

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ НАСЕКОМЫХ В ЭКОСИСТЕМАХ

А.З. Злотин¹, Т.Ю. Маркина¹, Н.В. Исиченко²

¹Харьковский национальный педагогический университет имени Г.С. Сковороды

²ННЦ «Институт экспериментальной и клинической ветеринарной медицины»

На основе правила зависимости интенсивности таксисов насекомых от уровня их жизнеспособности предложен способ определения соотношения в популяции групп особей с разной жизнеспособностью. В основе данного способа лежит проведение последовательного отбора гусениц по интенсивности трофотаксиса сразу после выхода из яиц основной части популяции. Опыты проведены на двух видах фитофагов с условно разной жизненной стратегией: k–стратегия (тутовый шелкопряд) и r–стратегия (непарный шелкопряд). Исследования показали наличие в популяции групп особей с высокой, средней и низкой жизнеспособностью. Наблюдения за динамикой в соотношении этих групп во времени (в последовательных поколениях) дает представление о тенденциях в изменении динамики численности популяций. Полученные данные могут быть использованы для прогноза динамики численности вредных насекомых в защите растений, при разведении полезных насекомых, а также для охраны природных популяций редких и исчезающих видов насекомых.

Ключевые слова: мониторинг, жизнеспособность, численность, прогноз, трофотаксис, тутовый шелкопряд, непарный шелкопряд.

Нові підходи до моніторингу стану популяцій комах у екосистемах

Злотин О.З., Маркіна Т.Ю., Ісиченко Н.В.

На підставі правила залежності інтенсивності таксисів комах від рівня їх життєздатності запропоновано спосіб визначення співвідношення в популяції груп особин з різною життєздатністю. В основі даного методу лежить проведення послідовного відбору гусениць за інтенсивністю трофотаксиса відразу після виходу з яєць основної частини популяції. Досліди проведені на двох видах фітофагів з умовно різної життєвої стратегією: k–стратегія (шовковичний шовкопряд) і r–стратегія (непарний шовкопряд). Дослідження показали наявність в популяції груп особин з високою, середньою і низькою життєздатністю. Спостереження за динамікою у співвідношенні цих груп за часом (в послідовних поколіннях) дає уявлення про тенденції в зміні динаміки чисельності популяцій. Отримані дані можуть бути використані для прогнозу динаміки чисельності шкідливих комах у захисті рослин, при розведенні корисних комах, а також для охорони природних популяцій рідкісних і зникаючих видів комах.

Ключові слова: моніторинг, життєздатність, чисельність, прогноз, трофотаксис, шовковичний шовкопряд, непарний шовкопряд.

New approaches to monitoring of condition for insect populations in ecosystems

Zlotin A.Z., Markina T.Yu., Isichenko N.V.

On the base of the rule of dependence of intensity of insects' taxes on the level of their vitality, the method was suggested for determination the ratio of groups of individuals with different vitality. Successive selection of caterpillars by intensity of trophotaxis immediately after hatching of the main part of population is in the base of this method. Experiments were carried out with two phytophagous species with conditionally different life strategy: k-strategy (*Bombyx mori* L.) and r-strategy (*Lymantria dispar* L.). Investigations show the

presence of groups of individuals with high, medium and low vitality in population. Study of dynamics of ratio of these groups in successive generations provides insight into tendencies of population dynamics. Obtained data can be used for prediction of population dynamics of pests in plant protection, for valuable insects' rearing as well as for conservation of natural populations of rare and endangered insect species.

Key words: monitoring, vitality, abundance, prediction, trophotaxis, silkworm *Bombyx mori*, gypsy moth *Lymantria dispar*.

Введение. Одним из направлений современного биомониторинга природных популяций разных видов насекомых является поиск новых подходов и определенных биомаркеров состояния экосистемы и отдельных популяций входящих в её состав (Царик, 2008; Marsh, 2007). Жизнеспособность популяций, как интегральный показатель их состояния по нашему мнению может являться надежным биомаркером, дающим представление о дальнейшей судьбе популяции и вида в целом. Под жизнеспособностью мы понимаем генетически обусловленную способность популяции выживать и давать потомство. Кроме того, жизнеспособность как количественный показатель уровня выживаемости популяции представляется рефлекторно психологическими нормами ответных реакций организма на изменения в окружающей среде.

Мониторинг популяций насекомых по изменению уровня жизнеспособности её членов в равной степени важен для составления вероятностных прогнозов динамики численности насекомых — вредителей народного хозяйства, охраны редких и исчезающих видов, а также для успешного выполнения задач технической энтомологии (Приставка, 1986; Поляков, 1976; Злотин, 1981, 1989; Белецкий, 2011; Мешкова, 2009; Чернышев, 2012; Smith, Allen, 1954).

До наших исследований не существовало объективных способов мониторинга жизнеспособности природных популяций насекомых. Для контроля за фактической жизнеспособностью популяций были предложены «таблицы выживания» (Чернышев, 1996). Однако «таблицы выживания» не дают возможности определить истинное состояние жизнеспособности популяции, так как предполагают наблюдения за жизнеспособностью отдельных фаз развития насекомых на

ограниченной территории (пробный участок, деревья и т.д.) и тем самым не могут отражать состояния всей популяции. Кроме того, этот способ отличается значительной трудоемкостью и не гарантирует от случайных влияний, искажающих фактическую картину.

Нами (Маркина, Злотин, 2009) был разработан способ определения жизнеспособности насекомых по оценке интенсивности их таксисов. Он дает возможность дифференцировать популяции по общему уровню жизнеспособности, но не позволяет выявить таковой показатель у ее членов (соотношение особей с высокой, средней и низкой жизнеспособностью) и колебания этих соотношений во времени.

Целью наших исследований была разработка способа мониторинга жизнеспособности популяции на основании изучения динамики соотношения внутрипопуляционных групп имеющих разный уровень жизнеспособности.

Методика исследований. При выборе тест-объектов для исследований, учитывали тот факт, что существующие виды насекомых по особенностям жизненной стратегии принято делить на две группы (Дедю, 1990). К первой группе к-стратегов (организмы, поддерживающие свою численность на «равновесном» уровне) с определенной долей условности, относится тутовый шелкопряд (*Bombyx mori* L.), полностью одомашненный вид, стабильная численность которого поддерживается благодаря методам охранительной селекции. Представителем второй группы г-стратегов (популяции стремятся к максимально возможной скорости роста численности), является непарный шелкопряд (*Lymantria dispar* L.), численность популяций которого постоянно колеблется от верхних до нижних границ. Такой выбор, по нашему мнению, даст возможность лучше понять механизмы изменения жизнеспособности

популяцій во времени у видів с різної життєвої стратегії. В свою чергу саме зміна рівня життєспроможності популяцій може дати представлення о коливаннях їх численності в майбутньому (Злотин, Головка, 1998).

Первичний матеріал зразків яєць отримували в природі або в лабораторії методом випадкових проб. Отримавши середню пробу, що відображає всю популяцію, визначали в ній співвідношення груп особин с різним рівнем життєспроможності. Поставлена мета досягалася шляхом послідовного відбору комах по інтенсивності трофотаксису на кормовий подразник. В результаті відбору були сформовані групи с високим (первичний відбір), середнім (вторинний відбір) і відповідно низьким рівнем життєспроможності. Наблюдення за динамікою в співвідношенні цих груп во времени (в послідовних поколіннях) дає представлення о тенденціях в зміні динаміки численності популяцій.

В експериментах були використані районізовані і старі (колекційні) породи тутового шовкопряда: Б-2 покращена, Мерефа-6 (районізовані); Українська-9 і В-2 (колекційні).

Яйцекладки непарного шовкопряда були взяті з осередків двох фаз градації численності: латентної фази (низька численність популяції) і фази першого року зростання численності (третья фаза, висока численність). При роботі с тутовим шовкопрядом на інкубацію відбирали навески яєць кожної породи по 4 г, по три повторності. Інкубували грену при температурі $+25^{\circ}\text{C}$, вологості повітря $- 80\%$, с затемненням. Затемнення (накладування папи на інкубувані яйця) проводили за доби, що дозволяє отримати вихід $85-90\%$ гусениць в перший день виходу з яєць.

Інтенсивність трофотаксису гусениць тутового шовкопряда визначали згідно прийнятої методики по кількості гусениць, що реагували за 30 хв на запах листу шовковиці (Остапенко, Злотин, 2000). Проводили два послідовних відбору гусениць с високою (1-й відбір) і середньою (2-й відбір) життєспроможністю.

Залишені, не реагувані на кормовий подразник гусениці були низько життєспроможними. В майбутньому з сформованих трьох груп набирали на вирощування по 50 мг гусениць-мураш.

При роботі с непарним шовкопрядом учитували той факт, що яйця оживають менше дружно, тому інкубували шість повторностей яєць, по 4 г в кожному варіанті: три для відбору гусениць по інтенсивності трофотаксису, три – для відбору гусениць на вирощування. На вирощування набирали 3 повторності по 100 гусениць в кожній.

В ході експерименту учитували: інтенсивність трофотаксису гусениць, %; життєспроможність гусениць, % (співвідношення виживших к взятим на вирощування); співвідношення особин в групах с різною життєспроможністю (високою, середньою і низькою).

Додатково, по двом тест-об'єктам брали середні проби (3 повторності по кожному варіанту) без відбору по інтенсивності трофотаксису для визначення фактичної життєспроможності популяцій (контроль). Експерименти проводили в теченні двох років (2011-2012 рр.). Результати досліджень оброблені статистично (Лакин, 1990).

Результати досліджень. Результати впливу послідовного відбору по інтенсивності трофотаксису на співвідношення кількості особин в популяції і їх фактичну життєспроможність у тутового шовкопряда (табл. 1) показали, що від треті до половини особин с найбільш високою інтенсивністю трофотаксису (перший відбір) мають достовірно більш високу життєспроможність, ніж гусениці всіх наступних відборів і варіанта контролю. Більш того, для всіх порід, різниці по життєспроможності гусениць другого відбору і контролю не достовірно, а решта, гусениці не реагуючі на подразник, по життєспроможності достовірно поступали контролю.

Зазначено, що при збільшенні життєспроможності популяції зростає частка особин с високою і суттєво зменшується такава с низькою життєспроможністю.

Интенсивность трофотаксиса и фактическая жизнеспособность гусениц тутового шелкопряда (среднее за 2011–2012 гг.)

Intensity of trophotaxis and factual viability of silkworm caterpillars (2011-2012 years average)

Порода	Последовательность отбора	Интенсивность трофотаксиса гусениц, за 30 мин, %	Жизнеспособность гусениц, %	Примечание
Б-2 улучшенная	Контроль	–	76,2±1,2	При первом отборе продолжительность экспозиции – 30 мин. При втором отборе, экспозиция – 60 мин. Остаток – особи, не реагирующие на раздражитель в течении 60 и более минут.
	Первый	28,3±1,2	81,5±0,5*	
	Второй	36,0±0,9	74,1±1,0	
	Остаток	35,7±0,7	71,0±0,9	
Мерефа-6	Контроль	–	81,3±1,1	
	Первый	31,4±1,2	87,5±0,7*	
	Второй	31,9±1,0	82,9±1,0	
	Остаток	33,7±1,3	73,9±1,3	
Украинская -9	Контроль	–	84,0±1,3	
	Первый	51,6±1,2	94,4±1,1*	
	Второй	33,3±1,3	86,9±1,3	
	Остаток	15,1±1,0	72,1±1,5	
В-2	Контроль	–	76,8±1,3	
	Первый	27,5±1,0	86,9±1,1*	
	Второй	36,9±1,1	77,1±1,2	
	Остаток	34,5±0,8	67,2±1,0	

* – $p < 0,001$

Анализ соотношения групп с разной жизнеспособностью, делает возможным осуществление оценки состояния жизнеспособности популяции во времени, и прогнозирование тенденций в изменении ее численности.

У всех пород, использованных в эксперименте, доля особей со средней жизнеспособностью составляет около трети (36,0–31,9%). Это стабильная часть популяции, которая характеризуется близкой к генетически детерминированной для породы жизнеспособностью, достоверно не отличающаяся от контрольной по породам. Последнее позволяет предположить, что у насекомых к-стратегов стабильная жизнеспособность и численность поддерживается благодаря особям со средней жизнеспособностью.

Существенно другой была картина динамики разных групп в опытах с непарным шелкопрядом (г-стратегии), где был взят биоматериал из разных фаз градации численности очага вредителя (латентная фаза и 3-я фазы «первый год роста численности»).

Результаты влияния последовательного отбора гусениц непарного шелкопряда по интенсивности трофотаксиса (реакция на запах листьев дуба черешчатого) на соотношение особей популяции с разной жизнеспособностью представлены в таблице 2. Полученные данные свидетельствуют, что в популяции из латентной фазы более 11% гусениц характеризовались высоким уровнем жизнеспособности. В целом, хотя этот показатель и оказался относительно низким (30,2±1,4%), но был достоверно выше всех таковых у остальных групп. При втором отборе более трети гусениц (38,6±1,7%) характеризовались средней жизнеспособностью (20,9±1,1%), что достоверно не отличалось от контрольной популяции (19,0±1,3). В то же время, в остатке почти половина гусениц (49,8±1,3%) имела низкую жизнеспособность (8,21±0,9%).

Иная картина отмечена в популяции 1-го года роста численности (3-я фаза). Почти две трети особей (63,8±1,7) из группы первого отбора характеризовались высокой жизнеспособностью (71,5±1,8) с высоким уровнем достоверности. Во вто-

Таблиця 2

Интенсивность трофотаксиса и фактическая жизнеспособность гусениц тутового шелкопряда (среднее за 2011–2012 гг.)
Intensity of trophotaxis and factual viability of gipsy-moth caterpillars (2011-2012 years average)

Происхождение биоматериала	Последовательность отбора	Интенсивность трофотаксиса гусениц, за 30 мин, %	Жизнеспособность гусениц, %	Примечание
Биоматериал с латентной фазы очага	Контроль	–	19,0±1,3	При первом отборе продолжительность экспозиции – 30 мин. При втором отборе, экспозиция – 60 мин. Остаток – особи, не реагировавшие на раздражитель в течении 60 и более минут.
	Первый	11,6±1,9	30,2±1,4**	
	Второй	38,6±1,7	20,9±1,1	
	Остаток	49,8±1,3	8,2±0,9	
Биоматериал с 3-й фазы очага, первый год роста численности	Контроль	–	40,8±1,9	
	Первый	63,8±1,7*	71,5±1,8**	
	Второй	0,9±0,2	31,8±1,0	
	Остаток	36,3±1,5	9,0±1,0	

* – достоверное увеличение доли гусениц с высокой жизнеспособностью в 3-й фазе ($p < 0,001$)

** – достоверно более высокая жизнеспособность гусениц в первом отборе ($p < 0,001$)

ром отборе практически исчезла группа со средней жизнеспособностью (ее общая доля составила около 1% с уровнем жизнеспособности – 31,8±1%). Вместе с тем, жизнеспособность гусениц в контроле оказалась очень высокой – 40,8±1,9%. Более трети особей гусениц непарного шелкопряда в остатке (36,8±1,5%) имели весьма низкую жизнеспособность (9,0±1%). Следует предположить, что практическое исчезновение самой стабильной части популяции (особей со средней жизнеспособностью) и резкое увеличение количества высокожизнеспособных гусениц является основной причиной значительного роста численности популяции г-стратегов.

Выводы. В результате проведенного эксперимента по определению жизнеспособности двух видов фитофагов с разной жизненной стратегией (к- и г-стратегии) на основе учета интенсивности трофотаксиса, установлены некоторые закономерности в характере соотношения разных по жизнеспособности групп насекомых. На примере популяций тутового и непарного шелкопрядов удалось выделить высоко-, средне- и низкожизнеспособные группы особей. Соотношение этих групп особей в популяции является критерием ее состояния и позволяет проследить во времени динамику численности насекомых.

Литература

- Белецкий Е.Н. Массовые размножения насекомых. История, теория, прогнозирование / Е.Н. Белецкий – Харьков : Майдан, 2011. – 172 с.
- Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. / И.И. Дедю. – Кишинев: Главная редакция Молдавской советской энциклопедии – 1989. – 408 с.
- Злотин А.З. Теоретическое обоснование массового разведения насекомых / А.З. Злотин // Энтомолог. обозр. – 1981. – Т.60, вип 3. – С. 454–510.
- Злотин А.З. Техническая энтомология / А.З. Злотин – К.: Наук. думка. – 1989. – 183 с.
- Злотин О.З. Правило залежності інтенсивності прояву таксисів від рівня життєздатності популяцій на прикладі комах / О.З. Злотин, Т.Ю. Маркіна // Доповіді НАН України, 2009. – № 1. – С. 137–139.

- Злотин А.З. Лабораторная оценка жизнеспособности непарного шелкопряда / Злоти А.З. Тремль А.Г. // Лесное хозяйство. –1965. – №7. – С.57.
- Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. / Г.Ф. Лакин – М.: Высшая школа, 1990.– 352 с.
- Мешкова В. Л. Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых. – Харьков: Планета-принт, 2009. – 382 с.
- Остапенко Л.Н. Новый способ отбора высокожизнеспособных гусениц тутового шелкопряда по реакции хемотаксиса / Л.Н. Остапенко, А.З. Злотин // Изв. Харьк. энтомол. об-ва. – 2000. – Т. 8, вып. 1. – С. 173–175.
- Патент України № 39129. Спосіб визначення життєздатності комах / Т.Ю. Маркіна, О.З. Злотін; заявник і патентовласник ХНПУ імені Г.С. Сковороди. – № u 2008 09514; заявл. 21.07.2008; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 3.
- Поляков И.Я. Методы управления агроэкосистемами в защите растений и принципы их разработки / И.Я. Полянов – М.: ВНИИТЭИСХ, 1976 – 64 с.
- Приставко В.П. Чувствительность обоняния как критерий жизнеспособности культур насекомых /В.П. Приставко // Первое Всес. совещ. по проблемам зоокультуры. Тез.докл. Часть3. – М., 1986. – С. 240-241.
- Сулей М. Жизнеспособность популяции. Природоохранные аспекты / М. Сулей. – М.: Мир, 1989.– 224 с.
- Чернышев В.Б. Сельскохозяйственная энтомология (экологические основы) / В.Б. Чернышев – М.: Триумф, 2012. – 232 с.
- Чернышев В.Б. Экология насекомых / Чернышев В.Б. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 197 с.
- David M. Marsh Current Trends in Plant and Animal Population Monitoring / David M. Marsh, Peter C. Trenham // Conservation Biology. – 2008. – Vol. 22, No. 3. – P.647–655.
- Smith R.F. Insect control and the balance of nature / R.F. Smith, W.W. Allen // Sci. Amer. – 1954. – Vol. 190. – N 6. – P.38-92.