

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию *Устиновой Елены Николаевны*
на тему «*Питание аборигенных насекомых-фитофагов на инвазионных растениях*»,
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.14. Энтомология

Тема диссертационного исследования, несомненно, актуальна: нарастающие процессы глобализации ускорили процесс случайного расселения видов на новые территории, не говоря о намеренном переносе, связанном с хозяйственной и культурной деятельностью человека. Быстро идущее потепление климата также способствует сдвигам ареалов. Все эти сравнительно недавно развернувшиеся процессы создают новые экологические и, в перспективе, эволюционные обстановки. Диссертация посвящена исследованию этих процессов на примере трофических отношений аборигенных насекомых-фитофагов и инвазионных растений.

Научная новизна работы связана в первую очередь с комплексным подходом, охватывающем в одном исследовании беспрецедентно широкий набор экспериментальных, лабораторных и аналитических методов из различных наук: от энтомологии, экологии, теории эволюции до молекулярной биологии и математики. Хотя диссертация заявлена по специальности 1.5.14 «Энтомология», она с не меньшим основанием могла бы защищаться по специальности «Экология».

Широкий диапазон подходов, используемый в работе, приводит к несколько расплывчатой, хотя и удобной, формулировке цели: «изучить особенности перехода аборигенных насекомых-фитофагов на питание инвазионными растениями». Особенности могут быть различными: экономическими, эстетическими и прочими, а биологические – физиологическими, экологическими, иммунологическими, этологическими и т. д.

В данной работе идет речь о генетических, физиологических и экологических особенностях. Их перечисление конкретизировало бы цель.

Глава 1. Обзор литературы по теме исследования выполнен квалифицировано, с привлечением большого числа (430) соответствующих источников, хорошо проанализирован несмотря на нередко противоречивые результаты разных авторов. Одна часть обзора рассматривает ситуацию инвазии растений со стороны растений, другая – со стороны их потенциальных потребителей – насекомых-фитофагов. При всей обстоятельности этого текста ему недостает пояснения базовых, но нередко по-разному трактуемых специалистами понятий: степень инвазионности, приспособленность, а также различий между адвентивными, чужеродными и инвазионными видами.

Глава 2 знакомит с модельными системами и самим подходом к работе. Модельные системы включают насекомых в той или иной степени олигофагов, а также их кормовые растения: аборигенные и близкие к ним инвазионные виды – потенциальные пищевые объекты. Отметим очень информативный рисунок 1. Это остроумная схема, в которой предельно компактно представлены модельные системы и примененные для их изучения методы. Именно эта глава хорошо подошла бы для объяснения места и роли различных методов для достижения цели работы, чтобы не пришлось догадываться о том, например, зачем понадобился метод стабильных изотопов или определение зараженности *Wolbachia*? Была бы уместна формулировка различных рабочих гипотез.

Глава 3. Материалы и методы. Наиболее сильная сторона работы – это сочетание в исследовании разнообразных методов из различных наук: энтомологии, экологии, генетики, биохимии, молекулярной биологии, физиологии, ботаники (изучение мин в гербариях за 200 и более лет), а также междисциплинарных методов (стабильных изотопов, использование обученной нейронной сети, математического моделирования). Эти методы достаточно подробно описаны на двадцати страницах текста.

Глава 4. Минер *Phytoliriomyza melampyga* на аборигенной и инвазионных видах недотрог. Параграф 4.1 представляет «внутривидовую генетическую структуру в популяции минера (заметим, что слово «внутривидовая» тут лишнее, поскольку речь идет о популяциях одного вида). Специфичных гаплотипов мухи на различных видах недотрог обнаружено не было, что ожидаемо в связи с недавней историей инвазий потенциальных кормовых растений. Интересно, есть ли такая специализация в старых частях ареала по данным базы NCBI? Была проведена тщательная оценка степени поражения листьев разных видов недотрог. Показано, что «у *I. noli-tangere* масса одного квадратного сантиметра листа (LMA) была минимальной среди всех трех видов (табл. 2), что означает, что масса съеденного минерами листа для этого вида была совсем небольшой». Однако, неочевидно, что толстый лист едят больше, пропорционально его толщине. Тем более, на с.77 замечено, что «влияние удельной массы листьев на размер мин может быть неоднозначным...». Пункт 4.3. назван «Возможные причины отрицательной корреляции между процентом повреждённых растений и площадью мин». Но поскольку корреляционного анализа не проводили, лучше не употреблять термин «корреляции». Интересны результаты фракционирования изотопов фитофагом, оно было низким по азоту: судя по рис.7 около 1,3 ‰. Автор пишет, что это значение «находилось в нормальном диапазоне вариаций», однако это много ниже принятых в литературе средних значений фракционирования (2,5–3‰) на один трофический уровень.

Глава 5. Обученная автором нейронная сеть для оценки площади повреждений листьев существенно облегчила изучение ущерба, наносимого растениям насекомыми-филлофагами. Метод, несомненно, найдет широкое применение для решения подобных экологических задач, в том числе прикладного характера.

Глава 6. Питание *Gastrophysa viridula*. Интересно, что пищевые предпочтения личинок оказались противоположными предпочтениям имаго. Это обстоятельство справедливо рассматривается автором как потенциальная

локальная «эволюционная ловушка» для вида, когда яйца откладывают на неблагоприятный для личинок вид растений. Замечу, что непривычные сокращения родовых названий растений до трех (а не одной) букв *Rey.* и *Rum.* оказались удобными для различения в тексте работы аборигенных *Rumex* и инвазионных *Reynoutria*. Впечатляющая работа была проведена соискателем по анализу транскриптома *Gastrophysa viridula* для оценки физиологических адаптаций. Были выявлены гены с более высокой и низкой экспрессией при питании на разных видах растений. Однако наборы таких генов отличались у жуков даже на одном растении (в первую очередь, на инвазионных видах), что говорит о разнообразии физиологических адаптаций на индивидуальном уровне при переходе на новое кормовое растение. Интересно, что это в общем виде соотносится с представлением о росте изменчивости при токсическом загрязнении, многократно обсужденном на морфологических и репродуктивных признаках видов в работах специалистов из ИЭРиЖ (В.С. Безеля и других). Дифференциально экспрессирующиеся гены были отнесены к трем функциональным подклассам биологических процессов. Пока сложно интерпретировать эти результаты в контексте специализации к кормовым растениям, однако важно накапливать подобные результаты. Единственный вопрос к этой главе: почему было выбрано такое короткое время экспозиции листьев в опытах – одни сутки? Возможно, более длительная экспозиция (2-3 суток) дала бы более четкий результат.

Глава 7. Питание *Altica oleracea*. В начале главы приведены сведения о существенной зараженности этого вида бактерией *Wolbachia*, вызывающей партеногенез. Однако у *A. oleracea* не обнаружена способность к партеногенезу, то есть зараженные самки, по-видимому, не оставляют потомства. Присутствие *Wolbachia* в данном случае должно приводить к сокращению популяции. Опыты показали вариабельность в предпочтении жуками разных растений, что можно рассматривать как преадаптацию к расширению набора кормовых видов.

Глава 8. Питание *Bromius obscurus*. Этот листоед отличается от остальных изученных видов тем, что состоит из триплоидных самок, личинки развиваются в почве, кроме того, для него известны 2 симбиотических бактерии. Интересно, что несмотря на все эти особенности *B. obscurus* не выделялся какой-либо заметной спецификой взаимодействия с инвазионными видами растений по сравнению с другими видами листоедов.

Глава 9 представляет модель распространения полезной мутации в популяции фитофага. Не обсуждая математическую сторону этой модели, отметим интересные результаты ее анализа при заданных параметрах. Это длительное время, сотни поколений, необходимое для фиксации в популяции мутантного аллеля; существенное ускорение процесса при наличии ассортативности, исходное наличие мутантного аллеля, условия перехода насекомых на питание инвазионными видами растений и т. д. Разработанная модель – перспективный инструмент прогнозирования результатов взаимодействия аборигенных насекомых-фитофагов с инвазионными растениями.

Глава 10 посвящена анализу гипотезы освобождения от врагов на примере Среднерусской флоры. Оказалось, что аборигенные чужеродные и инвазионные виды растений не различались по числу естественных вредителей, таким образом, данная гипотеза не подтвердилась.

Отдельную ценность представляют Приложения 1 и 3. В первом из них приведены этикетки и ссылки на 35 гербарных листов из многих сотен просмотренных листов различных видов недотрог с листовыми минами из Цифрового гербария МГУ, охватывающих период с 1885 г. и по настоящее время. Эти данные важны для изучения истории инвазий. В Приложении 3 приведены дифференциально экспрессируемые гены у различных видов насекомых, потребляющих щавели и рейнутрию и их идентификация по базе данных NCBI. Эти материалы дают представление о биохимической стороне питания и

активности сходных генов у разных видов насекомых при потреблении того или иного вида растений.

Итоги работы подведены в развернутом заключении и шести выводах. Выводы и положения логично вытекают из полученных данных и полностью обоснованы результатами исследования.

Диссертация написана хорошим языком, замечаний по оформлению мало:

Таблица 1. Имеет пустую ячейку (без названия первой колонки). Можно было бы назвать, например, «Наличие/отсутствие адаптаций».

С. 6 «местные фитофаги могут быть не способны находить его и отказываться от питания на новом виде» – вероятно, правильно «отказываются», что меняет смысл предложения.

С. 26 неудачное выражение «ареал питания».

С. 64 «вместимость среды» вместо «емкости среды».

В заключение отметим, что автореферат полностью соответствует тексту диссертации. Результаты исследования апробированы на 7 конференциях и отражены в 4 статьях в журналах: две статьи в *Arthropod Plant Interactions* (Q2), по одной – в Российском журнале биологических инвазий и в Кавказском энтомологическом бюллетене.

В целом, считаю, что диссертация Е. Н. Устиновой – редкое по своей комплексности и широте подходов исследование отношений аборигенных насекомых-фитофагов с инвазионными видами растений. Содержательные результаты получены автором по каждому из направлений работы: оценке ущерба растениям, предпочтению пищевых объектов, репродуктивному успеху насекомых, активации синтеза различных веществ в организме насекомого, прогнозу распространения полезной мутации и другим. Исследование отразило полный неопределенностей ранний этап взаимодействия местных насекомых с инвазионными видами растений. Опыт этого исследования особенно важен для последующих подобных работ.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.14. Энтомология (по биологическим наукам), а также критериям, определенным п.п. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова». Диссертационная работа оформлена согласно требованиям «Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова».

Таким образом, соискатель Устинова Елена Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.14. Энтомология.

Официальный оппонент:

Кузнецова Наталия Александровна
доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры зоологии и экологии, Института биологии и химии
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский педагогический государственный
университет»

119435, Москва, улица Малая Пироговская, дом 1, строение 1

Контактные данные:

Телефон: +7

Электронная почта:

5 мая 2025

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
03.00.16 – «Экология»

