

УДК 632.937.01:576.895

**АНТИБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *XENORHABDUS SP.* (ENTEROBACTERIACEAE)  
СИМБИОНТОВ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД (RHABDITIDA:  
STEINERNEMATIDAE)**

**Л.Г. Данилов, Е.А. Зорина, Т.Ю. Нащекина**

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Изучено действие продуктов метаболизма 15 изолятов симбиотических бактерий рода *Xenorhabdus* из природных популяций энтомопатогенных нематод (ЭПН) в отношении грибов – возбудителей заболеваний растений – *Fusarium culmorum*, *Fusarium solani* и *Alternaria solani*. В результате проведенных исследований установлены различия по антибиотической активности первичных форм продуцентов *Xenorhabdus*, выделенных из различных видов и изолятов из природных популяций ЭПН. В опытах *in vitro* в температурных условиях 25 °С и 30 °С отобраны 2 штамма бактерий, обладающих наиболее высокой антибиотической активностью против трех видов грибов. При температуре 20 °С наиболее высокая антибиотическая активность установлена у штамма бактерий-симбионтов нематод вида *S. feltiae pronense*. Результаты исследования свидетельствуют о существенном влиянии температурного фактора на проявлении антибиотической активности видов и штаммов симбиотических бактерий ЭПН, и этот показатель является важным критерием при отборе бактериальных патогенов в качестве эффективного средства борьбы с возбудителями заболеваний растений.

**Ключевые слова:** энтомопатогенные нематоды, антибиотическая активность симбиотических бактерий нематод, метаболиты, биологическая эффективность.

Энтомопатогенные нематоды (сем. *Steinernematidae* и *Heterorhabditidae*) и их симбиотические бактерии, являются облигатными паразитами насекомых и используются, либо изучаются во всем мире, как агенты микробио-

логического контроля численности насекомых вредителей и возбудителей заболеваний растений [Poinar, 1990]. Виды бактерий рода *Xenorhabdus* (*Achromobacteriaceae: Eubacteriales*), которые живут в симбиозе с нематодами

рода *Steinernema*, являются граммотрицательными энтомопатогенными бактериями [Voermare, 2002]. Нематодно-бактериальный комплекс токсичен для многих видов насекомых и, в большинстве случаев, бактерии являются высоко вирулентными, когда они проникают в гемоцель насекомого [Forst and Nealson, 1996]. Бактерии при этом быстро размножаются и экскретируют различные метаболиты, которые преодолевают иммунную систему насекомых, убивают их и подавляют рост возбудителей различных грибных и бактериальных заболеваний [Akhurst, 1982; Chen et al., 1996; Dunphy and Webster, 1994], что способствует развитию нематод и бактериальных симбионтов [Gaugler and Kaaya, 1996].

Многие штаммы бактерий *Xenorhabdus* производят разнообразные экзоэнзимы. Лецитиназа, производимая *X. nematophilus* и *X. bovienii*, участвует в расщеплении фосфолипидов насекомых, обеспечивая тем самым источник липидов для роста и развития нематод [Thaler et al., 1995]. Тем не менее, есть существенные различия в типе метаболитных антибиотиков, производимых различными видами и штаммами бактериальных симбионтов нематод. В литературных источниках имеются сообщения о нескольких биологически активных вторичных метаболитах из культур симбиотических бактерий, например, ксеноминс [Webster et al., 2002], ксенорабдины [McInerney et al., 1991a], ксенокумадины [McInerney et al., 1991b] и нематофины (производные индола) [Li et al., 1997]. Эти соединения в условиях *in vitro* отличаются активностью в отно-

шении грамположительных бактерий и грибов [Furgani et al., 2008]. Антибиотики, производимые симбиотическими бактериями *X. nematophilus*, могут качественно и количественно различаться в зависимости от штамма и вида бактерий, условий их культивирования [Wang et al., 2008]. Отмечается также, что в процессе культивирования качественный и количественный состав антибиотиков может зависеть от нескольких факторов, таких как pH, температура и состав культуральной среды [Webster et al., 2002].

Вторичные метаболиты бактерий *Xenorhabdus spp.* обладают потенциальной антимикробной и инсектицидной активностью, что свидетельствует о перспективах использования их в сельскохозяйственном производстве. Болезни растений представляют собой серьезную угрозу для производства продовольствия. Грибные заболевания являются основными проблемами для коммерческого производства овощей и фруктов. Наиболее распространенными возбудителями фитозаболеваний растений являются оомицеты из родов *Botrytis* и *Fusarium*. Эти патогены контролируются, главным образом, химическими фунгицидами, большинство из которых высокотоксичны и является основным источником экологического загрязнения экосистем. В этой связи и были проведены исследования по отбору видов и штаммов симбиотических бактерий из природных популяций ЭПН перспективных для возможного их использования в качестве средства защиты растений от возбудителей заболеваний.

### Материалы и методы

Симбиотических бактерий (табл. 1) выделяли из коллекционных видов и штаммов ЭПН, собранных из природных популяций

этих паразитов с использованием метода живых ловушек [Данилов, Карпова, 1990].

Таблица 1. Штаммы симбиотических бактерий, выделенные из изолятов природных популяций энтомопатогенных нематод

№ штамма	Название изолята нематод	Место выделения нематод
1	L-2	п. Пушкинские Горы, Псковская обл., РФ
2	№ 42	Республика Коми, РФ
3	Бел-4	Республика Беларусь
4	<i>S. carpocapsae</i> штамм «agriotos»	с. Погост, Ленинградская обл., РФ
5	<i>S. feltia</i> (SRP18-91)	п. Пушкинские Горы, Псковская обл., РФ
6	№ 51	Республика Коми, РФ
7	№ 8	с. Погост, Ленинградская обл., РФ
8	<i>S. feltiae protense</i>	Республика Саха-Якутия, РФ
9	<i>S. carpocapsae</i> (Кр.)	г. Краснодар, РФ
10	SPG-5	п. Пушкинские Горы, Псковская обл., РФ
11	<i>S. carpocapsae</i> (Бел-1)	Республика Беларусь
12	<i>S. carpocapsae</i> (Погост-2)	с. Погост, Ленинградская обл., РФ
13	Бел-3	Республика Беларусь
14	Бел-2	Республика Беларусь
15	<i>S. carpocapsae</i> (Кор.)	фирма Koppert, Нидерланды

Изоляцию бактериальных симбионтов проводили из трупов гусениц большой вошинной моли (*Galleria mellonella*), инфицированных различными видами и штаммами ЭПН. Гусениц предварительно стерилизовали в 70% спирте в течение 2 мин и помещали в ламинарный поток воздуха в течение 3 мин. Затем из ложноножки гусениц стерильно отбирали каплю гемолимфы, которую переносили в чашки Петри на питательную среду NBTA ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  – 0.5 г;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 0.5 г;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0.2 г;  $\text{NaCl}$  – 5 г; дрожжевой экстракт – 5 г; агар – 12 г; вода – 1 л, 25 мг бромтимолового синего и 40 мг диметилтетразолиум хлорида) и инкубировали при 26 °С. После 72 часов отбирали чистые колонии симбиотических бактерий (зеленые) одинакового размера и

морфологии. Идентификацию первичных форм симбиотических бактерий проводили по методу Акхурста [Akhurst, 1980]. Чистые колонии переносили в пробирки на косяки с питательной средой NBTA и выращивали в течение 3–4 суток при температуре 26 °С. Затем бактериальной петлей с косяка отбирали биомассу бактерий и переносили в колбы со 100 мл питательного бульона и выращивали на качалке 2 суток при 26 °С.

Грибные патогены высевали в чашки Петри на среду Чапека и выращивали при 25 °С в течение 5–7 суток. Чтобы определить влияние симбиотических бактерий на этих грибных патогенов, бульон с титром бактериальных клеток  $1 \times 10^9$  смешивали с охлажденной до 50 °С средой NBTA (в соотношении 1:9) и полу-

ченную смесь выливали в стерильные чашки Петри (10 мл смеси на чашку). С чашек каждого патогена, растущего на среде Чапека, отбирали мицелиальный диск (0,9 × 0,9 см) и помещали его в центр чашки Петри на питательную среду с симбиотическими бактериями. В качестве контроля использовали среду NBTA без симбиотических бактерий. Все варианты опытов и контроля были заложены в 4-х кратной повторности. Антибиотическая активность определялась по результатам замеров зон роста патогенов – тест-объектов при 20°C, 25°C и 30°C. Учеты ингибирующего действия бактерий на патогены проводили на 2, 3

и 4 день в температурных условиях (25°C), оптимальных для развития нематодно-бактериальных комплексов [Данилов и др., 1994]. С понижением температуры от оптимальной до 20°C и повышением до 30°C учеты проведены на 4 день после начала опыта. Антибиотическую активность симбиотических бактерий определяли методом креста по диаметру зоны роста патогена.

Статистическую обработку и построение диаграмм проводили в программах Microsoft Exel и Sigma Plot 12.0. Биологическую эффективность рассчитывали по формуле Аббота.

### Результаты и обсуждение

Изучено действие продуктов метаболизма 15 изолятов симбиотических бактерий рода *Xenorhabdus* из природных популяций ЭПН в отношении грибов – возбудителей заболеваний растений – *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc, *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. и *Alternaria solani* Sorauer (1896). Штаммы симбиотических бактерий были изолированы из нематод *Steinernema feltiae* штамм SRP-91 (*X.bovienii*), *Steinernema feltiae protense* (*X.bovienii*), из 5 культур *Steinernema carpocapsae* (*X. nematophilus*) и из 8 культур нематод, выделенных из природных популяций нематод в различных регионах Российской Федерации и Республики Беларусь.

На основании сравнительной оценки антибиотической активности симбиотических бактерий по зоне ингибирования роста грибов установлено, что все штаммы бактерий, используемые в опытах, показывали антибиотическую активность в отношении тестируемых видов грибов.

В результате проведенных исследований установлены различия по антибиотической активности первичных форм продуцентов *Xenorhabdus*, выделенных из различных видов и изолятов из природных популяций ЭПН.

В опытах *in vitro* в температурных условиях 25°C и 30°C отобраны 2 штамма бактерий, выделенных из двух изолятов – №1 (L-2) и №10 (SPG-5) из природных попу-

ляций нематод в почве садов п. Пушкино Псковской обл. (табл. 2 и рис. 2, 3 и 4).

При температуре 25°C штаммы №1 (L-2) и №10 (SPG-5) обладают наиболее высокой антибиотической активностью практически против трех видов грибов, однако степень ингибирования несколько снижается против грибов рода *Fusarium* (рис. 2, 3 и 4). Антигрибная активность у всех испытуемых штаммов была высокой при использовании их против *A. solani*, при этом наименьшие зоны роста гриба на 2, 3 и 4 дни отмечены у метаболитов штамма №1 соответственно 3.5±0.29, 6.33±0.44 и 10.17±0.17 мм (табл. 2, рис. 1).

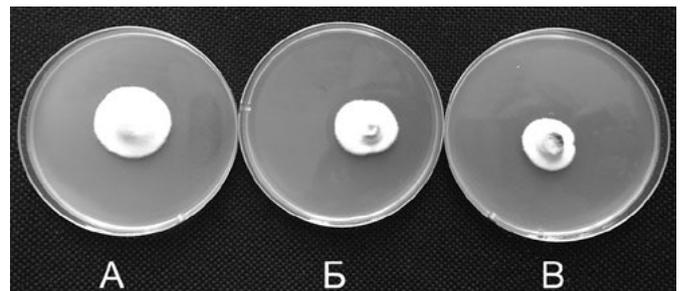


Рисунок 1. Антибиотическая активность изолятов симбиотических бактерий против гриба *Alternaria solani*: А – контроль, Б – №4 (*S. carpocapsae* штамм «agriotos»), В – №1 (L-2)

Таблица 2. Антибиотическая активность штаммов симбиотических бактерий (*Xenorhabdus*), выделенных из изолятов природных популяций энтомопатогенных нематод (*Steinernematidae*) против грибов разных видов при температуре 25°C

№ штамма симбиотических бактерий	Виды грибов								
	<i>Alternaria solani</i>			<i>Fusarium culmorum</i>			<i>Fusarium solani</i>		
	2 сутки	3 сутки	4 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки
	Диаметр зоны ингибирования (мм)								
1	3.5±0.29	6.33±0.44	10.17±0.17	9.5±0.76	29.5±4.37	48.33±6.92	8.17±0.44	21.67±0.17	32.33±0.17
2	8.83±0.17	15.5±0.76	27.83±0.6	21.17±0.7	38.17±0.73	64.33±0.17	11.83±1.36	36.83±0.6	41.5±1.26
3	3.83±0.44	10±0.76	19.17±1.17	20.5±1.6	48.33±2.24	76±0	12.5±0.5	25.83±0.4	76±0
4	14±0.29	15.83±0.44	18.5±0.29	23.33±1.3	48.33±0.83	77.5±1.44	20.5±0.5	32.17±0.1	45.33±0.73
5	15±0.29	19.5±0.5	26.17±0.67	24.17±1.5	45±2.47	66.33±3.6	21.17±0.73	33.83±0.67	46.33±1.01
6	11±0.76	24.33±0.44	32.67±1.2	18.17±0.1	31.33±0.33	43.83±0.72	32±0.58	62.5±1.04	80±0
7	8.33±0.17	11.67±1.09	18.5±1.53	23.83±0.6	46.5±0.76	80±0	13.17±0.17	23.83±0.73	35.5±1.32
8	15.17±0.44	18.5±0.76	22.33±1.83	23.5±1.32	48.67±3.06	70.33±2.46	20.67±0.33	35.17±0.83	46.83±1.17
9	8.17±0.17	13.5±0.5	27.83±1.2	26.17±1.6	54.33±1.64	80±0	14.33±0.83	25.17±0.6	37.33±0.83
10	3.67±0.17	7.5±0.29	14.17±2.68	11.67±0.4	35±0.58	57.83±0.73	10.83±0.93	23.67±0.6	34.17±1.09
11	9.5±0.29	18.5±1.53	35.17±1.42	25.33±1.2	46.5±2.89	72.33±4.76	15±0.87	28.67±1.96	41.17±1.42
12	8.17±0.83	14.5±0.87	26.5±1.04	21.17±0.6	41.83±0.67	60.67±2.05	11.17±0.44	23.83±0.6	35.5±1.04
13	15.17±0.44	11.33±0.33	19.5±2.25	17±1.89	47.17±2.59	74.33±1.67	12±0.58	25±0.58	38±0.87
14	8.5±0.29	13.5±1.15	24.83±1.01	12.83±0.4	36.17±3	60.17±3.98	10.17±0.6	24.83±1.74	42.83±5.86
15	16.33±0.6	22±3.6	33±4.25	31.83±2.5	59.83±3.18	80±0	16±0.5	27.67±0.33	41±0.29
контроль	16±0	26.5±0.29	37.8±1.17	23±0.58	48.5±0.58	80±0	17.83±0.6	28.5±0.76	42.17±0.6
НСР <sub>0.05</sub>	1.19	3.36	4.92	3.63	6.42	7.74	1.954	2.53	4.93

И в тоже время, при температуре 20°C наиболее высокая антибиотическая активность установлена у штамма бактерий №8 – симбионтов нематод вида *S. feltiae pronense* [Иванова и др., 2001] (рис. 2, 3, 4).

Сравнительная характеристика антибиотической активности отобранных изолятов бактерий наиболее показательно оценивается по их биологической эффективности против трех видов грибов в зависимости от температурных условий окружающей среды (рис. 5, 6 и 7).

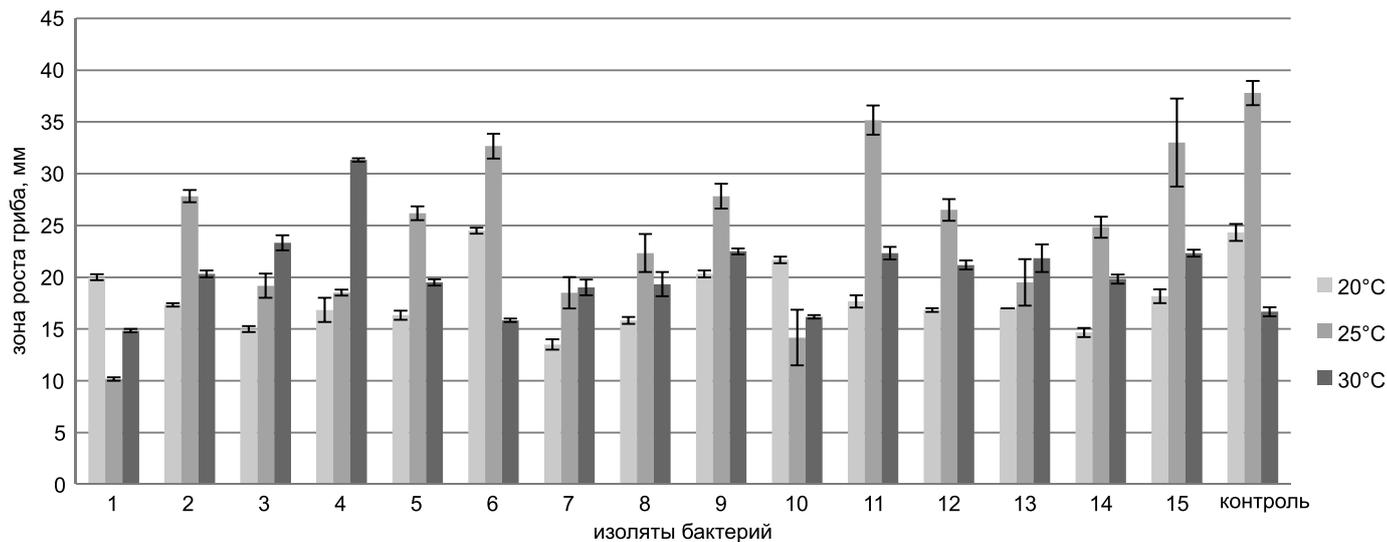


Рисунок 2. Антибиотическая активность изолятов бактерий против гриба *Alternaria solani* при разных температурах

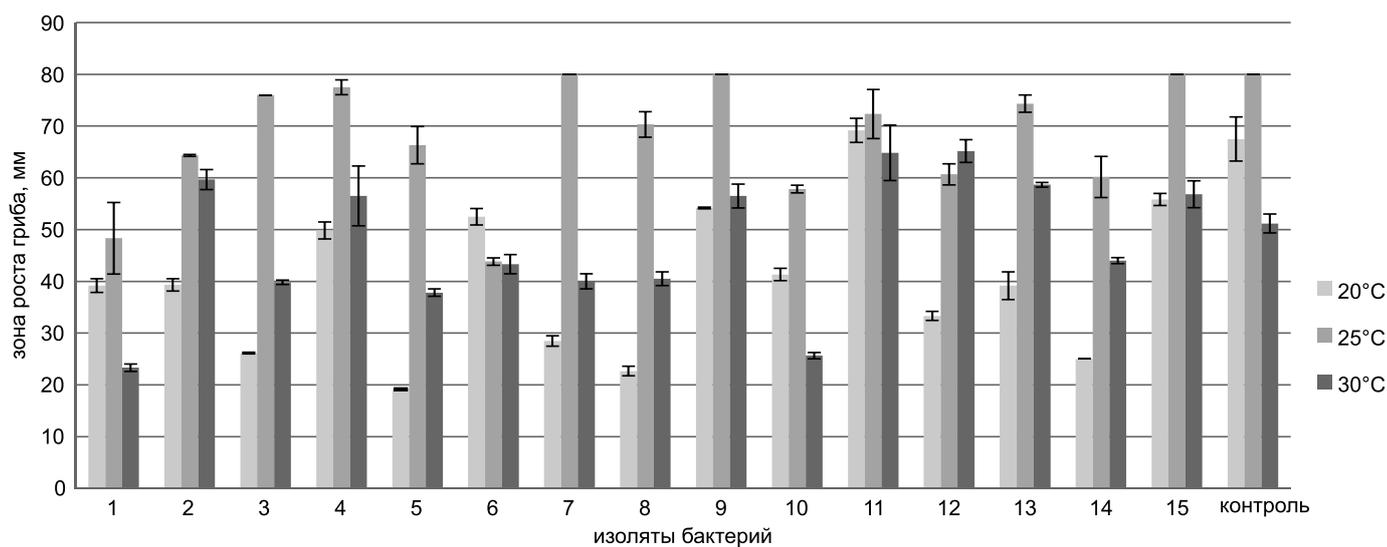


Рисунок 3. Антибиотическая активность изолятов бактерий против гриба *Fusarium culmorum* при разных температурах

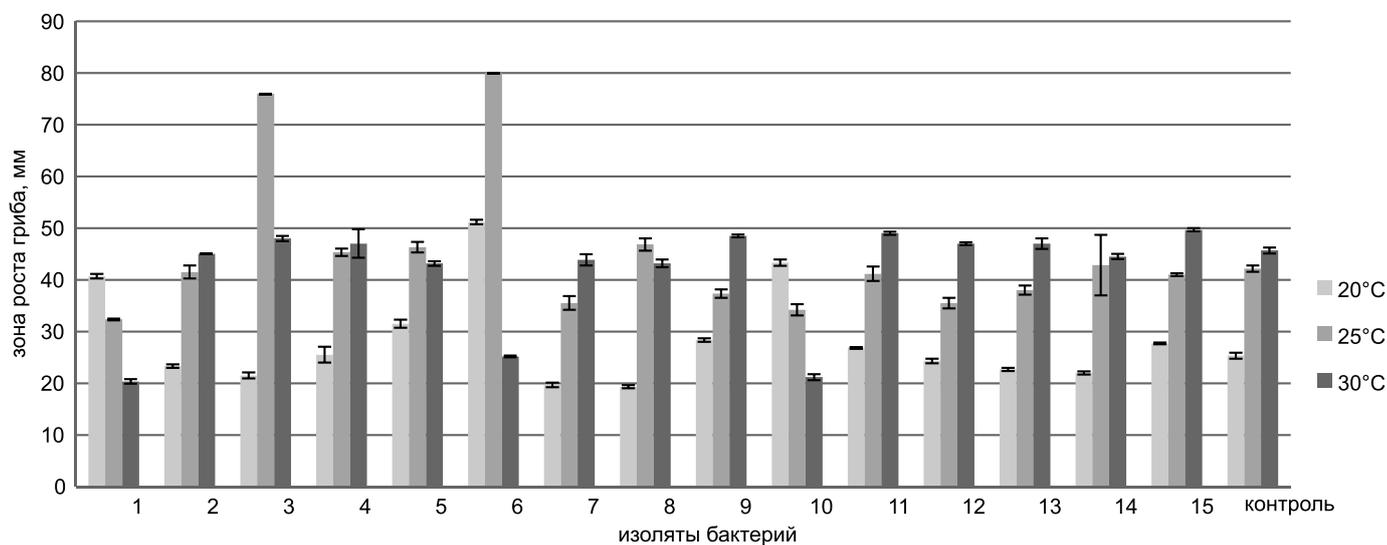
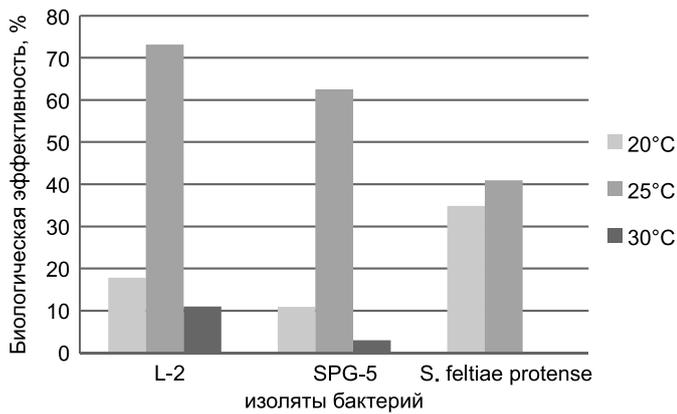
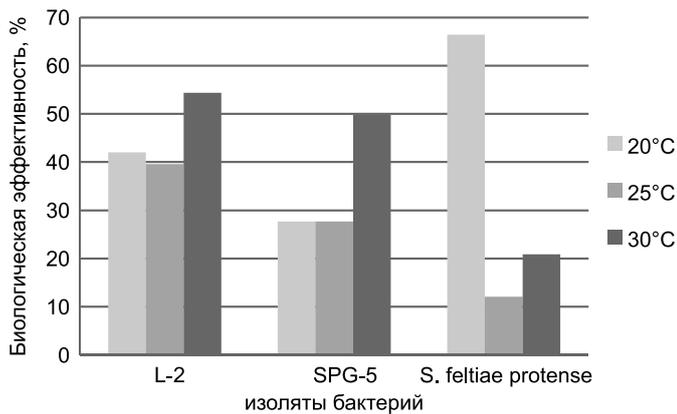
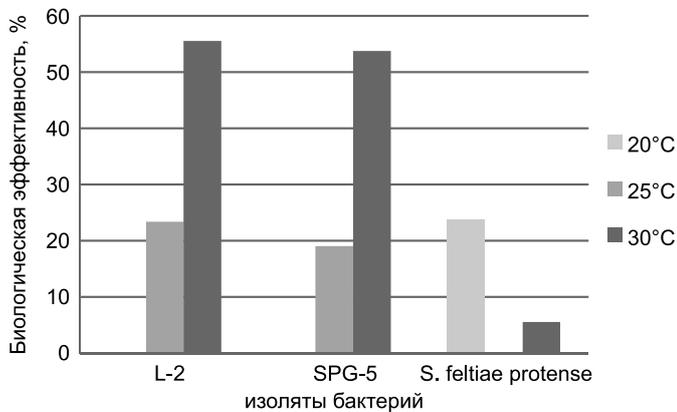


Рисунок 4. Антибиотическая активность изолятов бактерий против гриба *Fusarium solani* при разных температурах

Рисунок 5. Эффективность изолятов бактерий против гриба *Alternaria solani* при разных температурахРисунок 6. Эффективность изолятов бактерий против гриба *Fusarium culmorum* при разных температурахРисунок 7. Эффективность изолятов бактерий против гриба *Fusarium solani* при разных температурах

При 25°C и 30°C бактерии-симбионты нематод *S. feltiae pronense*, по биологической эффективности против трех видов грибов существенно уступали бактериям, выделенным из изолятов природных популяций нематод L-2 и SPG-5. Однако при 20°C у штаммов бактерий №1 и №10 практически отсутствовало антибиотическое влияние на *F. solani* (рис. 7). Различаются также показатели активности штаммов нематод против отдельных видов грибов. При 30°C биологическая эффективность всех штаммов бактерий против *A. solani* была незначительной у штаммов №1 и №10 и отсутствовала у штамма №8 (рис. 5). Лучшие показатели биологической эффективности у всех штаммов бактерий отмечены при их использовании против *F. culmorum* (рис. 6).

По данным других исследователей максимальная антибактериальная и антигрибная активность симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод отмечается при 30°C [Vijayakumari et al., 2013]. Проявление антибиотической активности у различных штаммов симбиотических бактерий в зависимости от температуры, вероятно, следует рассматривать и в связи с особенностями биологии отдельных видов ЭПН в зависимости от биотических и абиотических факторов в зоне обитания природных популяций этих патогенов. Нематоды *S. feltiae pronense*, встречающиеся в почвах аласов тайги Якутии, приспособлены к существованию и активной жизнедеятельности при температурах, близких к нижнему порогу проявления инвазионной активности штейнернематид [Данилов и др., 1994]. Симбиотические бактерии этого вида нематод, вероятно, также адаптированы к биологии развития и существования в специфических температурных условиях и поэтому с понижением температуры до 20°C отмечается существенное повышение антигрибной активности метаболитов рассматриваемого штамма бактерий по сравнению с другими штаммами.

Таким образом, в результате проведенных исследований изучено действие продуктов метаболизма 15 видов и штаммов симбиотических бактерий рода *Xenorhabdus* в отношении грибов – возбудителей заболеваний растений (*F. culmorum*, *F. solani* и *Alternaria solani*) в зависимости от температурных условий. Результаты исследования свидетельствуют о существенном влиянии температурного фактора на проявление антибиотической активности видов и штаммов симбиотических бактерий ЭПН, и этот показатель является важным критерием при отборе бактериальных патогенов в качестве эффективного средства борьбы с возбудителями заболеваний растений.

#### Библиографический список (References)

- Данилов Л.Г., Васильева С.О., Гоголев А.Н. Влияние температуры на инвазионную активность нематод семейств Steinernematidae и Heterorhabditidae // Паразитология. 1994. В. 6. N 28. С. 495–500.
- Данилов Л.Г., Карпова Е.В. Испытания энтомопатогенных нематод против саранчовых // Защита растений 1990. N7. С.34–35.
- Иванова Т.С., Данилов Л.Г., Ивахненко О. А. Новый подвид энтомопатогенных нематод *Steinernema feltiae protense* subsp. N. (Nematoda: Steinernematidae) из Якутии // Паразитология. 2001.В. 35. N4. С. 333–337.
- Akhurst, R. Antibiotic activity of *Xenorhabdus* spp. bacteria symbiotically associated with insect pathogenic nematodes of the families Heterorhabditidae and Steinernematidae // J. Gen. Microbiol. 1982. 128. P. 3061–3065.
- Akhurst, R., & Dunphy, G. Tripartite interactions between symbiotically associated entomopathogenic bacteria, nematodes, and their insect hosts // Parasites Patho. Insects. 1993. V. 2. P. 1–23.
- Forst, S. and K. Nealson., Molecular biology of the symbiotic-pathogenic bacteria *Xenorhabdus* spp. and *Photorhabdus* spp. // Microbiol. Rev.// 1996. V. 60. P. 21–43.
- Furgani G, Böszörményi E, Fodor A, Máthé-Fodor A, Forst S, Hogan JS, Katona Z, Klein MG, Stackebrandt E, Szentirmai A, Sztaricskai F, Wolf SL. *Xenorhabdus* antibiotics: a comparative analysis and potential utility for controlling mastitis caused by bacteria // J. Appl. Microbiol. 2008. V. 104. P. 745–758.
- Lee DW, Choo HY, Kaya KH, Lee SM, Smitley RD, Shin Hk, Park CG. Laboratory and field evaluation of Korean entomopathogenic nematode isolates against the oriental beetle *Exomala orientalis* (Coleoptera: Scarabaeidae) // J. Econ. Entomol. 2002. V. 95 P. 918–926.

- Li J, Chen G, Webster JM (). Nematophin, a novel antimicrobial substance produced by *Xenorhabdus nematophila* (Enterobacteriaceae) // *Can. J. Microbiol.* 1997. V. 43. P. 770–773.
- Li X.H, Ma J, Jiang ZF, Li YG, Chen SL. Antagonism of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* to *Botrytis cinerea*. *J. Agric. Univ. Hebei.* // 2009. V. 32 P. 67–71.
- McInerney BV, Gregson RP, Lacey M, Akhurst RJ, Lyons GR, Rhodes SH, Smith DRJ, Lutz ME, White AH. Biologically active metabolites from *Xenorhabdus* spp. Part 1. Dithiopyrrolone derivatives with antibiotics activity // *J. Nat. Prod.* 1991a. V. 54. P. 774–784.
- McInerney BV, Taylor WC, Lacey MJ, Akhurst RJ, Gregson RP. Biologically active metabolites from *Xenorhabdus* spp. Part 2. Benzopyrane-1-one derivatives with gastroprotective activity // *J. Nat. Prod.* 1991b. V. 54. P. 785–795.
- Poinar GO. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae // 1990. P. 23–62 in R. Gaugler and H. K. Kaya eds. Entomopathogenic nematodes in biological control. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Shapiro-Ilan D, Rojas MG, Morales-Ramos JA, Lewis EE, Tedders WL. Effects of host nutrition on virulence and fitness of entomopathogenic nematodes: Lipid- and protein-based supplements in *Tenebrio molitor* diets // *J. Nematol.* 2008. V. 40. P. 13–19.
- Slininger PJ, Shea-Wilbur MA. Liquid culture pH, temperature, carbon and nitrogen source regulate phenazine productivity of the take-all biocontrol agent *Pseudomonas fluorescence* // *Appl Microbiol Biotechnol.* 1995. V. 37. P. 388–392.
- Thaler J. O., Baghdiguian, S. & Boemare, N. Purification and characterization of *Xenorhabdus*, a Phage Tail-Like Bacteriocin, from the Lysogenic Strain F1 of *Xenorhabdus nematophilus* // *Appl. Environ. Microb.* 1995. V. 61. P. 2049–2052.
- Wang YH, Li YP, Zhang Q, Zhang X. Enhanced antibiotic activity of *Xenorhabdus nematophila* by medium optimization // *Bioresource Technol.* 2008. V. 99. P. 1708–1715.
- Webster JM, Chen G, Hu K, Li J. Bacterial metabolites. - In: Gaugler R. Entomopathogenic nematology, CABI international, London, UK, 2002. P. 99–114.
- Vijayakumari S. J., Sasidharannair N. K., Nambisan B., and Mohandas C. Optimization of media and temperature for enhanced antimicrobial production by bacteria associated with *Rhabditis* sp. // *Iran J. Microbiol.* 2013 Jun; 5(2). P. 136–141.

#### Translation of Russian Referens

- Danilov L.G., Vasilieva S.O., Gogolev A.N. Influence of temperature on invasion activity of nematodes of families Steinernematidae and Heterorhabditidae. *Parazitologiya.* 1994. V. 6. N 28. P. 495–500.
- Danilov L.G., Karpova E.V. Testing entomopathogenic nematodes against locusts. *Zashchita rastenii.* 1990. N 7. P. 34–35.
- Ivanova T.S., Danilov L.G., Ivakhnenko O.A. A new subspecies of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* protense subsp. n. (Nematoda: Steinernematidae) from Yakutia. *Parazitologiya.* 2001. V. 35. N 4. P. 333–337.

*Plant Protection News*, 2017, 3(93), p. 33–38

## ANTIBIOTIC ACTIVITY OF *XENORHABDUS* SP. (ENTEROBACTERIACEAE) SYMBIONT OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES (RHABDITIDA: STEINERNEMATIDAE)

L.G. Danilov, E.A. Zorina, T.Yu. Nashchekina

*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

The effect of metabolic products of 15 isolates of symbiotic bacteria of the genus *Xenorhabdus* from natural populations of entomopathogenic nematodes is studied against plant pathogen fungi *Fusarium solani*, *Fusarium culmorum* and *Alternaria solani*. The differences of antibiotic activity are found in primary producers *Xenorhabdus*, extracted from various species and isolates of natural populations of entomopathogenic nematodes. In *in vitro* tests at 25°C temperature and 30°C, two strains of bacteria have been selected, possessing the highest antibiotic activity against three species of fungi. At temperature 20°C, the nematode species *S. feltiae* has the highest antibiotic activity of bacteria strain. The results have showed a significant effect of temperature factor on the manifestation of the antibiotic activity of species and strains of the symbiotic bacteria of the entomopathogenic nematodes, and this is an important criterion in the selection of bacterial pathogens as effective means of controlling plant diseases.

**Keywords:** entomopathogenic nematode; antibiotic activity; symbiotic bacteria; metabolite; biological efficiency.

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
 \*Данилов Леонид Григорьевич. Ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: biodan@mail.ru  
 Зорина Елена Анатольевна. Младший научный сотрудник, e-mail: biodan@mail.ru  
 Нащечкина Татьяна Юрьевна. Ведущий агроном, e-mail: biodan@mail.ru

\* Ответственный за переписку

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
 \*Danilov Leonid Grigorievich. Leading Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: biodan@mail.ru  
 Zorina Elena Anatolievna. Junior researcher, e-mail: biodan@mail.ru  
 Naschekina Tatiana Yurievna. Leading agronomist, e-mail: biodan@mail.ru

\* Responsible for correspondence