

УДК 593.195

Значение микроспоридий в борьбе с вредными членистоногими

Ю.С. ТОКАРЕВ, Ю.М. МАЛЫШ,
Е.В. ДУБИНИНА, А.Н. АЛЕКСЕЕВ,
А.Н. ФРОЛОВ, И.В. ИССИ

Микроспоридии – облигатные внутриклеточные паразиты животных, древнейшие паразитические протисты, филогенетически родственные грибам. Они паразитируют в представителях всех крупных таксонов животного царства, от простейших до высших позвоночных и человека. Многие виды микроспоридий высокопатогенны для членистоногих и существенно влияют на численность их популяций (Гробов, 1983). Открытие микроспоридий и начало работы с ними связано именно с эпизоотией микроспориидоза у шелкопряда *Bombux mori*, нанесшей значительный ущерб шелководческой промышленности Европы в начале XIX века (Исси, 1986).

Одни микроспоридии на стадии спор способны к длительному выживанию в окружающей среде, другие используют адаптации, направленные на повышение вероятности контакта с новым хозяином без персистенции вне организма хозяина. Способность спор микроспоридий сохранять жизнеспособность при определенных условиях хранения (высушивание, низкие температуры, замораживание, консервация жидким азотом) у разных видов сильно варьирует и во многом определяет их пригодность для разработки биопрепаратов.

При активации споры под воздействием внешних стимулов в кишечном соке или гемолимфе насекомых-хозяев (Undeen and Vavra, 1997) происходит экструзия – выстреливание полярной трубки, обеспечивающей инъекцию зародыша непосредственно в клетку хозяина. В на-

ших опытах споры микроспоридии *Paranosema (=Nosema) locustae* выстреливали при контакте с кишечным соком своего основного хозяина – перелетной саранчи. Это свойство может быть использовано на практике в качестве экспресс-теста на способность данного изолята (препарата) микроспоридий заражать насекомых определенного вида.

Пригодность микроспоридии в качестве продуцента микробиологического инсектицида и регулятора численности вредителя определяется прежде всего ее патогенными свойствами (Исси и др., 2005).

К ним относятся следующие:

использование метаболического аппарата клетки хозяина для обеспечения энергией процессов собственного внутриклеточного развития. В период пролиферации микроспоридии избыточно стимулируют компенсаторные и препаративные реакции организма хозяина, провоцируя преждевременный износ этих систем, а на более позднем этапе развития (при переходе к спорогонии) вызывают дефицит углеводов, липидов и белков (Селезнев, 1997; Долгих и др., 2005). Таким образом, патогенность микроспоридий во многом определяется их способностью истощать запасы питательных веществ зараженных хозяев, что можно оценить при помощи стандартных биохимических тестов (Долгих, 1997; Селезнев, 1997);

подавление иммуногенетической системы хозяина. Микроспоридии подавляют систему синтеза меланина, связанную с распознаванием и уничтожением чужого (Воронцова и др., 2002; Tokarev et al., 2006). Кроме того, на конечном этапе микро-

спориидоза подавляются и другие защитные реакции гемолимфы – агглютинация и коагуляция (Токарев, 2003; Tokarev et al., 2004). Вследствие этого снижаются устойчивость насекомых к неблагоприятным факторам внешней среды и их выживаемость как в естественных условиях, так и при моделировании смешанных инфекций в лаборатории (Tokarev et al., 2004). Подавление иммунных реакций насекомых-хозяев сильнее выражено у микроспоридий более агрессивных видов (Воронцова и др., 2004; Tokarev, Sokolova, 2005). Изучение этого фактора необходимо как для выявления патогенных форм этих паразитов, так и для учета возможных последствий их совместного применения с другими патогенами и пестицидами в системах интегрированной защиты растений;

нарушение гормонального баланса в организме хозяина. Отмечены изменения гормонального баланса в сторону избытка ювенильного гормона. Это вызывает задержку развития, позволяющую паразитам длительно использовать организм хозяина как среду для собственного развития, и нарушение многих гормонально зависимых процессов (линька, метаморфоз, формирование диапаузы, поведенческие реакции), что значительно снижает выживаемость насекомых в природе (Исси, Токарев, 2002). Проявления гормональных нарушений у насекомых при микроспориидозах зачастую имеют четко выраженную симптоматику и свидетельствуют еще об одном важном аспекте патогенного воздействия микроспоридий на вредных членистоногих.

Функционирование паразитарных систем с участием микроспоридий в природных условиях изучено слабо. Описано лишь несколько примеров.

Так, уровень зараженности микроспоридиями популяций капустной белянки *Pieris brassicae* в агроценозах Северо-Запада России, который каждые 4–8 лет достигает практически 100 %, – один из кри-

териев прогноза численности вредителя наряду с другими биотическими и абиотическими факторами. Показано, что благоприятные для развития насекомого-хозяина условия одновременно способствуют и развитию этих паразитов, способных сдерживать вспышки массового размножения своего хозяина. Это позволило при достижении 50 % зараженности популяции вредителя рекомендовать отмену любых истребительных мероприятий. Сходные показатели были включены в прогнозы численности и непарного шелкопряда. После резкого сокращения численности популяции насекомого-хозяина длительное сохранение паразитов обеспечивается наличием трансвариальной передачи, ведущей к снижению патогенных свойств паразитов (Исси, 1986).

Анализ природных популяций лугового мотылька *Pyrausta (=Loxostege) sticticalis* и их зараженности микроспоридиями в Краснодарском крае позволил выявить сильную регрессионную связь между этими двумя показателями (Малыш и др., 2006). Уровень зараженности микроспоридиями наряду с другими показателями состояния популяции лугового мотылька рекомендован для использования при краткосрочном прогнозе численности этого опасного вредителя сельскохозяйственных культур. Так, в 2006 г., когда зараженность бабочек микроспоридиями была минимальной, численность вредителя несколько снизилась по сравнению с предыдущим годом, что может быть связано и с абиотическими факторами, в частности, крайне неблагоприятными условиями зимовки. Однако выживаемость потомства бабочек в 2006 г. достигла наибольшего значения за период наблюдений. Таким образом, на фоне очищения популяции вредителя от микроспоридиоза следует ожидать нарастания его численности при прочих благоприятных условиях.

В настоящее время *P. locustae* – единственный представитель типа

Microsporidia, на основе спор которого был создан препарат нолок*, рекомендованный за рубежом для широкого применения и промышленного производства. Данный вид микроспоридий заражает исключительно широкий (около 100 видов) круг насекомых отряда прямокрылых. В многочисленных полевых испытаниях была показана его высокая эффективность против вредных саранчовых при обработке пастбищ (Henry, Oma, 1981). В опытах при сочетании *P. locustae* с химическими инсектицидами севин* и диметоат-400 эффективность возрастала, на их основе был предложен комбинированный биопрепарат нолобайт* (Morris, 1985).

Зарегистрированный коммерческий препарат нолок состоит из хлопьев пшеничных отрубей, смоченных суспензией спор микроспоридии *P. locustae*. Рекомендуемая норма расхода составляет $2,5 \times 10^8$ спор на 1,68 кг отрубей на 1 га (Henry, Oma, 1981). При экспериментальном заражении перелетной саранчи дозой 1×10^6 спор на личинку за месяц нам удалось получить от 1×10^9 до 10×10^9 спор с одной личинки. Это позволит нарабатывать споры данного патогена в производственных масштабах при минимальных затратах материально-технических ресурсов.

Однократное внесение препарата обеспечивает стойкий эффект снижения численности вредителя в течение трех лет. Кроме того, заболевание может распространиться на близлежащие территории вследствие миграций зараженных насекомых. Нолок и нолобайт, как и многие другие препараты, не могут подавлять уже проявившуюся вспышку размножения вредителя в короткий срок; но их своевременное профилактическое применение может способствовать поддержанию низкого уровня численности вредных саранчовых в течение длительного периода времени (Lomer et al., 2001). Таким образом, хотя препараты на основе спор микроспоридий

* В России не зарегистрирован.

ограничены в возможностях применения, их основное преимущество – эффект длительного последствия в популяциях вредных членистоногих-хозяев.

Приведенные сведения характеризуют микроспоридий как перспективную группу микроорганизмов, которые могут иметь большое значение в регуляции численности вредных объектов, а также служить основой препаративных форм микробиологических инсектицидов. К особенностям микроспоридий как регуляторов численности вредителей относятся разнообразные проявления патогенеза, способность сохраняться в ряду поколений и оказывать длительный эффект последствия в популяциях членистоногих-хозяев. Для выявления возможностей применения микроспоридий против определенных видов вредных объектов в каждом конкретном случае необходимы дополнительные исследования их биологических особенностей и паразито-хозяинских отношений.

Есть и еще один аспект, требующий дальнейшего изучения этих микроорганизмов, – безопасность их применения.

В последнее время выявлены случаи заражения микроспоридиями человека при иммунодефицитных состояниях. Связь заражения человека микроспоридиями с природными очагами циркуляции этих патогенов в популяциях членистоногих, сама возможность заражения теплокровных микроспоридиями от беспозвоночных не изучены. Недавно было установлено, что микроспоридия *Nosema algera* из кровососущих комаров, описанная в 1970 г., является также паразитом человека и теплокровных животных (Koudera et al., 2001). Проведенные нами совместно с немецкими коллегами исследования показали близкое родство паразита рапсового цветоеда и микроспоридии из малярийного комара и человека, что позволило отнести этих микроспоридий к одному роду *Anncaliia* (Franzen et al., 2006). При этом исследовании, по-

мимо стандартных молекулярных методов, были использованы методы криминальной лаборатории Германии, позволившие провести молекулярный анализ старых коллекционных материалов. Для микроспоридий обоих видов характерен широкий круг хозяев и экспериментально подтверждена их способность заражать новых хозяев, далеких по систематическому положению от естественного хозяина.

Среди микроспоридий, заражающих иксодовых клещей, выявлены принадлежащие по морфологическим признакам к роду *Eneserphalitozoon*, представители которого являются широко распространенными патогенами птиц, высших позвоночных и человека (Ribeiro, Guimaraes, 1998). Согласно недавно установленной закономерности заражен-

ность иксодовых клещей возбудителями опасных заболеваний человека возрастает при загрязнении среды тяжелыми металлами, которые значительно снижают их иммунитет и сопровождаются патологией экзоскелета этих кровососов. В черте мегаполисов, где еще сохраняются биогеоценозы, пригодные для размножения иксодовых клещей, риск контакта человека с зараженными переносчиками значительно выше (Alekseev et al., 2005). Заражение микроспоридиями иксодовых клещей отмечено нами только при наличии у них патологии экзоскелета, тогда как в клещах без патологии микроспоридии не выявлены.

Таким образом, агрессивные формы микроспоридий обладают высоким инфекционным потенциалом и способны заражать широкий

круг хозяев, который может одновременно включать беспозвоночных, позвоночных животных, а также человека. Опасность заражения человека и сельскохозяйственных животных микроспоридиями повышается при контакте с зараженными ими кровососущими членистоногими-переносчиками, однако не ограничивается последними. В связи с этим для определения медицинской и ветеринарной безопасности микроспоридий необходим тщательный анализ молекулярных особенностей видов как циркулирующих в природных популяциях вредных членистоногих, так и вносимых в природу в виде биопрепаратов для искусственной регуляции их численности.

ВИЗР
ЗИН РАН