

Л. П. Малый, ст. науч. сотрудник; Н. Л. Севницкая, мл. науч. сотрудник; А. Л. Дорога, аспирант
(Институт леса НАН Беларуси)

РОЛЬ ЭНТОМОПАТОГЕННОГО ГРИБА *BEAUVERIA BASSIANA* (BALS.) VUILL. В ОГРАНИЧЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ КОРОЕДА – ТИПОГРАФА (*IPS TYPOGRAPHUS* L.) В ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

The paper reports the results of the test of the preparation «Boverin» made from a strain of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. to control the *Ips typographus* populations in the forest. The preparation placed in traps found its way into the forest cenosis via the *Ips typographus* individuals captured in the traps baited with the sex pheromone «Ipsvabol D» which was highly attractive to the beetles. Expenditure of preparation being negligible and no sophisticated equipment being required, this method of control is of moderate cost. Its application effectiveness averaged 30,3%.

It has been found that *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. is fairly abundant in infested areas. Both fungus of natural origin and fungus incorporated into the preparation circulate through the pest populations.

The batch of the preparation examined was made from a strain exhibiting rather low virulence to *Ips typographus*.

Введение. На протяжении 10–12 последних лет в Беларуси происходит массовое усыхание насаждений ели. Одним из факторов, обуславливающих усыхание деревьев этой породы, является повреждение их стволовыми вредителями, в первую очередь короедом-типографом, размножившихся в массовом количестве в этих насаждениях. Поэтому необходимо снимать пресс стволовых вредителей на биологически неустойчивые еловые насаждения. Этого можно достичь, сохраняя в насаждениях регуляторов численности вредителей – хищных и паразитических насекомых, а также энтомопатогенных микроорганизмов.

Согласно синтетической теории динамики численности насекомых [1], являющейся наиболее признанной в настоящий период, и дальнейшем ее развитии в трудах А. С. Исаева и др. [2, 3], регуляторы численности насекомых подразделяются на инерционные и безинерционные.

К первым относятся преимущественно биологические регулирующие механизмы (естественные враги, болезни, реакция кормового растения), а ко вторым – большинство внутривидовых механизмов регуляции (конкуренция, интерференция, каннибализм, миграции и др.).

Действия инерционных факторов, регулирующих численность, проявляется с некоторым запаздыванием относительно численности вредителя.

Для сдерживания массового размножения вредителя является важным ускорить действие на популяцию вредителя его инерционных механизмов.

Одним из составляющих инерционных механизмов регуляции численности стволовых вредителей ели являются энтомопатогенные грибы, в частности энтомопатогенный гриб

Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. Этот гриб нередко обнаруживается на погибших под корой деревьев жуках короеда-типографа. Он поражает более 175 видов насекомых [4]. На его штаммах производится биологический инсектицидный препарат «Боверин».

Представляется перспективным внесение этого гриба в популяции стволовых вредителей с целью прекращения их массового размножения. Ведь известно, что проявлению вирулентных энтомопатогенных свойств у грибов способствует повышенная влажность среды обитания насекомых. Именно такая среда имеется в коре и под корой деревьев [5, 6].

Мы изучали естественную распространенность этого гриба в лесных биоценозах, а также его влияние на гибель вредителей при проведении обработки грибным препаратом.

Материал и методы исследований. Поиск штаммов гриба *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. проводился в очагах массового распространения стволовых вредителей. При этом анализировались лесная подстилка и почва 0–15 см горизонта, а также погибшие от грибных заболеваний насекомые, обнаруженные на палетках, заложенных на стволах деревьев. Собранный патологический материал (жуки) помещались в стерильные пробирки Эппендорфа (Eppendorf) по одному экземпляру. Из проб подстилки и почвы готовили смывы (суспензии) с последующим их разведением до 1 : 100 000; 1 : 1 000 000 и 1 : 10 000 000 и высевом по 1 мл в чашки Петри. Во всех случаях использовали среду Чапека-Докса, наиболее оптимальную для выращивания грибов. Срок инкубации – 7 суток. Осуществлялся пересчет количества грибов, в том числе известных энтомопатогенных, на 1 г абсолютно сухой почвы и подстилки.

На одном из штаммов гриба *B. bassiana* производится препарат «Боверин зерновой (БЛ)», разрешенный на территории Беларуси для борьбы против короеда-типографа путем опрыскивания лесной подстилки перед уходом жуков на зимовку [7] с расходами 0,5 л/м² 4%-ной концентрации препарата [8]. Такой метод довольно трудоемок и требует значительного расхода препарата.

Споры *B. bassiana* имеют маслянистую поверхность, с помощью которой они прилипают к сухим покровам насекомых. И наоборот, к влажной поверхности насекомых не прилипают. Поэтому использование против насекомых водных суспензий спор гриба менее эффективно, чем применение сухих [9].

В настоящий период появилась возможность вносить микробиологические препараты в биоценозы посредством насекомых привлекаемых на половые или пищевые антрактанты в специальные ловушки, в которых насекомые набирают на себя энтомопатогенные микроорганизмы, а затем, покинув ловушку, разносят их по биоценозу [10]. Этот метод не трудоемок и не требует большого расхода микробиологических препаратов, поскольку они непосредственно попадают на поверхность тех насекомых, против которых применяются. С другой стороны, погибшие под действием микробиологических препаратов особи вследствие развития на них энтомопатогенных микроорганизмов будут являться источником инфекции для восприимчивых к ним других насекомых. Таким образом, могут создаваться дополнительные очаги энтомопатогенной инфекции, которая бы вызывала сокращение численности вредителей.

Иногда полагают, что применение биологических средств защиты растений кажется менее эффективным по сравнению с сильно действующими средствами. Однако математическое моделирование [11], а также практика применения микробиологических средств защиты растений [12] показали, что медленно, но постоянно и длительно действующие биологические факторы в конечном счете не менее эффективны, чем сильно действующие вещества.

По такой технологии проводилась борьба против короеда-типографа в Подсвильском лесничестве ГЛХУ «Двинская экспериментальная лесная база» Института леса НАН Беларуси. В 3 насаждениях состава 7–8Е2–3С 80–110-летнего возраста, полнотой 0,7–0,8 мшистых-черничных типов леса, в которых имелось куртинное усыхание ели, вследствие повреждения деревьев короедом-типографом, выложили перед весенним летом жуков вредителя по 3 ловчих дерева и установили по 3 ловушки нашей конструкции. В ловушках имелся препарат «Боверин зерновой (БЛ)», изготовленный биологией ГУ «Главная государствен-

ная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений». Контролем являлись 2 такие же насаждения с куртинным усыханием ели, расположенные на расстоянии 1,2–1,5 км от первых. Также в этих насаждениях выложили по 3 ловчих дерева.

Все эти насаждения согласно шкале биологической устойчивости насаждений [13] относятся к насаждениям с нарушенной устойчивостью (II категория).

Ловушки установили в период начала лета жуков короеда-типографа. Жуки привлекались в ловушки на феромон «Ипсвабол Д». Диспенсеры с этим феромоном изготовлены научно-исследовательской лабораторией элементоорганического синтеза Белорусского государственного университета.

Насекомые весьма интенсивно привлекались в ловушки, к их покровам прилипали большое количество спор грибного препарата (что было видно невооруженным глазом) и улетали. Следует отметить, что сухой зерновой препарат очень удобен для такого внесения его в биоценоз, так как легкие зерна препарата насекомые в состоянии перемешивать при ползании по нему, что способствует прилипанию большего количества спор гриба к их покровам.

Перед установкой ловушек собрали жуков для определения естественного грибоносительства насекомыми. Учет эффективности примененного метода против короеда-типографа провели через 70 дней после установки ловушек на палатках размером 10 × 50 см, заложенных на ловчих деревьях. На палатках подсчитывалось количество маточных ходов, брачных камер, число личиночных ходов, молодого поколения (летных отверстий, молодых жуков, куколок и личинок), а также энтомофагов короедов на всех фазах их развития. Эти данные позволили определить показатели размножения короеда и его смертности (табл. 1). Также определялась эффективность применения препарата по формуле для динамических популяций:

$$M = 100(1 - O_2 K_1 / O_1 K_2),$$

где M – процент уменьшения популяции вредителя, т. е. техническая эффективность; O_1 – численность отродившихся личинок вредителя (подсчитывается по количеству личиночных ходов возле маточного хода); O_2 – число личинок закончивших свое развитие (куколок, куколочных колыбелек и молодых жуков); K_1 и K_2 – те же показатели в контроле.

Результаты исследований. *B. bassiana* довольно часто встречается в очагах массового размножения стволовых вредителей (табл. 2).

Он имеется в почве, несколько чаще в лесной подстилке. Рост гриба может происходить

Показатели развития короеда-типографа на опытных и контрольных участках

Участок	Средние на участке					Эффективность, определенная по формуле для динамических популяций, %
	Плотность поселения шт./дм ²	Кормовое обеспечение семьи, дм ²	Продукция шт./дм ²	Энергия размножения	Смертность на фазе личинка – молодой жук, %	
А	5,05	1,549	14,3	2,16	76,9	38,9
Б	3,35	1,448	20,2	5,4	63,7	33,5
В	4,67	0,844	20,6	4,96	62,9	18,6
Средние	4,36	1,280	18,4	4,17	67,8	30,3
Г	6,13	0,349	22,9	4,73	62,1	–
Д	5,22	0,638	39,6	8,63	49,5	–
Средние	5,70	0,494	31,3	6,68	55,8	–

на различных растительных остатках. При таком сапротрофном развитии он не теряет вирулентности по отношению к насекомым. Ценное свойство боверии заключается в факультативном характере его паразитизма, благодаря чему он сохраняется в природной среде независимо от количества насекомых в ней. Однако этот гриб является слабым конкурентом и обычно в почве распространен локально, в основном на трупах насекомых или рядом с ними. Погибших жуков, покрытых белым мицелием *B. bassiana*, мы неоднократно обнаруживали под корой деревьев при взятии палеток во всех обследуемых очагах короеда-типографа. Однако естественной эпизоотии среди вредителей, вызванной этим грибом нами не выявлено, хотя они встречаются как в очагах короеда-типографа [4, 8], так и среди других видов насекомых [6].

Известно, что для развития эпизоотии необходимо достаточное количество инфекционного начала, фактор передачи инфекции между особями, их чувствительность к данной инфекции и соответствующие условия окружающей среды.

В природе в результате различных рекомбинаций в популяциях возникают как высоковирулентные, так и низковирулентные штаммы. Как первые, так и вторые не могут долго существовать. Первые вследствие того, что приведут к гибели всех особей хозяев; вторые – вследствие неспособности преодолеть их защитные барьеры. Таким образом, «получают право» на длительное существование штаммы умеренно вирулентные.

Поэтому при обнаружении эпизоотии среди любого вредителя необходимо, чтобы возбудитель инфекции попал к специалистам, которые могли бы его выделить в чистую культуру и решить вопрос о сохранении и целесообразности дальнейшего использования. Для этого необходимо по соответствующему адресу направить несколько трупов насекомых.

Внося в биоценоз споры гриба *B. bassiana* с помощью насекомых, привлекаемых в ловушки, мы усиливаем только один фактор, необходимый для развития процесса эпизоотии, – количество инфекционного начала. Тем не менее, смертность насекомых на опытных участках увеличилась (табл. 2).

Как видно из табл. 2, средняя плотность поселения жуков типографа на опытных участках была в 1,3 раза ниже, чем на контрольных. Среднее кормовое обеспечение семей на опытных участках была в 2,59 раза выше, чем на контрольных участках. Эти показатели указывают на то, что на опытных участках короед-типограф имел более благоприятные условия для своего развития, чем на контрольных. Однако оказалось, что на опытных участках средняя продуктивность была в 1,7 раза, а энергия размножения – в 1,6 раза ниже, чем в контрольных. Средняя смертность на фазе личинка – молодой жук на опытных участках оказалась на 12% выше контроля. Согласно критерию χ^2 , различие достоверно, $p > 0,992$.

При постановке полевых опытов трудно исключить роль энтомофагов. Они уничтожают вредителя на всех фазах его развития. Причем наиболее эффективные энтомофаги – хищники, уничтожающие до несколько десятков особей вредителей, съедают свою жертву, не оставив от нее никаких следов. Больные личинки типографа быстро гнивают также бесследно.

Сопоставление численности энтомофагов, обнаруженных на палетках (табл. 3) показывает, что на контрольных участках их было значительно больше, чем на опытных. Гибели энтомофагов на опытных и контрольных участках не отмечено.

Следовательно, можно сделать предположение, что гибель короеда-типографа от грибной инфекции на опытных участках была выше, чем это определено по палеткам. Это подтверждается технической эффективностью препарата, где она составила в среднем 30,3 %.

**Данные о встречаемости энтомопатогенного гриба
Beauveria bassiana (Bals.) Vuill.**

Лесничество и лесопатологическое состояние насаждений	Лесоводственно-таксационная характеристика насаждений					Количество грибов на 1 г абсолютно сухих			
	состав	возраст	полнота	тип леса	почвы	почвы		лесной подстилки	
						всего	в т. ч. <i>Beauveria bassiana</i>	всего	в т. ч. <i>Beauveria bassiana</i>
Викторинское, очаг кородеда-типографа	9Е1С+Ос	80	0,8	ельник мшистый	супесчаная	$6,4 \cdot 10^6$	0	$11,6 \cdot 10^6$	0
Чечерское, возле вырубленного насаждения, погибшего от типографа	9Е1Б+Г	90	0,9	ельник кисличный	суглинистая	$12,2 \cdot 10^6$	0	$10,3 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$
Кореневское, очаг малого соснового лубоеда	10С+Б	50	0,8	сосняк мшистый	песчаная	$3,2 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$
Щедринское, очаг кородеда-типографа	8Е2С+Б	70	0,8	ельник черничный	суглинистая	$8,6 \cdot 10^6$	0	$4,8 \cdot 10^6$	$0,008 \cdot 10^6$
Подсвильское, очаг кородеда-типографа	8Е2С	80	0,7	ельник орляковый	супесчаная	$1,4 \cdot 10^6$	$0,3 \cdot 10^6$	$4,9 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$
Лебедевское, очаг кородеда-типографа	10Е+Б	50	0,8	ельник кисличный	суглинистая	$0,5 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$	$0,7 \cdot 10^6$	$0,3 \cdot 10^6$

Таблица 3

Среднее количество энтомофагов на участках, шт./дм²

Участок	Виды хищников				Виды паразитов	
	зеленушки	муравьежуки	стафилиниды	карапузики	<i>Rhopalicus tutella</i>	<i>Coeloides</i> sp.
А	4,9	1,3	0,4	0,42	14,76	6,44
Б	5,75	1,75	1,5	0	47,75	1,25
В	6,22	2,00	1,3	0	8,00	7,55
Средние	5,62	1,69	1,07	0,14	23,50	5,08
Г	14,0	6,0	0,67	0	2,0	6,67
Д	9,67	4,0	1,71	0,28	34,42	0
Средние	11,84	5,0	1,19	0,14	18,22	3,34

После применения «Боверина» увеличилось количество инфицированных жуков (табл. 4).

Как видно из табл. 4, жуки кородеда-типографа несли на себе (в себе) грибную инфекцию, в том числе грибок *B. bassiana*. Причем он отмечен у жуков, как на опытных, так и на контрольных участках до внесения его в насаждения.

Через 70 дней после внесения в насаждения «Боверина» на опытных участках этот грибок встречался у старых (зимовавших) жуков в 20,8 раз, а у жуков нового поколения в 8 раз

чаще, чем весной. На контрольных участках его встречаемость у молодых жуков не возросла, а осталось на таком же уровне, как она была у зимовавших здесь жуков (около 23%).

Закключение. Проведенные исследования показали, что против кородеда-типографа и, вероятно, других стволовых вредителей, возможно проводить микробиологическую борьбу, распространяя споры энтомопатогенных грибов по лесному биоценозу с помощью насекомых, привлекаемых на феромон в ловушки, содержащих

**Данные о наличии грибной инфекции
у жуков короледа-типографа**

Место сбора насекомых	Сбор жуков до внесения «Боверина»			Сбор жуков спустя 70 дней после внесения «Боверина»					
	собрано жуков, шт.	из них имели грибную инфекцию		старые жуки			молодые жуки		
		всего, шт. / %	в т. ч. <i>V. bassiana</i> , шт. / %	собрано жуков, шт.	из них имели грибную инфекцию		собрано жуков, шт.	из них имели грибную инфекцию	
					всего, шт. / %	в т. ч. <i>V. bassiana</i> , шт. / %		всего, шт. / %	в т. ч. <i>V. bassiana</i> , шт. / %
Опытные участки	147	$\frac{84}{57,1}$	$\frac{4}{2,7}$	16	$\frac{12}{75,0}$	$\frac{9}{56,3}$	156	$\frac{48}{30,8}$	$\frac{34}{21,8}$
Контрольные участки	22	$\frac{14}{63,5}$	$\frac{5}{22,7}$	–	–	–	60	$\frac{29}{48,3}$	$\frac{14}{23,3}$

микробиологический препарат, в частности «Боверин сухой зерновой». В ловушках споры гриба прилипают к покровам насекомых и заносятся в места поселения вредителей. Такой метод борьбы не трудоемок, не требует расхода большого количества препарата и сложной техники и поэтому недорогой.

Энтомопатогенный гриб *V. bassiana* как естественного происхождения, так и размноженный на искусственной питательной среде и введенный в биоценоз, может циркулировать в популяции вредителя.

Очевидно, что испытываемая партия препарата изготовлена на штамме, имеющем низкую вирулентность в отношении короледа-типографа. Инфицированные жуки смогли отложить множество яиц, из которых в дальнейшем появились личинки. Поэтому необходимо осуществить поиск высоковирулентных штаммов в природе, вести их селекцию с целью получения препарата с высокой энтомоцидной активностью к короледу-типографу и другим стволовым вредителям леса.

Литература

- Schwerdfeger, F. Die Nadelkramkheiten – Verlag Paul Parey / F. Schwerdfeger. – Hamburg and Berlin, 1970. – 509 p.
- Исаев, А. С. Инерционные и безинерционные механизмы регуляции численности лесных насекомых / А. С. Исаев, Р. Г. Хлебопрос // Проблемы лесоведения Сибири – М.: Наука, 1977. – С. 183–203.
- Исаев, А. С. Закономерности динамики численности лесных насекомых / А. С. Исаев, Р. Г. Хлебопрос, Ю. П. Кондаков // Лесоведение. – 1974. – №3. – С. 27–42.
- Евлахова, А. А. Энтомопатогенные грибы. Систематика, биология, практическое значение / А. А. Евлахова. – Л.: Наука, 1974. – 260 с.
- Штейнхауз, Э. Патология насекомых / Э. Штейнхауз. – М.: Издательство иностранной литературы, 1952. – 826 с.
- Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты / под ред. В. В. Глупова. – М.: Круглый год, 2001. – 736 с.
- Каталог пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в республике Беларусь. Минск: Инфофорум, 2005. – 416 с.
- Прищепа, Л. И. Перспективы использования биопрепарата «Боверин – БЛ» в ограничении численности короледа-типографа / Л. И. Прищепа, В. А. Канапацкая // Устойчивое развитие лесов и рациональное использование лесных ресурсов: материалы Медунар. науч.-практич. конф. – Минск, 2005. – С. 211–213.
- Вейзер, Я. Микробиологические методы борьбы с вредными насекомыми (Болезни насекомых) / Я. Вейзер. – М.: КолосС, 1972. – 640 с.
- Малый, Л. П. Биологические методы борьбы с вредителями леса / Л. П. Малый. – Минск: Ураджай, 1981. – 96 с.
- Анализ математических моделей системы фитофаг-энтомофаг / Р. Г. Хлебопрос [и др.]. – Новосибирск, 1979. – 43 с.
- Крушев, Л. Т. Пути совершенствования биологических методов защиты леса от хвоелистогрызущих насекомых: дис. ... д-ра биол. наук: 13.01.94 / Л. Т. Крушев. – СПб., 1993. – 55 с.
- Мозолевская, Е. Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е. Г. Мозолевская, О. А. Катаев, Э. С. Соколова. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 152 с.