловистость на одну ловушку, шт.		
	<i>t</i> -вербенол, мг	миртеналь, мг	миртенол, мг	нонаналь, мг	БСЛ	МСЛ	ПД
ТОВАЛОЛЕН-44441*	40	40	40	40	7,7	4,3	26,0
ТОВАЛОЛЕН-40441*	40	–	40	40	19,3	17,3	158,3
ТОВАЛОЛЕН-84441*	80	40	40	40	9,0	6,0	83,7
ТОВАЛОЛЕН-80041*	80	–	–	40	25,7	51,3	76,3
ТОВАЛОЛЕН-80001*	80	–	–	–	8,0	15,3	37,0
ТОВАЛОЛ-80041**	80	–	–	40	9,3	16,0	17,3
Контроль	–	–	–	–	1,7	1,0	3,0

Примечание. * – композиция содержит 4 г α -пинена и 1 г этилового спирта; ** – композиция содержит 1 г этилового спирта.

Таблица 3

Состав феромонов и средняя уловистость ловушек в 2008 г.

Шифр	Содержание минорных компонентов в феромонной композиции на 1 диспенсер			Средняя уловистость на ловушку, шт.		
	<i>t</i> -вербенол, мг	миртенол, мг	нонаналь, мг	БСЛ	МСЛ	ПД
Квартал 402 и 403 Корневского лесничества						
ТОВАЛОЛЕН-80041*	80	–	40	11,8	30,2	22,4
ТОВАЛОЛЕН-40441*	40	40	40	28,6	12,0	16,0
ТОВАЛОЛЕН-80441*	80	40	40	4,8	33,8	7,4
ТОВАЛОЛ-80041** + ТОВАБЕН-4***	80	–	40	12,8	15,4	18,6
ТОВАЛОЛ-80041** + ТОВАБЕН-4*** замена через 2 недели	80	–	40			
ТОВАЛОЛ-80045**** + ТОВАБЕН-4***	80	–	40	13,0	20,6	11,4
Контроль	–	–	–	4,8	22,4	16,0
Квартал 405 Корневского лесничества						
ТОВАЛОЛЕН-80041*	80	–	40	14,4	62,2	7,6
ТОВАЛОЛ-80041** + ТОВАБЕН-4***	80	–	40	13,4	10,0	9,2
ТОВАЛОЛ-80041** + ТОВАБЕН-4*** (замена через 2 недели)	80	–	40			
Контроль	–	–	–	12,4	15,8	6,8
Контроль	–	–	–	0,8	2,8	2,5

Примечание. * – композиция содержит 4 г α -пинена и 1 г этилового спирта; ** – композиция содержит 1 г этилового спирта; *** – композиция содержит 4 г α -пинена; **** – композиция содержит 5 г этилового спирта.

Насаждение находится в хорошем санитарном состоянии. Усохших и усыхающих деревьев не отмечено. В обоих насаждениях ловушки располагались на расстоянии 50 м друг от друга в рядах, но диспенсеры к ним подбирались по методу случайной выборки. Это должно было исключить влияние на результаты отлова случайных факторов, например мест зимовки вредителей.

Диспенсеры в ловушки поместили 1 апреля. Наблюдения за древесиной зимней заготовки, находящейся недалеко от опытных участков, показали, что на день вывешивания диспенсеров, содержащих синтетические феромонные препараты, лета стволовых вредителей не было. Учет насекомых в ловушках был проведен 8 и 15 апреля, 2 и 15 мая.

Отлов ловушками жуков большого, малого соснового лубоеда и полосатого древесинника был наиболее эффективным в период с 1 по 9 апреля. Среднесуточная температура воздуха в последующие периоды учета насекомых хотя и имела резкие перепады, но в общем была близкой к среднесуточной температуре первого периода учета.

При замене 2 мая диспенсера ТОВАБЕН-4 на новый в варианте ТОВАЛОЛ-80041 + ТОВАБЕН-4 отлов насекомых на обоих участках не усилился.

Следует отметить, что все испытываемые варианты разрабатываемых синтетических феромонных препаратов привлекали большого и малого сосновых лубоедов и полосатого древесинника. Достоверность различия с контролем в большинстве случаев очень высокая – $p > 0,999$. Наиболее эффективным, как и в прошлом году, оказался ТОВАЛОЛЕН-80041.

Учет «стрижки» побегов лубоедами, проведенный 11 октября 2008 г., показал, что в 402 и 403 кварталах численность лубоедов, в результате отлова насекомых при испытании препара-

тов, снижена с 5,6 шт./м² в 2006 г. до 0,13 шт./м² в 2008 г. В 405 квартале в здоровом насаждении численность стрижки лубоедами составляла 0,18 шт./м².

Закключение. В результате проведенной работы были синтезированы компоненты феромонов и выявлены составы феромонных композиций, проявляющие необходимую аттрактивную активность в отношении жуков большого соснового лубоеда (*Tomicus piniperda* L.), малого соснового лубоеда (*T. minor* Hart.), а также полосатого древесинника (*Trypodendron lineatum* Ol.) для использования их в феромонных ловушках при проведении мониторинга и борьбы со стволовыми вредителями сосны.

Литература

1. Багинский, В. Ф. Лесопользование в Беларуси. История, современное состояние, проблемы и перспективы / В. Ф. Багинский, Л. Д. Есимчик. – Минск: Беларуская навука, 1996. – 367 с.
2. Разработка и применение феромонных препаратов для защиты леса от насекомых-вредителей / Т. С. Притыцкая [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси. – Гомель. – Вып. 63. – С. 346–348.
3. Niemeyer, H. Erfahrungen mit der Bekämpfung rindenbrütenden Borkenkäfer / H. Niemeyer, Österr. Forstztg. – 1987. – № 3. – P. 29–31.
4. Применение вертинола – феромона короеда типографа для защиты ели в Московской области / К. В. Лебедева [и др.] // Лесн. хозво. – 2003. – № 1. – С. 33–34.
5. Can *Ips typographus* smell the carrion odours of the dead beetles in mass-trapping traps? Electrophysiological analysis / Q.-H. Zhang [et al.] // J. Appl. Entomol. – 2003. – Vol. 127; № 4. – P. 185–188.
6. Скирлявичюс, А. В. Феромонная коммуникация насекомых / А. В. Скирлявичюс. – Вильнюс: Мокслас, 1986. – 288 с.