

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ**ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ У ДВУХ ЛИНИЙ
ЗООКУЛЬТУРЫ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ В БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛИТЕЛЬНОГО
РАЗВЕДЕНИЯ**

*Д.В. СОКОЛОВА, кандидат биологических наук;
В.И. МИТРОФАНОВ, доктор биологических наук;
Т.Я. КИПТИЛАЯ*

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

Актуальность

Биотехнология лабораторного и промышленного разведения вредных членистоногих на искусственных средах является тем важным условием, которое определяет успех разработки биологических методов защиты растений от массового размножения вредных видов, часто приобретающего характер эпифитотий и энфитотий. Этот метод позволяет получить в необходимых количествах живой материал для различного типа исследований: токсикологического биотестирования биопрепаратов, химических средств и накопления биоагентов из числа паразитов и хищников. Он обеспечивает возобновление маточной культуры целевого вида при промышленном разведении на экономически оправданных технических субстратах для наработки в промышленных объемах вирусных, грибных и бактериальных биопестицидов, получение стерильных самцов и самок при применении автоцидных методов защиты растений на локальных территориях, а также выделение и изучение природных биологически активных веществ с феромонной и гормональной активностью, используемых в качестве регуляторов роста и развития популяций и последующего синтеза их аналогов.

Существенной проблемой современной экологии является познание механизмов регуляции численности организмов и разработка моделей популяций, которые являются основой для новых методов защиты растений. Уровень численности популяции является функцией плодовитости и выживаемости организмов, образующих популяцию, и характеризует уровень адаптивной ее приспособленности (r_{\max}).

Среди конструктивных подходов к анализу популяций в их взаимодействиях с окружающей средой интерес представляют так называемые таблицы жизни (Life tables), по сути являющиеся простейшими имитационными моделями. С помощью элементарных математических уравнений установили ключевые факторы смертности и период, в который они действуют, определяли дисперсию малозначимых факторов и выявляли условия их действия.

Бесценны данные, которые могут быть получены для оценки биотического потенциала размножения (скорости роста популяции r_{\max} и R_0), оценки жизнеспособности (выживаемости) для определения полевой эффективности экологических управляющих воздействий по устойчивому предотвращению роста популяций вредных видов в деле стабилизации агроценозов и обеспечения их устойчивого развития [4].

Постановка проблемы

Биотехнология лабораторного разведения плодopовреждающих листоверток на физиологически оптимизированных искусственных питательных средах была начата в Никитском ботаническом саду в 1965 году. Объектами исследования являлись виды фитофагов из числа чешуекрылых (*Lepidoptera*), в отношении которых были необходимы уточнение биологических параметров, апробирование новых химических препаратов и лабораторная разработка нехимических способов борьбы для усовершенствования защитных мероприятий в плодовом саду. Первым объектом исследования стала яблонная плодopжка (в этот период у природной популяции плодopжки появилась устойчивость к ДДТ). Первоначально размножение осуществлялось на плодах яблони, а в 1968 году синтезировали искусственную питательную среду, которая после усовершенствования достигла уровня универсальной. В следующем десятилетии, когда возникла проблема плодовых листоверток в саду, эта среда явилась кормовым субстратом (с некоторой модернизацией) для других видов: ивовой, кривоусой и гвоздичной листоверток. С 1980 года и по настоящее время ведется

культура восточной плодовой яблони (непрерывно развивается 170-е поколение).

Цель и задачи исследования

Целью настоящего исследования было получить значение величины внутренней скорости роста популяций яблонной и восточной плодовой яблони (r_{\max}) для последующего использования в оценке эффективности управляющих воздействий в полевых экспериментах по недопущению вспышек их размножения. В задачи исследования входило: накопить достаточный для опытного использования биоматериал; пронаблюдать в онтогенезе развитие нескольких поколений на простых имитационных моделях в форме таблиц жизни (Life tables), включающих когортные таблицы выживаемости и возрастные таблицы плодовитости; рассчитать в оптимальных условиях видовые критерии величины внутренней скорости роста популяций (= биотический потенциал размножения т.е. – коэффициент Мальтуса – r_{\max}) и основной скорости роста (коэффициент Райта – R_0) для дальнейшего их использования в качестве эталона в полевом мониторинге, а также для оценки уровня общей приспособленности обоих видов.

Методы

Ранее в процессе работы для разведения яблонной и восточной плодовой яблони были подобраны температурные и световые режимы, оптимальные условия для содержания имаго (емкость, соотношения полов), условия хранения и накопления биоматериала [1,3]. Данные исследования проводили летом при естественном освещении, зимой – с подсветкой: до 18 часов для восточной плодовой яблони и до 21 часа – для яблонной. Влажность воздуха колебалась в пределах 40-50 %, температура воздуха поддерживалась в пределах 22-25 °С [1-3].

Биологические параметры, рассчитанные из репродуктивных таблиц, прежде всего, биотический потенциал (r_{\max}), отражающий характеристику популяции, позволяют оценить самые разные факторы и аспекты воздействия. Определение скорости роста восточной и яблонной плодовой яблони проводили согласно “Методическим указаниям по составлению таблиц выживания насекомых и клещей” [2].

При этом использовали следующие параметры:

x – возраст самок;

l_x – выживаемость самок, специфическая для возраста x , т.е. доля живых самок в возрасте x от той части самок, которые погибли от различных факторов за весь репродуктивный период;

m_x – рождаемость, специфическая для данного возраста. Она выражается предполагаемым количеством самок в потомстве в расчете на одну живую самку;

R_0 – чистая величина репродукции равная $\sum l_x m_x$, она показывает, во сколько раз увеличивается популяция за поколение;

T – среднее время генерации, т.е. средний возраст, в который самка производит потомство, вычисляющиеся по формуле:

$$T = \frac{\sum l_x m_x \cdot x}{\sum l_x m_x},$$

r_{\max} – биотически репродуктивный потенциал, естественная, присущая популяции норма увеличения численности при стабильном возвратном распределении и специфических условиях обитания. Иначе его называют мгновенной скоростью роста популяции. Этот критерий вычисляют по формуле:

$$r_{\max} = \frac{\ln R_0}{T}.$$

Для оценки параметров репродуктивности восточной плодовой яблони было отобрано 42 молодых не созревших самок и помещено по 2-3 особи в полиэтиленовые садки размером 11,5x8,5 см. К самкам подсаживали по два самца. В случае с яблонной плодовой яблонью 40 не созревших самок помещали по две особи в 200 мл стеклянные сосуды. К самкам подсаживали по 1-2 самца.

Ежедневно фиксировали состояние самок, физиологическую и случайную гибель, плодовитость. По мере откладки самками яиц их пересаживали в новые садки или сосуды. Из отложенных яиц выводили потомство, для чего инокулировали яйцами восточной плодовой яблони 2 кг искусственной питательной среды и индивидуально отсаживали гусениц яблонной плодовой яблони на 1 кг среды, разлитой в чашки Петри.

Результаты и обсуждение

В результате исследований было установлено, что самка восточной плодоярки не откладывает яиц в течение первых трех дней, а яблонная плодоярка – в течение недели; после 28 и 27 дней самка перестает откладывать яйца, соответственно названным видам. На основании исходных данных (ежедневный возраст особей; доля оставшихся в живых; среднее число самок, достигших стадии имаго в потомстве) были составлены репродуктивные таблицы. На основании таблиц, согласно формулам, приведенным выше, были определены для восточной (табл. 1 и 2) и яблонной (табл. 3 и 4) плодоярок скорость репродукции R_0 (77,4 и 28,25), среднее время генерации T (11,3 и 10,4), рассчитан биотический потенциал r_{max} (18,5 и 7,4). С помощью полученных данных возможно составление более сложных программ управления патосистемами.

Таблица 1

Исходные данные биологических параметров восточной плодоярки

| Дата наблюдений | День откладки яиц | Возраст самок, в днях | Сумма живых самок | Количество самок, погибших от физиологических причин | Сумма отложенных яиц | Плодовитость одной самки, штук | Соотношение полов в потомстве | |
|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----|
| | | | | | | | ♀ | ♂♂ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 04 июля | 1 | 3 | 23 | - | 92 | 4,0 | 1 | 2,0 |
| 05 июля | 2 | 4 | 23 | - | 108 | 5,0 | 1 | 2,0 |
| 06 июля | 3 | 5 | 23 | - | 113 | 5,0 | 1 | 2,0 |
| 07 июля | 4 | 6 | 23 | - | 140 | 6,0 | 1 | 1,5 |
| 08 июля | 5 | 7 | 23 | - | 385 | 16,7 | 1 | 1,5 |
| 09 июля | 6 | 8 | 23 | - | 358 | 15,6 | 1 | 1,7 |
| 10 июля | 7 | 9 | 22 | 1 | 327 | 15,0 | 1 | 1,8 |
| 11 июля | 8 | 10 | 22 | - | 275 | 12,5 | 1 | 1,8 |
| 12 июля | 9 | 11 | 22 | - | 243 | 11,0 | 1 | 1,8 |
| 13 июля | 10 | 12 | 22 | - | 200 | 9,0 | 1 | 1,6 |
| 14 июля | 11 | 13 | 22 | - | 168 | 7,6 | 1 | 1,6 |
| 15 июля | 12 | 14 | 22 | - | 143 | 6,5 | 1 | 1,6 |
| 16 июля | 13 | 15 | 22 | - | 137 | 6,2 | 1 | 2,3 |
| 17 июля | 14 | 16 | 21 | 1 | 125 | 6,0 | 1 | 2,3 |
| 18 июля | 15 | 17 | 21 | - | 95 | 4,5 | 1 | 2,3 |
| 19 июля | 16 | 18 | 21 | - | 87 | 4,0 | 1 | 2,3 |
| 20 июля | 17 | 19 | 21 | - | 78 | 3,7 | 1 | 2,3 |
| 21 июля | 18 | 20 | 20 | 1 | 52 | 2,6 | 1 | 1,8 |
| 22 июля | 19 | 21 | 20 | - | 48 | 2,4 | 1 | 1,8 |
| 23 июля | 20 | 22 | 19 | 1 | 37 | 2,0 | 1 | 1,8 |
| 24 июля | 21 | 23 | 18 | 1 | 49 | 2,7 | 1 | 1,8 |
| 25 июля | 22 | 24 | 17 | 1 | 94 | 5,5 | - | - |
| 26 июля | 23 | 25 | 17 | - | 56 | 3,2 | - | - |
| 27 июля | 24 | 26 | 16 | 1 | 32 | 2,1 | - | - |
| 28 июля | 25 | 27 | 15 | 1 | 10 | 0,7 | - | - |
| 29 июля | 26 | 28 | 14 | 1 | 9 | 0,6 | - | - |
| 30 июля | - | 29 | 13 | 1 | - | - | - | - |
| 31 июля | - | 30 | 12 | 1 | - | - | - | - |
| 01 августа | - | 31 | 11 | 1 | - | - | - | - |
| 02 августа | - | 32 | 9 | 2 | - | - | - | - |
| 03 августа | - | 33 | 7 | 2 | - | - | - | - |
| 04 августа | - | 34 | 3 | 4 | - | - | - | - |
| 05 августа | - | 35 | 3 | - | - | - | - | - |
| 06 августа | - | 36 | 2 | 1 | - | - | - | - |
| 07 августа | - | 37 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| 08 августа | - | 38 | 0 | 1 | - | - | - | - |

Таблица 2

Репродуктивная таблица восточной плодовой

| Возраст самок, x | День откладки яиц | Кол-во живых самок в интервале x, l_x | Кол-во самок в потомстве на 1 самку, m_x | $l_x m_x$ |
|------------------|-------------------|---|--|-----------|
| 3 | 1 | 1,00 | 2,0 | 2,0 |
| 4 | 2 | 1,00 | 2,5 | 2,5 |
| 5 | 3 | 1,00 | 2,5 | 2,5 |
| 6 | 4 | 1,00 | 3,0 | 3,0 |
| 7 | 5 | 1,00 | 8,4 | 8,4 |
| 8 | 6 | 1,00 | 7,8 | 7,8 |
| 9 | 7 | 0,96 | 7,5 | 7,2 |
| 10 | 8 | 0,96 | 6,2 | 6,0 |
| 11 | 9 | 0,96 | 5,6 | 5,4 |
| 12 | 10 | 0,96 | 4,5 | 4,3 |
| 13 | 11 | 0,96 | 3,8 | 3,6 |
| 14 | 12 | 0,96 | 3,2 | 3,1 |
| 15 | 13 | 0,96 | 3,1 | 3,0 |
| 16 | 14 | 0,90 | 3,0 | 2,7 |
| 17 | 15 | 0,90 | 2,2 | 2,0 |
| 18 | 16 | 0,90 | 2,0 | 1,8 |
| 19 | 17 | 0,90 | 1,8 | 1,6 |
| 20 | 18 | 0,87 | 1,3 | 1,1 |
| 21 | 19 | 0,87 | 1,2 | 1,04 |
| 22 | 20 | 0,80 | 1,0 | 0,8 |
| 23 | 21 | 0,79 | 1,4 | 1,1 |
| 24 | 22 | 0,70 | 2,8 | 2,0 |
| 25 | 23 | 0,70 | 1,6 | 1,1 |
| 26 | 24 | 0,70 | - | - |
| 27 | 25 | 0,65 | - | - |
| 28 | 26 | 0,60 | - | - |
| 29 | 27 | 0,57 | - | - |
| 30 | 28 | 0,52 | - | - |
| 31 | 29 | 0,50 | - | - |
| 32 | 30 | 0,40 | - | - |
| 33 | 31 | 0,30 | - | - |
| 34 | 32 | 0,10 | - | - |
| 35 | - | 0,04 | - | - |
| 36 | - | - | - | - |

$R_0=74,04$

В 1996 году отделом защиты растений НБС-ННЦ по просьбе итальянской стороны были переданы более 300 куколок восточной плодовой 124-125 поколения из собственной лабораторной популяции для создания маточной популяции фирме BioIntegrated Technology s.r.l. (Una Societa del Parco Tecnologico Agro-Alimentare dell'Umbria, Frazione Pantalla, 06050 TODI (PG), Italy), специализирующейся на создании микробиологических биопестицидов. В настоящее время крымская популяция в новых условиях содержания сохраняет высокую жизнеспособность и плодовитость самок, и превосходную конкурентоспособность самцов в сравнении с другими линиями из разных мест происхождения, в том числе – из Северной Америки (Galina Flek, личное сообщение, 2006). Этот факт подтверждает высокое физиологическое качество разработанной НБС-ННЦ искусственной питательной среды и удачно подобранных условий оптимального содержания двух указанных популяций плодовой, обеспечивающих получение биологически полноценного материала зоокультуры.

Таблица 3

Исходные данные биологических параметров яблонной плодоярки

| Дата наблюдений | День откладки яиц | Возраст самок, в днях | Сумма живых самок | Количество самок, погибших от физиологических причин | Сумма отложенных яиц | Плодовитость одной самки, штук | Соотношение полов в потомстве | |
|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|----|
| | | | | | | | ♀ | ♂♂ |
| 29июля | 1 | 7 | 29 | - | 87 | 3,0 | 1 | 1 |
| 30июля | 2 | 8 | 28 | 1 | 203 | 7,0 | 2 | 1 |
| 31июля | 3 | 9 | 26 | 2 | 290 | 10,0 | 1,5 | 1 |
| 01 августа | 4 | 10 | 24 | 2 | 319 | 11,0 | 1 | 3 |
| 02 августа | 5 | 11 | 22 | 2 | 406 | 14,0 | 1 | 2 |
| 03 августа | 6 | 12 | 18 | 4 | 493 | 17,0 | 1 | 1 |
| 04 августа | 7 | 13 | 14 | 4 | 290 | 10,0 | 1 | 1 |
| 05 августа | 8 | 14 | 14 | - | 70 | 2,4 | - | - |
| 06 августа | 9 | 15 | 11 | 3 | 58 | 2,0 | - | - |
| 07 августа | 10 | 16 | 6 | 5 | 43 | 1,5 | - | - |
| 08 августа | 11 | 17 | 5 | 1 | 29 | 1,0 | - | - |
| 09 августа | - | 18 | 3 | - | - | - | - | - |
| 10 августа | - | 19 | 3 | - | - | - | - | - |
| 11 августа | - | 20 | 3 | - | - | - | - | - |
| 12 августа | - | 21 | 3 | - | - | - | - | - |
| 13 августа | - | 22 | 3 | - | - | - | - | - |
| 14 августа | - | 23 | 3 | - | - | - | - | - |
| 15 августа | - | 24 | 2 | 1 | - | - | - | - |
| 16 августа | - | 25 | 2 | - | - | - | - | - |
| 17 августа | - | 26 | 2 | - | - | - | - | - |
| 18 августа | - | 27 | - | 2 | - | - | - | - |

Таблица 4

Репродуктивная таблица яблонной плодоярки

| Возраст самок, x | День откладки яиц | Кол-во живых самок в интервале x, l_x | Кол-во самок в потомстве на 1 самку, m_x | $l_x \cdot m_x$ |
|------------------|-------------------|---|--|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | 1 | 1,00 | 1,50 | 1,50 |
| 8 | 2 | 0,96 | 3,50 | 3,36 |
| 9 | 3 | 0,90 | 5,00 | 4,50 |
| 10 | 4 | 0,83 | 5,50 | 4,56 |
| 11 | 5 | 0,76 | 7,00 | 5,32 |
| 12 | 6 | 0,62 | 8,50 | 5,27 |
| 13 | 7 | 0,50 | 5,00 | 2,50 |
| 14 | 8 | 0,50 | 1,20 | 0,60 |
| 15 | 9 | 0,40 | 1,00 | 0,40 |
| 16 | 10 | 0,20 | 0,75 | 0,15 |
| 17 | 11 | 0,18 | 0,50 | 0,09 |
| 18 | - | 0,10 | - | - |
| 19 | - | 0,10 | - | - |
| 20 | - | 0,10 | - | - |
| 21 | - | 0,10 | - | - |
| 22 | - | 0,10 | - | - |
| 23 | - | 0,10 | - | - |
| 24 | - | 0,07 | - | - |
| 25 | - | 0,07 | - | - |
| 26 | - | 0,07 | - | - |

 $R_0=28,25$

Выводы

Параметры внутренней скорости роста популяции (именуемой также биотическим потенциалом размножения или коэффициентом Мальтуса) r_{\max} , чистой основной скорости роста популяции (именуемой также коэффициентом приспособленности Райта) R_0 и среднее время генерации T для плодоярок крымских популяций составляет для восточной $r_{\max}=18,5$; $R_0=77,4$ и $T=11,3$; для яблонной $r_{\max}=7,4$; $R_0=28,25$ и $T=10,4$.

Список литературы

1. Петрушова Н.И., Булыгинская М. А., Соколова Д.В., Богданова Т.П., Доманский В.Н., Диндойн В.М. Методические рекомендации по разработке генетических мер борьбы с яблонной плодояркой (*Laspeyresia pomonella* L.). – Ялта: ГНБС, 1988. – 26 с.
2. Попов С.Я. Методические указания по составлению таблиц выживания насекомых и клещей. – М.: МСХА им. К.А. Тимирязева, 1986. – 14 с.
3. Соколова Д.В., Трикоз Н.Н.. Методические рекомендации по борьбе с восточной плодояркой. – Ялта: ГНБС, 1988. – 26 с.
4. Старчевский И.П., Митрофанов В.И., Бельченко В.М., Соколова Д.В., Киптилая Т.Я., Гаврилова Л.А., Предеина В.В. Методические рекомендации по биотехнологии лабораторного разведения насекомых – вредителей сада. – Одесса: Инж.-техн. ин-т “Биотехника”, 2005. – 46 с.

The parameters control of fitness by two zooculture lines of *Lepidoptera* in biotechnology of duration breeding

Sokolova D.V., Mitrofanov V.I., Kiptilaya T.Ya.

The parameters intrinsic rate of natural increase (r_{\max}), net reproductive rate (R_0) and mean generation time (T) for two Crimean populations of *Grapholitha molesta* Busck. ($r_{\max}=18,5$; $R_0=77,4$ and $T=11,3$) and *Cydia pomonella* L. ($r_{\max}=7,4$; $R_0=28,25$ и $T=10,4$) are resulted.