

**Вспышки массового размножения и возбудители болезней
осиновой хохлатки *Pheosia tremula* (Clerck)
на юге Западной Сибири**

**Outbreaks of *Pheosia tremula* (Clerck) in the south of West Siberia,
with notes on enthomopatogenic microorganisms
infecting caterpillars**

В.П. Ходырев*, А.М. Чадинова, М.М. Исин**,
Н.С. Мухамадиев**, В.Ю. Крюков*
V.P. Khodyrev*, A.M. Chadinova**, M.M. Isin**,
N.S. Mukhamadiev**, V.Yu. Kryukov***

* Институт систематики и экологии животных СО РАН, ул. Фрунзе 11, Новосибирск 630091 Россия. E-mail: vkhodyrev@inbox.ru

* Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Frunze str. 11, Novosibirsk 630091 Russia.

** Научно-исследовательский институт защиты растений РК, п. Рахат, Карасайский р-н, Алматинская обл. 040924 Казахстан.

** Scientific Research Institute of Plant Protection RK, s. Rakhat, Karasajskiy district, Almaty region 040924 Kazakhstan.

Ключевые слова: *Pheosia tremula*, вспышки численности, эпизоотии, споровые и не споровые бактерии, *Bacillus thuringiensis*, антагонизм.

Key words: *Pheosia tremula*, outbreaks, epizooty, nonspore-forming and spore-forming bacteria, *Bacillus thuringiensis*, antagonism.

Резюме. Впервые зарегистрированы очаги массового размножения осиновой хохлатки *Pheosia tremula* (Clerck) на юге Западной Сибири. Вспышки наблюдались в осиновых лесах Прииртышья (Павлодарская и Восточно-Казахстанская области). Отмечена эпизоотия, вызванная не споровыми и споровыми бактериями с доминированием *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* и *Bacillus pumilus*. Встречаемость в погибших гусеницах *Bacillus thuringiensis* была единичной. Исследованы антагонистические свойства *P. putida* и *B. pumilus* в отношении подвидов *B. thuringiensis*.

Abstract. Outbreaks of *Pheosia tremula* (Clerck) in the south of West Siberia are noted for the first time. Outbreaks were observed in aspen plantations of Pavlodar and East Kazakhstan areas. Infections caused by non-spore-forming and spore-forming bacteria dominated by *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* and *Bacillus pumilus* were found. The occurrence of *Bacillus thuringiensis* in dead caterpillars was rare. The antagonistic characteristics of *P. putida* and *B. pumilus* affecting subspecies of *B. thuringiensis* were studied.

Введение

Большинство исследований, посвящённых динамике численности чешуекрылых летне-осеннего комплекса в Сибири, были сосредоточены на филлофагах берёзы [Распопов, 1968; Рафес и др., 1976, 1979; Коломиец, Артамонов, 1985; Максимов, 2001; Соколов, 2002], а консорты других листовых де-

ревьев были слабо затронуты изучением. Между тем, в сопряжённых очагах массового размножения насекомых этой группы, повышенная численность наблюдается не только на берёзе, но и на других древесных растениях [Крюков, 2006]. Кроме того, консорты ивовых способны образовывать самостоятельные очаги размножения в осиновых лесах. Одним из фоновых видов филлофагов *Populus* в Западной Сибири является осиновая хохлатка *Pheosia tremula* (Clerck). Этот вид распространён от Западной Европы до Средней Сибири [Матов, Дубатов, 2008; The Lepidoptera..., 1996]. Гусеницы *Ph. tremula* питаются листвой ивовых, реже берёзовых (*Betula*) [Кожанчиков и др., 1955; Koch, 1964; Коломиец, Артамонов, 1985]. В Западной Сибири в очагах массового размножения летне-осеннего комплекса чешуекрылых вид отмечен как субдоминант на осине и тополе бальзамическом [Крюков, 2003]. В лесостепной зоне Западной Сибири осиновая хохлатка развивается в одном поколении, но возможна вторая малочисленная генерация [Чадинова, 2006].

В 2004–2006 гг. в Прииртышье зарегистрирована вспышка численности *Pheosia tremula* и эпизоотия гусениц, вызванная разными видами бактерий. Цель настоящей работы — изучить возбудителей болезней осинового хохлатки и антибиотическую активность некоторых патогенов в отношении *Bacillus thuringiensis* Berliner.

Материал и методы

Учёты насекомых в кронах деревьев и в лесной подстилке проводили стандартными методами [Ильинский, Тропин, 1965]. Больных и погибших в природе гусениц собирали в 3-й декаде июля 2004, 2005 и 2006 гг. Микробиологический анализ выполнен соответственно по годам на 65, 47 и 40 экземплярах. Выделение бактерий проводили по общепринятой методике [Кольчевский и др., 1987] после стерилизации поверхности гусениц этиловым спиртом и обжигании в пламени спиртовки. Каждую гусеницу гомогенизировали в двух мл физиологического раствора (0,65 % NaCl). Рассев бактерий проводили на мясо-пептонный агар. Виды идентифицировали по определителю бактерий Берги [Определитель..., 1997]. Внутривидовую идентификацию *B. thuringiensis* проводили по схеме де Баржак и Фрашон [de Barjak, Frachon, 1990]. Антибиотическую активность определяли методом перпендикулярных штрихов по Н.С. Егорову [1965]. В качестве антагонистов брали два вида бактерий: не споровую *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula и спорообразующую *Bacillus pumilus* Meyer et Gottheil. Эти виды испытывали по отношению к подвидам и морфовариантам *B. thuringiensis*: *thuringiensis* (H1), *kurstaki* (H3abc), *sotto* (H4ab), *galleriae* (H5ab), *morrisoni* (H8ab), *tenebrionis* (H8ab), *israelensis* (H14), *foliatus* (H14), *tohokuensis* (H17) и не идентифицированному штамму *B. thuringiensis* 1587.

Результаты и их обсуждение

Вспышки массового размножения осинового хохлатки зарегистрированы в Павлодарской области (Шербактинский р-н., окр. п. Шалдай), а также в Восточно-Казахстанской области (Бескарагайский р-н., с. Ромадан, с. Букебай) на площади свыше 2000 га. Очаги отмечены в разновозрастных осинниках, чередуясь с сосновыми лесами, расположенными на террасах. Наибольшие повреждения отмечены вдоль дорог или лесных просек. На данных участках численность осинового хохлатки в среднем составляла 5 куколок на 1 м² подстилки и 150–500 гусениц на одно дерево высотой 10 м. Дефолиация в древостоях в середине лета достигала 100 %. Среди сопутствующих филофагов единично обнаружены хохлатка *Cerura vinula* (L.), коконопряд *Eriogaster lanestris* (L.) и совка *Acronicta megacephala* ([Den. et Schiff.]).

В 2004 г. наблюдалась массовая гибель хохлатки, при этом гусеницы образовывали на подстилке слой толщиной в несколько см. В 2005–2006 гг. гибель гусениц была невысокой. Соотношение живых и мёртвых особей составляло в 2004 г. — 40 и 60 %, в 2005 г. — 60 и 40 %, в 2006 г. — 65 и 35 %. Основной причиной гибели гусениц были бактериозы. Единично отмечены микозы (энтомофторозы и мюскардиозы), но при этом из гусениц выделены лишь сапротрофы из родов *Penicillium*, *Aspergillus* и *Fusarium*.

Таблица 1. Микробный пейзаж погибших в природе гусениц осинового хохлатки

Table 1. Species composition and abundance of bacteria in died caterpillars of *Pheosia tremula*

Вид бактерий	Обилие микрофлоры кишечника по годам		
	2004	2005	2006
<i>Pseudomonas putida</i> (Trevisan) Migula	++	+	0
<i>P. fluorescens</i> Migula	++	+	0
<i>Flavobacterium</i> sp.	++	+	+
<i>Xanthomonas</i> sp.	+	+	+
<i>Bacillus cereus</i> Frankland et Frankla	+	+	+
<i>B. sphaericus</i> Meyer et Neide	+	++	++
<i>B. subtilis</i> var. <i>niger</i> Smith, Gordon et Clark	+	++	++
<i>B. polymyxa</i> (Prazmowski) Masé	+	0	+
<i>B. pumilus</i> Meyer et Gottheil	+	++	++
<i>B. thuringiensis galleriae</i> Heimpe (H5)	0	+	+
<i>B. thuringiensis israelensis</i> var. <i>foliatus</i> Khodyrev (H14)	0	+	+
<i>B. thuringiensis</i> ssp.	0	0	+

Условные обозначения: ++ — массовая микрофлора (титр — 10⁶–10⁷ клеток/мл), + — малочисленная микрофлора (10³ клеток/мл), 0 — отсутствие бактерий.

Symbols: ++ — mass microflora (10⁶–10⁷ cells/ml), + — scanty microflora (10³ cells/ml), 0 — bacteria are absent.

Видовой состав и численность бактериальной флоры погибших гусениц варьировали по годам (табл. 1). Анализ погибших в 2004 г. гусениц показал, что у 70 % личинок доминирующими в микрофлоре кишечника были два вида не спорообразующих бактерий: *P. putida* и *P. fluorescens*. Для остальной части трупного материала многочисленными оказались бактерии *Flavobacterium* sp. Единично изолированы *Xanthomonas* sp. и пять видов бацилл: *B. cereus*, *B. sphaericus*, *B. subtilis* var. *niger*, *B. polymyxa*, *B. pumilus*.

В 2005 г. не споровая микрофлора отмечалась единично, доминировали споровые бактерии. У 70 % мёртвых гусениц в массе выделялись *B. pumilus*. Из остальных погибших насекомых в массе изолированы *B. subtilis* var. *niger* и *B. sphaericus*. Зарегистрированы единичные колонии *B. cereus*. Сходное соотношение микроорганизмов отмечено в 2006 г.: доминировал *B. pumilus*, а в отдельных насекомых многочисленными были *B. subtilis* var. *niger* и *B. sphaericus*. Не споровая микрофлора практически отсутствовала, за исключением *Xanthomonas* sp. и *Flavobacterium* sp., колонии которых были единичными. В 2005–2006 гг. из осинового хохлатки в небольшом количестве выделялись кристаллообразующие бактерии *B. thuringiensis*, относящиеся к *B. thuringiensis galleriae*, *B. thuringiensis israelensis* var. *foliatus*, а также один не идентифицированный штамм.

Следует отметить, что развитие эпизоотий от бактерий *B. thuringiensis* происходит не часто [Тала-

лаев, 1956; Heimpel, Angus, 1960; Вятчина, 2004]. В качестве важного экологического фактора для размножения *B. thuringiensis* в кишечнике насекомых И.П. Пендлетон [Pendleton, 1969] считает наличие антибиотической активности. Наши исследования показали, что некоторые виды бактерий, в массе развивающиеся в организме осиновой хохлатки, обладают антибиотической активностью по отношению к *B. thuringiensis*. В таблице 2 представлены результаты исследования антагонистического действия бактерий, выделявшихся обильно в 2004 г. (*P. putida*) и в 2005–2006 гг. (*B. pumilus*), в отношении некоторых подвидов группы *B. thuringiensis*, преимущественно энтомопатогенных и используемых для создания биопрепаратов.

Установлено, что не споровые бактерии *P. putida* являются антагонистами по отношению ко всем 10-ти исследованным подвидам кристаллообразующих бактерий. Аналогичные результаты получены и для споровой бактерии *B. pumilus*. Исключение составляет лишь *B. thuringiensis* var. *foliatus*, рост которого не угнетается *B. pumilus*. Данный морфовариант впервые изолирован с поверхности листьев яблони Палласа [Ходырев, 1976], выделяется из различных типов почв [Ходырев, Тешебаева, 2007] и проявляет антибиотическую активность к ряду подвидов *B. thuringiensis*.

Таким образом, трёхлетнее наблюдение за микрофлорой погибших в природе гусениц осиновой хохлатки показывает значительное разнообразие бактерий в видовом и количественном отношении, при этом преобладают факультативные возбудители болезней. Не споровые бактерии доминируют при массовой гибели гусениц, а споровые — при невысокой смертности насекомых. Гибель от этих патогенов на эпизоотическом и энзоотическом уров-

нях наблюдается у других массовых филлофагов. Так, способность *Pseudomonas* вызывать септицемию личинок отмечена в лабораторных опытах и естественных условиях у многих видов чешуекрылых [Полтев и др., 1969; Вейзер, 1972; Патогены..., 2001], в том числе представителей летне-осеннего комплекса [Каргина, Миняйло, 1971]. Бактерия *B. pumilus* может являться потенциальным возбудителем эпизоотий у *Diprion pini* L. [Глулов, 1989] и *Dendrolimus pini* (L.) [Ходырев, неопубликованные данные]. Гибель гусениц чешуекрылых летне-осенней группы *Leucodonta bicoloria* [(Den. et Schiff.)], *Notodonta dromedarius* (L.), *Ptilodon capucina* (L.) от *B. thuringiensis* отмечена в Зауралье и Верхнем Приобье [Рафес, 1974; Рыбина, 1981]. Важным экологическим фактором для размножения бактерий является их способность вырабатывать антибиотики. При подавляющем действии *P. putida* и *B. pumilus* на *B. thuringiensis*, эпизоотии, вызванные кристаллообразующими бактериями, в популяциях осиновой хохлатки фактически исключены. Однако полной элиминации *B. thuringiensis* в организме личинок не происходит.

Литература

Вейзер Я. 1972. Микробиологические методы борьбы с вредными насекомыми. М.: Колос. 638 с.

Вятчина О.Ф. 2004. Штаммы *Bacillus thuringiensis*, выделенные при эпизоотии листовенничной мухи (*Hylemyia laricicola*) в Камчатской области // Сибирский экологический журнал. No.4. С.501–506.

Глулов В.В. 1989. Действие энтомопатогенных микроорганизмов на обыкновенного соснового пилильщика (*Diprion pini* L.) // Микробиологические исследования в Западной Сибири. Новосибирск: Наука. С.84–87.

Гниненко Ю.И. 1974. Биология хохлатки-верблюдки (*Lophopteryx camelina*) в березняках Зауралья // Зоологический журнал Т.53. No.10. С.1495–1501.

Егоров Н.С. 1965. Микробы-антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности. М.: Высшая школа. 211 с.

Ильинский А.И., Тропин И.В. 1965. Надзор, учёт и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых в лесах СССР. М. 525 с.

Каргина М.В., Миняйло А.К. 1971. Эпизоотия в очаге листогрызущих вредителей // Защита растений. No.1. С.45.

Кожанчиков И.В., Данилевский А.С., Дьяконов А.М. 1955. Отряд Lepidoptera — Чешуекрылые, или Бабочки // Вредители леса. Справочник. Т.1. М.–Л. С.35–285.

Коломиец Н.Г., Артамонов С.Д. 1985. Чешуекрылые-вредители берёзовых лесов. Новосибирск: Наука. 129 с.

Кольчевский А.Г., Рыбина Л.М., Коломиец В.Я. 1987. Выделение и отбор высоковирулентных культур *Bacillus thuringiensis* var. *galleriae*. Методическое пособие. Л. 21 с.

Крюков В.Ю. 2003. Разноусые чешуекрылые (Lepidoptera, Macroheterocera) — филлофаги основных древесных растений Южного Зауралья. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 24 с.

Крюков В.Ю. 2006. Трофические связи разноусых чешуекрылых (Lepidoptera, Macroheterocera) — филлофагов основных древесных растений в Южном Зауралье // Евразийский энтомологический журнал Т.5. No.1. С.77–87.

Максимов С.А. 2001. Механизм массовых размножений летне-осенней группы вредителей берёзы // Лесопатологическая обстановка в лесном фонде Уральского региона. Екатеринбург. С.105–120.

Таблица 2. Антибиотическая активность доминантных видов бактерий осиновой хохлатки в отношении подвидов *B. thuringiensis*

Table 2. Antibiotic activity of dominant species of bacteria of *Pheosia tremula* concerning *B. thuringiensis* subspecies

Штамм	Подвид <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner, морфовариант, (H серотип)	Зона угнетения роста бактериями, мм	
		<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Pseudomonas putida</i>
221	<i>thuringiensis</i> Heimpel et Angus (H1)	8	5
273	<i>kurstaki</i> de Barjac et Lemille (H3abc)	10	6
617	<i>sotto</i> Heimpel et Angus (H4ab)	8	5
207	<i>galleriae</i> de Barjac et Bonnefoi (H5ab)	10	6
209	<i>morrisoni</i> Bonnefoi et de Barjac (H8ab)	10	7
2495	<i>morrisoni</i> var. <i>tenebrionis</i> Krieg et al. (H8ab)	10	5
1125	<i>israelensis</i> de Barjac et al. (H14)	8	6
157	<i>israelensis</i> var. <i>foliatus</i> Hodirev (H14)	-	5
1532	<i>tohokuensis</i> Ohba et al. (H17)	8	5
1587	ssp.?	8	6

- Матов А.Ю., Дубатовов В.В. 2008. Семейство Notodontidae // С.Ю. Синёв (ред.): Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. СПб.–М. С.233–237.
- Определитель бактерий Берджи. 1997. Под ред. Хоулта Дж., Крига Н. и др. Т.1. М.: Мир. 426 с.
- Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты. 2001. Под ред. В.В. Глупова. М.: Круглый год. 736 с.
- Полтев В.И., Гриценко И.Н., Егорова А.И., Кальвиш Т.К., Туркевич Л.Л., Ушакова И.В. 1969. Микрофлора насекомых. Новосибирск: Наука. 272 с.
- Распопов П.М. 1968. Двухцветная хохлатка — массовый вредитель берёзовых лесов Зауралья // Леса Урала и хозяйство в них. Вып.1. Свердловск. С.154–178.
- Рафес П.М., Гниненко Ю.И., Соколов В.К. 1976. Динамика популяций конкурирующих видов листогрызущих вредителей берёзы // Бюлл. МОИП. Т.81. Вып.2. С.48–55.
- Рафес П.М., Распопов П.М., Гниненко Ю.И. 1979. Конкуренция за пищу между видами летне-осенней группы вредителей берёзы в Зауралье // Известия АН СССР. Сер. биол. No.1. С.63–71.
- Рыбина С.Ю. 1981. Энтомопатогенные микроорганизмы летне-осеннего комплекса вредителей берёзы в Западной Сибири // Фауна и экология членистоногих Сибири. Новосибирск. С.188–190.
- Соколов Г.И. 2002. Чешуекрылые вредители берёзы из летне-осенней экологической группы в Челябинской области. Екатеринбург. 76 с.
- Талалаев Е.В. 1956. Септицемия гусениц сибирского шелкопряда // Микробиология. Т.26. No.1. С.99–102.
- Ходырев В.П. 1976. Новая разновидность *Bacillus thuringiensis* // Микробиологические исследования в Западной Сибири. Новосибирск. С.116–119.
- Ходырев В.П., Тешебаева З.А. 2007. Особенность распространения *Bacillus thuringiensis* в регионах России и юга Кыргызстана // Микроорганизмы и биосфера. Материалы международной научной конференции. М. С.35–37.
- Чадинова А.М. 2006. К биологии осинового хохлатки (*Pheosia tremula* Cl.) в ленточных борах Прииртышья // Актуальные проблемы защиты и карантина растений. 1-я Международная научная конференция молодых учёных и аспирантов, посвящённая 15-летию независимости Республики Казахстан. Алматы. С.23–25.
- de Barjak H., Frachon E. 1990. Classification of *Bacillus thuringiensis* // Entomophaga. Vol.35. No.2. P.233–240.
- Heimpel A.M., Angus T.A. 1960. Bacterial insecticides // Bacteriol. review. Vol.24. P.266–268.
- Koch M. 1964. Wir bestimmen Schmetterlinge. Bd.2. Baren, spinner, schwarmer und bohrer deutschlands. Radebeul und Berlin. 172 S.
- Pendleton I.R. 1969. Ecological significance of antibiotics of some varieties of *Bacillus thuringiensis* // J. Invertebr. Pathol. Vol.13. No.2. P.235–240.
- The Lepidoptera of Europe. A distributional checklist. 1996. Ed. by O. Karshlot, J. Razowski. Stenstrup: Apollo books. 380 p.