

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 плодoжорка (в этот период у природной популяции плодoжорки 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 плодовой 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 плодовой (*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 плодовой. – 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.