

УДК 632.937.1:631.347.3

**ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА БИОМАТЕРИАЛА ТРИХОГРАММЫ
ПРИ ВОДНО-ВОЗДУШНОМ ПЕРЕМЕШИВАНИИ**

Т. Ф. АЛЕНЧИКОВА, Н. Н. КРАХОВЕЦКИЙ

(Кафедра энтомологии ТСХА, Всесоюзный институт с.-х. машиностроения)

Расширение масштабов применения трихограммы сдерживается из-за отсутствия средств механизации ее расселения.

Лучшим способом расселения трихограммы является равномерное распределение по обрабатываемой площади имаго в свободном состоянии или внутри оболочки яиц хозяина. Это связано с низкими поиско-

выми способностями и слабой двигательной активностью трихограммы лабораторно-промышленного разведения, а также с тем, что неподвижные стадии подвергаются отрицательному действию солнечной радиации, осадков и нападению хищников [3, 4, 14, 15, 17]. При механизации данного способа предпочтительно, чтобы яйцеед находился внутри яиц насекомого-хозяина, так как биоматериал неподвижен, а энтомофаг предохраняется от механических повреждений упругой оболочкой яйца хозяина [6].

При существующем способе производственного получения трихограммы в качестве насекомого-хозяина используется зерновая моль — ситотрога. Яйца ситотроги, зараженные трихограммой, по форме близки эллипсоиду вращения. Их размеры колеблются в зависимости от условий питания и развития зерновой моли и в среднем составляют $0,58 \times 0,23$ мм [9, 11, 16]. Масса 1 см^3 сильно зависит от стадии развития трихограммы: чем ближе последняя к моменту вылета, тем легче биоматериал. По данным различных авторов [11, 16], масса (насыпная плотность) материала за 1—2 сут до отрождения энтомофага составляет около $0,450 \text{ г/см}^3$. В 1 г биоматериала 80 тыс. зараженных яиц ситотроги [5, 11, 16]. Сыпучесть биоматериала, выраженная углом естественного откоса, составляет 41° [11]. Деформация оболочки яйца ситотроги наступает при нагрузке $17,2 \text{ г}$, разрыв оболочки — при нагрузке выше 30 г [11]. Биоматериал сильно электризуется и легко повреждается при механическом, химическом и тепловом воздействиях. Но основная трудность при механизированном расселении — равномерное распределение по площади низких норм биоматериала ($0,5$ — 10 г/га).

В последнее время основное внимание специалистов направлено на разработку способов сплошного расселения трихограммы чистой биомассой и в смеси с наполнителями. Наиболее простым и доступным наполнителем является вода. В этом случае легко решаются проблемы дозирования и равномерного распределения энтомофага по обрабатываемой площади.

Возможность применения воды в качестве наполнителя и транспортирующего средства при расселении трихограммы изучалась многими авторами. В обзоре [5], посвященном методам и механизмам для выпуска паразитов и хищных насекомых в США, применение жидких сред — наполнителей при расселении трихограммы признано нежелательным. В ФРГ предприняты попытки для этой цели использовать серийные опрыскиватели, причем гибель кукурузного мотылька составила $80,5$ — $96,8 \%$ (в варианте ручного расселения — $21,5$ — $32,8 \%$ [18]). В работе [4] описана попытка применять воду в качестве наполнителя, но авторы отказались от своего намерения, так как материал трихограммы внутри яиц ситотроги плохо смачивался водой, не перемешивался, всплывал на поверхность, при истечении воды из емкости оседал на стенках. Однако исследователи [8] утверждают, что яйца ситотроги, зараженные трихограммой, смешиваются с водой в любых соотношениях, при этом получается однородная смесь, которую можно дозировать.

В нашей стране положительные результаты получены при водном расселении трихограммы с помощью приспособлений к серийным опрыскивателям. Биоматериал помещается в резервуар с водой. Со дна резервуара под давлением поступает воздух. Водно-воздушная суспензия трихограммы (внутри яиц ситотроги) подается в воздушную струю вентилятора и наносится на растения. Техническая эффективность обработок данными приспособлениями $48,2$ — 94% . Гибель материала после 1 ч барботажа составляет всего 1 — 3% отрождения по отношению к контролю [10, 12]. По данным [17], при погружении в воду и перемешивании в серийном опрыскивателе производства ФРГ через 2 ч этот показатель равнялся 20% .

Таким образом, указанные противоречия побудили нас провести исследования влияния воды на биоматериал трихограммы, полученный на ситотроге. Результаты первых серий опытов по водно-воздушному

расселению трихограммы даны в работах [1] и [2]. Они свидетельствуют, что, несмотря на малую удельную плотность биоматериала, можно получить гомогенную водно-воздушную суспензию трихограммы при интенсивном пневмоперемешивании. Однако в случае барботации больше потери биоматериала, чем при простом погружении в воду. При барботации материала, прошедшего кратковременное хранение при температуре 8—10° в течение 1—4 ч, потери (по проценту отрождения) в среднем составили 16 %. С экономической точки зрения такие потери допустимы.

В данной статье приводятся результаты изучения влияния барботации в воде на выживаемость (процент отрождения), плодовитость и двигательную активность трихограммы.

Методика постановки опытов подробно описана в работе [2].

Плодовитость и процент отрождения определяли общепринятыми способами [7, 13]. «Активные» самки — те особи, которые первыми покидали пробирку (где происходило отрождение около 100 насекомых), подчиняясь положительному фототаксису. «Застрявшие» особи — те, которые не смогли покинуть оболочку яйца хозяина, так как сделали слишком маленькое отверстие для выхода.

Результаты

Двигательная активность не влияет на заражение яиц хозяина в лабораторных условиях, но в поле она является одним из основных факторов, определяющих эффективность использования энтомофага. Очевидно, в поле особи с высокой плодовитостью и хорошими ольфакторными способностями, но со слабыми локомоторными функциями не смогут найти и поразить яйца вредителей.

Наиболее полные исследования двигательной активности трихограммы проведены на *Tg. cacoecia* [19]. В результате было предложено два метода ее оценки: количественный — определение средней скорости бега при движении по расчерченному нумерованным квадратам листу бумаги и качественный — по поведению внутри притапливаемых сосудов (погружение сосудов с трихограммой в воду с различной температурой). При использовании второго метода поведение насекомых описывается словами «бегают», «летают», «неподвижны».

Трихограмма может передвигаться тремя способами: бегом, прыжками и в полете. Приведенные методики количественно движений насекомых в прыжках и в полете не учитывают. В серии предварительных опытов изучали поведение трихограммы в лабораторных условиях на четырех партиях *Tg. euproctidis* совочной расы многократного разведения на ситотроге. Разведение проводилось при постоянных оптимальных температуре и влажности. Наблюдения показали следующее.

Трихограмма в отсутствие яиц хозяина на ровной поверхности белой бумаги движется только бегом. При выпуске одиночных особей движение равномерное и прямолинейное — к свету. При выпуске нескольких особей в одну точку первые 1—2 мин насекомые бегут «враспыленную» и только потом направляются к источнику света. Эти реакции сохраняются до естественных сумерек. После 18 ч особи всех возрастов двигаются беспорядочно. Встретив препятствие, насекомые начинают двигаться вверх независимо от возраста, времени суток и освещения. По горизонтальной или вертикальной трубке диаметром до 2 см трихограмма движется по спирали. Достигнув верхнего или освещенного замкнутого конца, часть особей остается там. Другая часть спускается обратно, затем поднимается снова (это повторяется многократно). Прямых солнечных лучей насекомые избегают. Двигутся на солнце, стараясь держаться в тени. При движении бегом самки трихограммы постоянно постукивают перед собой антеннами. Движение антенн синхронно движению конечностей. Самцы не ощупывают поверхности, их антенны неподвижны и направлены строго вперед. На листе белой бумаги самка обследует карандашные линии, округлые мелкие предметы

(песчинки, маковые зерна, табачные семена), пятнышки. Карандашную точку размером 0,1 см² замечает с расстояния 0,5—1 см. «Преследование» не увеличивает скорость бега, но вызывает прыжки и полеты. Самка реагирует на «преследование» при приближении объекта (карандаш или ручка) на расстояние менее 1—2 мм. Прыжок отличается от полета характером движения крыльев. В прыжке крылья не выполяют маховых движений. Момент прыжка глаз не улавливает. Перед прыжком, так же как и перед полетом, трихограмма крылья расправляет и приподнимает. Приземляется самка головой к «преследователю». Направление прыжка — под острым углом к первоначальному движению. Отдельные самки после прыжка делают угрожающие броски в сторону «преследователя». Высота прыжков до 5 мм, длина — до 16 мм (после 17 мм начинается полет). Полет криволинейный, «порхающий», скорость его около 5,4 м/мин. В партиях трихограммы многократного разведения на ситотроге число самок, способных летать, составляет 30—40 % от общего числа самок. Способность летать и скорость движения зависят от температуры и влажности воздуха. Бескрылые особи и особи с деформированными крыльями прыгают редко. Длина прыжка до 1—2 мм. Приземляясь, эти насекомые падают. При резкой смене характера поверхности трихограммы начинают прыгать или взлетают.

На основании полученных данных нами предложена новая методика определения двигательной способности трихограммы.

Из каждой повторности вариантов опыта (даны в таблицах) отбирали не менее 20 самок и помещали их в отдельные микропробирки. Отбор производили из общей партии на 2-е сут после начала отрождения насекомых (так как к этому времени происходит отрождение самцов и самок и их спаривание).

Трихограмму из микропробирки выпускали на лист чистой бумаги. После начала движения насекомого карандашом отмечали начало пути и дальше чертили траекторию движения. Карандаш отстоял на 1—1,5 см от бегущей особи и двигался одновременно с насекомым. Предварительные опыты показали, что при увеличении времени наблюдения от 1 до 30 мин точность измерения не повышается. Поэтому после определения скорости бега в течение 1—1,5 мин начинали провоцировать трихограмму на прыжки и полет. Для этого подносили карандаш вплотную к движущемуся или замершему насекомому. Траектории прыжков и полетов также наносили на бумагу. Замеры проводили линейкой и курвиметром, время отмечали секундомером.

Одновременно на одной из контрольных партий определяли двигательную активность трихограммы по методу [19]. Последовательно записывали номера квадратов, по которым двигались насекомые и затем воспроизводили курвиметром КУ-А на бумаге. Скорость движения определяли делением замеренного пути на время движения. Время остановок отмечали особо и при расчете скорости движения не учитывали. Расшифровка записи оказалась очень трудоемкой, как и форма записи.

Средняя скорость движения смешанного (самцы и самки) образца трихограммы, определенная по методу [19], составила $24,01 \pm 3,58$ см/мин, а по методике с «преследованием» — $23,25 \pm 1,72$ см/мин (при температуре 22°). Разница в результатах незначительна. Предложенная нами методика значительно проще методики [19]. Кроме того, она позволяет дать количественную оценку способности летать и прыгать. При ее использовании достаточно участия одного исследователя, в то время как при применении методики [19] требуются два исследователя или исследователь и магнитофон. Результаты опыта по предложенной методике записываются в виде траектории и, таким образом, наглядно характеризуют двигательные способности каждой отдельной особи.

Результаты лабораторных опытов, в которых определялось влияние длительного водно-воздушного перемешивания на выживание трихограммы, свидетельствуют, что на отрождение яйцеда влияют многие

Выживаемость трихограммы после водно-воздушного перемешивания биоматериала в течение 1 ч

Время до начала отрождения	Характер воздействия	% отрождения
10—12 ч	Контроль	86,25±1,24
	Перемешивание при 19°	79,81±2,31*
После краткосрочного (до 10 сут) хранения при 8—10°		
10—12 ч	Контроль	98,7±1,65
	Перемешивание при 19°	75,53±1,74**
4 ч	Контроль	79,54±1,63
	Перемешивание при 21°	51,28±1,11***
4 сут	Контроль	85,05±2,21
	Перемешивание при 24°	34,41±2,57***

П р и м е ч а н и е. Здесь и в последующих таблицах одной звездочкой отмечено наличие существенной разницы по критерию Стьюдента при уровне вероятности 90 %, двумя — 95 и тремя — 99 %.

факторы: температура воды, фаза развития яйцеда, условия разведения и хранения (табл. 1). Предыдущие работы [1, 2] показали, что выживание зависит от способа увлажнения и времени обработки. Гибель трихограммы внутри оболочки яйца ситотроги при погружении в воду, по-видимому, обусловлена недостатком кислорода и изменением свойств оболочки яйца хозяина. Можно также предположить, что после обработки водой биоматериал будет более чувствителен к неблагоприятным условиям окружающей среды. Последнее необходимо учесть при оценке механизмов — расселителей трихограммы.

Данные табл. 1 подтверждают вывод авторов [20], что кратковременное охлаждение отрицательно влияет на яйцепаразита. В нашем случае чувствительность к водно-воздушному перемешиванию материала, не хранившегося в холодильнике, была почти в 3 раза слабее.

Более детальное изучение биологических показателей трихограммы (табл. 2, 3) показало, что после барботации имаго снижается двигательная активность, плодовитость, уменьшается количество летающих и яйцекладущих самок и увеличивается количество ослабленных («застрявшие» особи). Водно-воздушное перемешивание предкуколок яйцеда существенно снижало отрождение и плодовитость, а двигательная активность и доля ослабленных оставались на уровне контроля. При этом число погибших самцов и самок было примерно одинаковым. При обработке на стадии имаго погибало значительно больше самцов.

Полученные данные не могут служить исчерпывающей характери-

Т а б л и ц а 2

Качество биоматериала трихограммы при водно-воздушном перемешивании в течение 1 ч

Время до начала отрождения	Воздействие	% отрождения	Плодовитость, яиц на 1 самку	% яйцекладущих самок	Половой индекс	«Застрявшие» особи
4 ч	Контроль	79,54	21,13±1,55	75,22±13,7	1,31±0,02	1,6±0,5
	Перемешивание при 21°	51,28***	15,0±1,24**	35,9±2,6**	1,67±0,03**	5,7±0,5**
4 сут	Контроль	85,05	29,45±0,99	Не опр.	1,39±0,17	4,49±0,52
	Перемешивание при 24°	34,41**	18,93±1,22**	Не опр.	1,18±0,06	4,35±0,71

П р и м е ч а н и е. Обе обследованные партии перед обработкой кратковременно (до 10 сут) хранились при температуре 8—10°.

Качественные показатели активных самок после водно-воздушного перемешивания биоматериала в течение 1 ч

Время до начала отрождения	Воздействие	% летающих	Половой индекс	Средняя скорость движения	
				при 22 °	при 25 °
4 ч	Контроль	43,59±10,28	1,95±0,65	26,1±2,82	33,5±3,99
	Перемешивание при 21°	16,03±0,64**	1,70±0,68	18,8±2,80*	33,1±4,66
4 сут	Контроль	0,28±0,04	1,75±0,37	19,91±2,49	Не опр.
	Перемешивание при 24°	0	2,17±0,26	14,41±1,45	Не опр.

Примечание. Обе обследованные партии перед обработкой кратковременно (до 10 сут) хранились при температуре 8—10°.

стикой для оценки воды как наполнителя при расселении трихограммы. Они не дают полной картины зависимости биологического качества энтомофага от условий водно-воздушного перемешивания, фазы развития яйцеда, условий среды, куда насекомые попадут после обработки. Вода может применяться как наполнитель при расселении трихограммы, но при этом увеличивается нестабильность конечных результатов. Действие механизмов — расселителей на хозяйственно важные характеристики биоматериала следует оценивать не только по проценту выживания энтомофага, но и по двигательной активности, плодовитости и другим показателям.

ЛИТЕРАТУРА

- Аленчикова Т. Ф., Краховецкий Н. Н. Водно-воздушное расселение энтомофага трихограммы. — Тр. ВИСХОМ: Исследование и изыскание рабочих органов и средств механизации для индустриальной технологии производства сахарной свеклы и кукурузы на зерно. 1983, с. 33—37. — 2. Аленчикова Т. Ф., Краховецкий Н. Н. Расселение трихограммы с водой. — Вестн. с.-х. науки, 1984, № 8, с. 95—98. — 3. Виасковска И., Виасковски Ст. О причинах неудач применения трихограммы *Trichogramma (Hupelaptera, Trichogrammatidae)* в агроценозах и необходимости их стандартизации. — В сб.: Применение трихограммы в интегрир. системах защиты растений. София, 1980, с. 66—69. — 4. Воротынцева А. Ф., Пасько А. К. и др. Авиационное расселение трихограммы. — В сб.: Трихограмма, ч. II. Кишнев: Штиинца, 1980, с. 49—54. — 5. Гринберг Ш. М., Менчер Э. М. Планирование работ по разведению трихограммы. — Защита растений, 1980, № 10, с. 53. — 6. Краховецкий Н. Н. Состояние и перспективы механизации выпуска энтомофагов. — В сб.: Актуальные вопр. теории и практики защиты растений. М., ВИСХОМ, 1982, с. 79—81. — 7. Методические указания по промышленному производству трихограммы на биофабриках / Под ред. Ш. М. Гринберга. М., ВАСХНИЛ, 1983. — 8. Михальцов В. П., Пушкарев Б. Н. Вода — наполнитель при трихограммировании. — Защита растений, 1981, № 9, с. 27—28. — 9. Пушкарев Б. В. и др. Исследование аппарата для механизированного расселения трихограммы. — В сб.: Защита с.-х. культур от вредителей и болезней: Воронеж: ВНИИЗР, 1972, с. 34—37. — 10. Пушкарев Б. В., Михальцов В. П. Механизированное расселение трихограммы / Рекомендации. Воронеж: ВНИИЗР, 1981. — 11. Сохта А. А., Эргашев К. О механизации полевого расселения полезных насекомых. — Механизация хлопководства, 1981, № 5, с. 4—5. — 12. Сохта А. А. и др. Механизация расселения трихограммы на хлопчатнике. — Защита растений, 1984, № 4, с. 34. — 13. Цыбульская Г. Н. Качественная оценка трихограммы. — Защита растений, 1973, № 3, с. 24—26. — 14. Щепетильникова В. А., Мурашевская З. С. Принципы подбора видов и форм трихограммы для практического применения в защите растений. — В сб.: Применение трихограммы в интегрир. системах защиты растений. София, 1980, с. 6—10. — 15. Ables et al. — Tr. of ASAE, 1979, vol. 22, N 1, p. 59—62. — 16. Bouse L. F. et al. Tr. of ASAE, 1981, vol. 24, N 5, p. 1093—1098. — 17. Moser E. — Landtechnik, 1982, Bd. 37, N 3, S. 126—128. — 18. Neuffer G. Fruktische Schädligskämpfer, 1983, Bd. 31, N 1, S. 112—144. — 19. Quednau Dr. W. Über den Einfluss von Temperatur und Luft feuchtkut auf den Eiparasiten *Trichogramma sacoeicia* Marshal (Eine biometrische Studie) Berlin, 1957. — 20. Stinner R. E. et al. — Env. Ent., 1974, vol. 3, N 3, p. 497—500.

Статья поступила 17 октября 1984 г.