

На правах рукописи

Гандрабур Елена Сергеевна

**ПИЩЕВЫЕ СВЯЗИ И ВРЕДНОСНОСТЬ
ЗЛАКОВЫХ ТЛЕЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Шифр и наименование специальности:
06.01.07 «Защита растений»

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург, Пушкин
2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР)

Научный руководитель: **Фролов Андрей Николаевич**,
доктор биологических наук, профессор,
руководитель лаборатории
сельскохозяйственной энтомологии, ФГБНУ
ВИЗР

Официальные оппоненты: **Радченко Евгений Евгеньевич**,
доктор биологических наук,
главный научный сотрудник, руководитель
отдела генетики ФИЦ "Всероссийский институт
генетических ресурсов растений им. Н.И.
Вавилова" (ВИР)

Семенова Алла Георгиевна,
кандидат биологических наук, доцент
кафедры защиты растений ФГБОУ «Санкт-
Петербургский государственный аграрный
университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Великолукская государственная
сельскохозяйственная академия»

Защита состоится «19» декабря 2019 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 006.015.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ ВИЗР) по адресу: 196608, Санкт-Петербург – Пушкин, ш. Подбельского, д. 3, тел./факс (812) 470-51-10, e-mail: info@vizr.spb.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ ВИЗР и на сайте института vizr.spb.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор биологических наук

Гусева Ольга Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Злаковые тли *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* F. и *Metopolophium dirhodum* Walk. – опасные вредители зерновых культур, культивируемых злаковых трав и декоративных растений, в том числе и на Северо-Западе РФ (Берим, 2014; Jaouannet et al., 2014). В связи с поиском новых путей сдерживания их вредоносности (Долженко, 2017), особую актуальность представляет анализ размножения злаковых тлей на первичных и вторичных хозяевах с различными морфо-физиологическими характеристиками в рамках единой пищевой цепи.

Степень разработанности темы исследования. Хотя особенности биологии злаковых тлей неплохо документированы (Dixon, 1987; van Emden, Harrington, 2007; Бокина, 2008; Радченко, 2011, 2012; Шпанев и др., 2015), многие аспекты их развития и вредной деятельности остаются неясными, в результате чего прогноз их численности недостаточно надежен. Особенно слабо изучены трофические взаимосвязи обитающих на Северо-Западе злаковых тлей, выявление которых имеет важное значение для создания устойчивых сортов и оценки вредоносности.

Цель работы: выявить особенности развития *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758), *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1849), *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) (Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae) на первичных и вторичных хозяевах и на этой основе определить характеристики растений, сдерживающие развитие вредителей.

Задачи

1. Описать особенности пищевых связей *Rh. padi*, *S. avenae* и *M. dirhodum* в онтогенезе первичных и вторичных растений-хозяев, в том числе (1) диагностировать виды растений, служащих первичными хозяевами для *Rh. padi* и *M. dirhodum*, и изучить сопряженность их фенологии с развитием тлей, (2) охарактеризовать онтогенетическую и органогенетическую специфичность тлей при питании на яровой пшенице различных видов, разновидностей и сортов, (3) провести анализ способности *Rh. padi* развиваться на мало- или ранее неизвестных кормовых растениях сем. Осоковых и Ситниковых.

2. Выявить динамику популяционной структуры *Rh. padi*, *S. avenae* и *M. dirhodum* в их жизненных циклах и дать сравнительную оценку клональных параметров летних морф, вредящих пшенице.

3. Определить типы ответных реакций растений пшеницы при повреждении злаковыми тлями по показателям снижения роста, развития и продуктивности растений.

Научная новизна. Детализирован видовой состав первичных растений-хозяев *Rh. padi* и *M. dirhodum* и выявлены факторы, ограничивающие развитие на них тлей. По многолетним данным уточнены сроки миграций *Rh. padi* в агробиоценозы. Дана характеристика погодных условий, сдерживающих рост численности и расселение тлей на зерновых культурах. Обнаружены ранее неизвестные особенности откладки яиц у *M. dirhodum* и *S. avenae* на яровых культурах. Показана важная роль строения колоса в развитии *S. avenae* на пшенице, верхних листьев – *M. dirhodum*, всех надземных органов – *Rh. padi*, в т.ч. плотного и сжатого колоса, толстых и плотных колосковых чешуй, сильной склеренхимизации тканей. Выявлены факторы выносливости пшеницы, связанные с повреждением

тлями: устойчивость к полеганию, компенсация роста и повышение кустистости. Показано, что в круг кормовых растений *Rh. padi* на Северо-Западе РФ входят представители осок и ситников, 10 видов из которых указаны впервые. У *Rh. padi* и *S. avenae* выявлены клоны с различными стратегиями репродукции, что при благоприятных условиях позволит тлям заселять зерновые в более ранние сроки. Зафиксирована ранее неизвестная способность гинопар *Rh. padi* питаться на первичном хозяине.

Теоретическая и практическая значимость работы. Проведенная нами работа вносит серьезный вклад в изучение пищевой специализации комплекса злаковых тлей с различными типами жизненных циклов, а также познание закономерностей клональной структуры их популяций в онтогенезе кормовых растений. Выявленные морфо-физиологические признаки первичных хозяев, сдерживающие развитие *Rh. padi* и *M. dirhodum*, могут быть использованы в селекции черемухи и шиповника. По результатам изучения особенностей развития комплекса видов злаковых тлей создана База данных «Образцы яровой мягкой пшеницы, дифференцированные по благоприятности для развития тлей: черемухово-злаковой *Rhopalosiphum padi* (L.), большой злаковой *Sitobion avenae* F. и розанно-злаковой *Metopolophium dirhodum* Walk.» (№ госрегистрации 2019621646), ранжирующая образцы яровой пшеницы по их влиянию на численность вредителей. Показано, что осои и ситники могут служить источниками вторичного заселения посевов зерновых *Rh. padi*. Систематизация факторов, определяющих крыловой полиморфизм и полифенизм у тлей, а также обобщение результатов многолетних учетов сроков лёта эмигрантов *Rh. padi* представляют существенный интерес для совершенствования их мониторинга.

Методология и методы исследований. Работа направлена на изучение пищевых связей комплекса злаковых тлей (*Rh. padi*, *S. avenae* и *M. dirhodum*) с первичными и вторичными растениями-хозяевами, клонального состава и особенностей развития тлей с целью совершенствования путей защиты растений от этих вредителей. Экологические работы проведены в полевых и вегетационных условиях. В лабораторных исследованиях использовали анатомо-морфологические методы изучения растительной ткани, а также изготавливали препараты тлей в соответствии с общепринятыми методами. Для анализа полученных данных использовали программу "Statistica", программирование на языке R и метод "суммы мест" (Методические указания..., 1980).

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Несмотря на широкие гостальные пищевые связи, *Rh. padi* обнаруживает близкую онтогенетическую и органогенетическую специфичность при обитании на систематически отдаленных первичных и вторичных хозяевах, заселение которых происходит на I-IV, пик численности наблюдается на VIII-IX, а массовая миграция – на X-XI этапах органогенеза.

2. Размножение *Rh. padi* на первичном хозяине ограничивают такие морфо-физиологические особенности черемухи, как позднее начало вегетации, ранний листопад, отсутствие поросли, обилие вегетативных почек, отстающие от побега почки, некрупные листья, а размножение *M. dirhodum* на представителях рода *Rosa* – неопушенные и бесшипные побеги.

3. Развитие злаковых тлей на яровой пшенице сдерживается на образцах, характеризующихся плотным, сжатым колосом, повышенной склеренхимизацией тканей.

Достоверность полученных научных результатов. Подтверждается большим объемом экспериментальных материалов, полученных с использованием современных методов полевых, вегетационных и лабораторных исследований и их статистической обработкой.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований доложены на XVIII International Plant Protection Congress (Berlin, Germany, 2015), Международной конференции «Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы» (Новосибирск, 2016), IV Международной конференции «Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам» (СПб-Пушкин, 2016), Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере» (СПб-Пушкин, 2017), XII сессии Генеральной Ассамблеи МОББ и Международной научной конференции «Биологическая защита растений: успехи, проблемы, перспективы» (СПб, 2017), Международной научной конференции «Экологическая безопасность защиты растений» (Беларусь, Прилуки, 2017), XV Съезде РЭО (Новосибирск, 2017), 10th International Symposium on Aphids (Turkey, Nevşehir, 2017), Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения» (СПб-Пушкин, 2018), 8th European Hemiptera Congress (Katowice, Poland, 2018), Международной научно-практической конференции «Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России» (СПб-Пушкин, 2018).

Публикации. По материалам научно-квалификационной работы опубликовано 25 научных работ, в том числе 4 – в изданиях, включенных в Перечень ВАК РФ и Международную базу Scopus.

Организация исследований и личный вклад соискателя. Диссертационная работа выполнена в лаборатории сельскохозяйственной энтомологии ВИЗР в соответствии с Гос. заданиями АААА-А16-116080510094-03; АААА-А16-116080510093-60. при частичной поддержке проектами РФ №16-16-04079 и РФФИ №18-316-00099. Экспериментальная работа проведена на опытном поле Пушкинских лабораторий ВИР и в лаборатории анатомии и морфологии растений БИН РАН при использовании оборудования отделения трансмиссионной микроскопии ЦКП БИН РАН. Соискатель принимал непосредственное участие в планировании и проведении полевых и лабораторных экспериментов, анализе и обобщении результатов исследований, представленных в диссертации.

Объем и структура диссертации. Рукопись состоит из введения, 6 глав, заключения, практических рекомендаций, списка литературы включающего 218 наименования, среди которых 106 иностранных авторов. Текстовая часть работы содержит 141 страницу, включая 15 таблиц и 17 рисунков, Приложение 1 (39 страниц), включая 17 таблиц и 26 рисунков.

Благодарности. Искренне благодарю своих руководителей профессора, доктора сельскохозяйственных наук Нину Александровну Вилкову и профессора, доктора биологических наук Фролова Андрея Николаевича, сотрудников лаборатории сельскохозяйственной энтомологии и других лабораторий ВИЗР, в том числе Г.И. Сухорученко, Н.А. Белякову, А.Г. Ковалю, Г.Е. Серегееву, А.Б. Верещагину, ВИР – Е.В. Зуева, Н.С. Клименко, БИН РАН – Е.В. Вознесенскую, П.Г. Ефимова, ЗИН РАН – А.В. Стекольщикова.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Дана общая характеристика работы: обоснована степень изученности темы, определены цель и задачи исследований, предложены методология и методы исследований, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, сформулированы выносимые на защиту положения, приведены сведения о достоверности, апробации и публикации материалов исследований, декларирована степень личного участия автора в выполнении работы, обозначены объем и структура диссертации.

Глава 1. Становление взаимосвязей тлей с растениями, вредоносность тлей и современные методы ее ограничения (обзор литературы)

Представлены материалы по эволюции пищевой специализации, жизненных циклов, внутривидовой структуры у тлей, а также становлении их как вредителей культурных растений (Шапошников, 1987; Williams, Dixon, 2007; Simon et al., 2010). Рассмотрены особенности развития, круг кормовых растений и вредоносность массовых видов злаковых тлей на Северо-Западе РФ – *Rh. padi*, *S. avenae* и *M. dirhodum* (Берим, 2014; Бокина, 2009; Гончаров, 2012; Радченко, 2008, 2011; Симагин, Локтева, 2015; Шпанев и др., 2015; Finlay, Lack, 2011). Изложены современные подходы в защите зерновых культур от тлей и перспективы их совершенствования. Особое внимание уделено вопросам устойчивости пшеницы к злаковым тлям (Вилкова и др., 2015; Конарев, 2017; Радченко, 2011; Crespo-Herrera, 2012).

Глава 2. Материалы и методы исследований

Охарактеризован энтомологический экспериментальный материал – *Rh. padi*, *M. dirhodum* (гетероцидные виды) и *S. avenae* (моноцидный вид), первичные растения-хозяева для *Rh. padi* (черемуха обыкновенная *Padus avium* Mill. и гибридная *P. avium* × *P. virginiana*), для *M. dirhodum* (роза морщинистая *Rosa rugosa* Thub., роза синяя *R. glauca* Pourg., шиповник собачий *R. canina* L.), а также вторичные растения-хозяева из мировой коллекции ВИР – 21 образец *T. aestivum* L. 10 разновидностей, 4 образца *T. monococcum* 3-х разновидностей, 2 образца *T. dicoccum* 2 разновидностей и 1 образец *T. kihare*. Кроме того, развитие *Rh. padi* изучали на 14 видах сем. Суреевых (Осоковых) и 5 – Juncaceae (Ситниковых).

Изучение сезонного развития *Rh. padi* проводили на 100-200 случайно выбранных однолетних побегах черемухи, сроки лёта эмигрантов учитывали на 15 дикорастущих деревьях в гг. Пушкин, Павловск и пос. Коммунар.

Благоприятность образцов яровой пшеницы для развития трех видов злаковых тлей оценивали в полевых условиях на естественном и искусственном фонах заселения, в Пушкинских лабораториях ВИГРР по индексу благоприятности

(ИБ) (Методические рекомендации..., 1980; Методы..., 2003). При этом параметру показателя определяется место (ранг) в порядке снижения благоприятности образца. $ИБ = \frac{\Sigma_{мест}}{n}$, где n - число показателей. Границы, разделяющие образцы на три группы по ИБ, рассчитываются от среднего значения $\overline{ИБ}$ для всех образцов ($\overline{ИБ} \pm 2/3Sx$). При этом $Sx = RK$, где R - размах варьирования ИБ между образцами, K - вспомогательный (табличный) коэффициент. Органотропность и сезонные изменения численности тлей оценивали в полевых условиях на естественном фоне заселения пяти образцов пшеницы. Элементы структуры урожая пшеницы выявляли на 30 растениях каждого образца (Руководство... 1966). Этапы органогенеза растений определяли согласно классификации Ф.М. Куперман (1977). В вегетационных условиях пшеницу выращивали в керамических сосудах, для изоляции использовали мельничное сито. Развитие эмигрантов, летних бескрылых и крылатых виргинопар *Rh. padi* оценивали по продолжительности периода развития насекомых до начала репродукции, начальной скорости репродукции, численности и составу колоний (количеству нимф и крылатых самок) за первые 14 дней репродукции (Π_{14}). Виды сем. Осоковых и Ситниковых ранжировали по ИБ для развития тли по показателям выживаемости эмигрантов, скорости развития, потенциальной плодовитости и численности потомства через 9 и 30 дней после заселения растений. Проведена оценка численности и состава потомства (Π_{14}) бескрылых самок при питании на 9 видах осок и 4-х – ситников.

Изучение клонального состава популяции *Rh. padi* проводили на 9 клонах по 7 морфам. Для морф определяли 5 демографических показателей, у осеннего поколения – число гинопар, овипар и самцов, проводили оценку миграционной активности крылатых морф, а также потенциальной плодовитости гинопар. Клоны ранжировали по Индексу успешности (рассчитывался аналогично ИБ), а также с использованием метода профилей (Методические рекомендации, 1980). Стратегию репродукции клонов *Rh. padi*, *M. dirhodum* и *S. avenae* выявляли по наличию обоополого поколения и живорождения на пшенице. Потомства эмигрантов первых генераций, бескрылых и крылатых летних виргинопар *Rh. padi* характеризовали с помощью показателя Π_{14} . Анализ клонального состава у *Rh. padi*, *M. dirhodum* и *S. avenae* проводили для бескрылых виргинопар дважды: в июле и августе.

Моделирование массового размножения *Rh. padi* на посевах яровой пшеницы осуществляли на 15 образцах пшеницы в домике (14.0×3.0×2.4 м), обтянутым спанбондом: в фазу кущения растения в массе заселяли тлями, затем наблюдали за динамикой плотности насекомых, начиная с IV-V этапов органогенеза вплоть до гибели растений, оценивали показатели устойчивости к полеганию в сравнении с контролем (Методические указания..., 2009).

Органотропность *Rh. padi* определяли на 15 образцах пшеницы на II-III-м, III-IV, VI-VII и VIII этапах органогенеза в закрытом грунте. Через 14 дней после выпуска насекомых (30-35 крылатых особей для первых 3-х вариантов и 10 бескрылых – для 4-го) учитывали распределение тлей на органах растений и на жилках листовых пластинок. Влияние питания *Rh. padi* на продуктивность *P. avium* оценивали снижением числа и массы ягод (Программа..., 1999). Воздействие трех видов злаковых тлей на развитие пшеницы характеризовали снижением высоты

растений во время их органогенеза и изменениями элементов структуры урожая (Мережко и др., 1999). Длину стилетов трех видов злаковых тлей и параметры анатомо-морфологического строения листьев и колосковых чешуй образцов яровой пшеницы оценивали согласно общепринятым методам (Сбор, хранение..., 2001: Паушева, 1988; Прозина, 1960; Барыкина и др., 2004; Glauert, 1980) с использованием микроскопа Axio Scope A1 (Zeiss) с камерой Axio Cam MRc5 (Zeiss).

Глава 3. Особенности структурно-функциональной организации популяций *Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* и *Metopolophium dirhodum* на Северо-Западе РФ

Приведены результаты экспериментальных исследований развития *Rh. padi* на первичных хозяевах. Поиски ремигрантов и яиц *Rh. padi* проводили на *P. avium*, *P. virginiana* (виргинская), *P. serotina* (Ehrh.) Agardh. (поздняя), *P. Maackii* (Rupr) (медвежья) и *P. ssiori* (Fr. Schmidt) C.K. Scneid. (айнская). Гинопар и овипар обнаружили на растениях всех видов кроме *P. Maackii*, яйца и личинок – только на *P. virginiana*, *P. avium* и *P. avium* × *P. virginiana*, последние два образца были модельными (табл.1).

Наиболее раннее появление гинопар *Rh. padi* отмечали 21-31.08 в 2012, 2015 и 2016 гг., при этом установлена способность гинопар *Rh. padi* питаться на первичном хозяине. Самцов обнаруживали в сентябре (4-28.09.) во время созревания первых овипар. Яйца на растениях находили, начиная со второй половины сентября вплоть до завершения листопада. Наиболее поздний листопад (6.11) наблюдали в 2011 г., а максимальные значения заселенности почек и численности яиц на обоих образцах черемухи – весной 2012 г. (рис. 1).

Таблица 1. Характеристика модельных образцов черемухи

Образец/сроки вегетации	Размеры листа (см ²)	Положение почек	Кол-во цветочных почек (%)	Положение цветочных почек	Листовые почки	
					длина (мм)	объем (мм ³)
<i>P. avium</i> Ранне-среднеспелая	114.9±5.5	Отстающие от побега	43.9	По всей кроне	9.2±0.1	17.6±0.95
<i>P. avium</i> × <i>P. virginiana</i> Позднеспелая (на 4-14 дней позже)	155.7±7.3	Прилегающие к побегу	12.5	В основном вверху кроны	10.1±0.04	9.57±0.33

Дан анализ изменений численности осенних морф на модельных образцах черемухи, в связи с погодными условиями в 2013, 2017, 2018 гг. Уровень заселенности яйцами *Rh. padi* на *P. avium* × *P. virginiana*, всегда превышал таковой на *P. avium*, чему, способствовали поздний листопад, более крупные листья и прилегающие к побегу почки, свойственные *P. avium* × *P. virginiana* (табл.1).

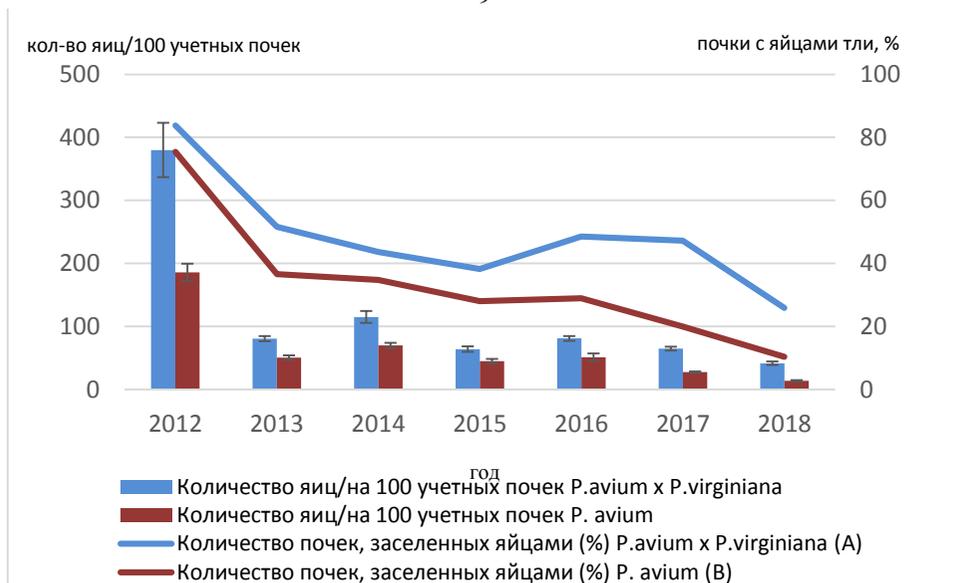


Рис. 1. Различия в заселенности почек яйцами *Rh. padi* на модельных образцах черемухи

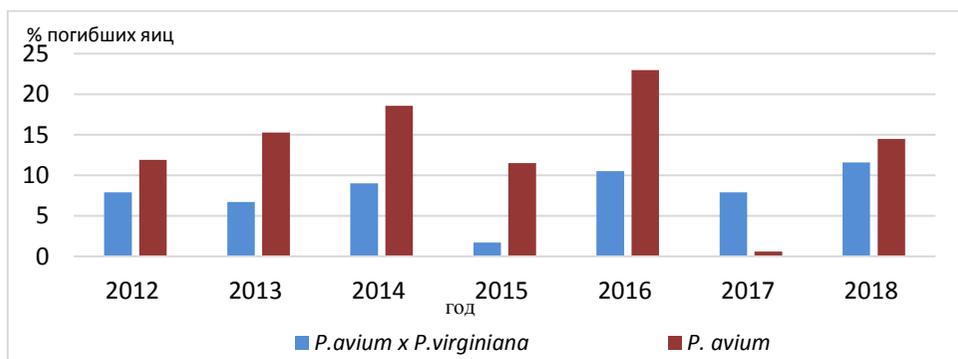


Рис. 2. Количество яиц *Rh. padi*, погибших за зиму на модельных образцах черемухи

Показано, что критический фактор, определяющий численность яиц *Rh. padi*, – сроки опадения листьев (органогенетический барьер). Плотность яиц на *P. avium* положительно коррелировала со среднесуточными температурами за октябрь ($r=0.76$; $p=0.048$).

Меньшая смертность яиц наблюдалась на длинных прилегающих к побегу почках (рис. 2). Лишь при обильных осадках у прилегающих почек яйца погибают из-за застоя воды. Нарушение сопряженности развития растения и тлей в период

выхода основательниц из яиц может стать критическим для формирования численности насекомых весной. Так произошло в 2014 г., когда температура воздуха в последнюю декаду марта превысила среднюю многолетнюю, и личинки *Rh. padi* начали выходить из яиц за 10 дней до начала появления зеленых конусов на *P. avium* × *P. virginiana*, где гибель личинок составила 49.2%, а на *P. avium* – 29.6%.

В 2017 г. на обоих образцах черемухи был изучен ход изменения численности *Rh. padi* от выхода основательниц из яиц до окончания миграции (рис. 3).

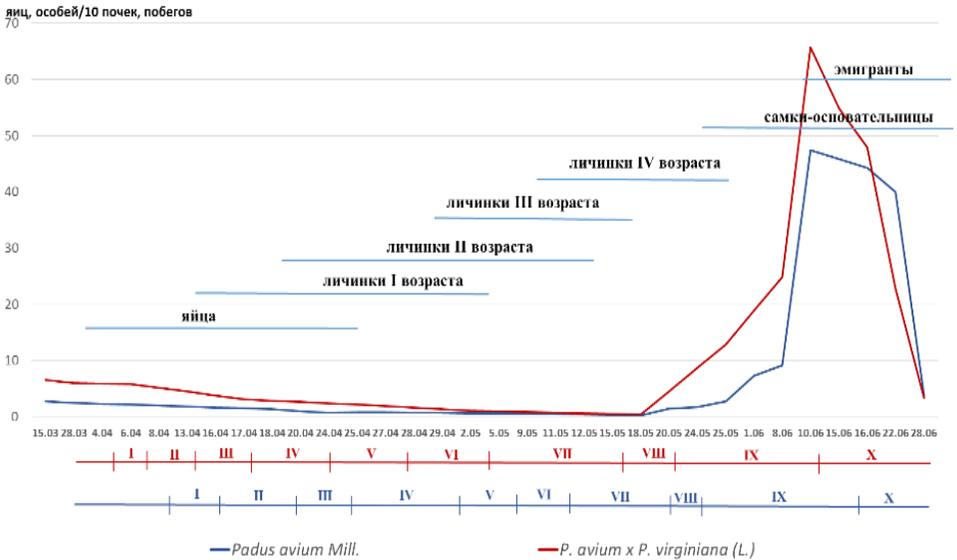


Рис. 3. Сезонные изменения численности *Rh. padi* при питании на первичном хозяине (весна, 2017 г). Примечание: I-X – этапы органогенеза черемухи

Весной 2017 г. личинки младших возрастов *Rh. padi* в массе гибли в условиях низких температур, обильных осадков и возвратных ночных холодов. Аналогичная картина наблюдалась в первой половине апреля 2018 г. В результате в 2017 г. выжило всего 6.1-6.4% основательниц, в 2018 г. – 22.3% на *P. avium* и 44.6% на *P. avium* × *P. virginiana*. Варьирующая в широких пределах смертность основательниц *Rh. padi* на стадии личинки предполагает необходимость проведения учетов, уточняющих прогнозы численности тлей, составленных по зимующим яйцам.

Расселение эмигрантов *Rh. padi* на посевы пшеницы варьирует по срокам и начинается в период цветения черемухи (рис. 4).

Найдена корреляция между суммой эффективных температур за 2 и 3 декады мая и 1 декаду июня и продолжительностью лёта *Rh. padi* ($r=-0.6$; $p=0.02$). При наличии поросли часть популяции *Rh. padi* может все лето питаться на черемухе. Показано, что при средней численности тли весной 1-2 яйца/10 почек в 2018 г. число ягод в кисти снижалось в 2.9 раза, масса ягоды в 1.3 раза (рис. 5).

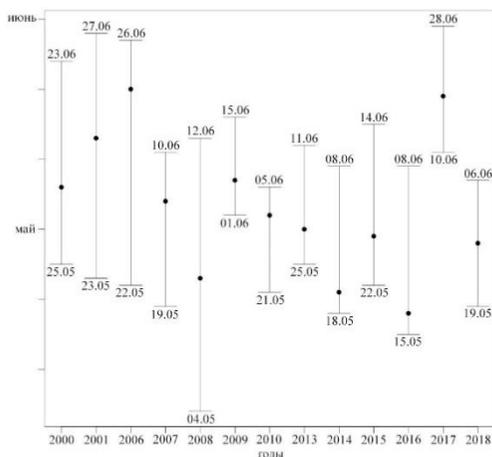


Рис. 4. Сроки лёта *Rhopalosiphum padi* в условиях Северо-Запада РФ
Примечание: Точки обозначают даты начала массового лёта эмигрантов.



Рис. 5. Повреждения черемухи при питании *Rhopalosiphum padi*

Установлено, что на Северо-Западе ареала *M. dirhodum* откладывает яйца возле шипов на опушенные стебли *R. canina* и на шипы *R. rugosa*. Кроме того, тли в массе откладывают яйца на листья бесшипного шиповника *R. glauca*, где яйца гибнут после листопада. Впервые показана способность овипар *M. dirhodum* откладывать яйца на яровую пшеницу, которые также погибают.

Популяциям *Rh. padi* и *S. avenae* свойственна внутриклональная вариация особей по склонности к голоциклии, либо к длительной анголоциклии. Сочетание различных стратегий выживания у групп особей обеспечивает структурированность изменчивости в популяциях, отвечая требованиям адаптации к среде (Гриценко и др., 1983). Данное обстоятельство имеет важное значение для динамики численности насекомых.

Далее в главе излагаются результаты анализа развития клонов *Rh. padi* на первичных и вторичных растениях-хозяевах в рамках единой трофической системы. Мы проследили развитие 9 клонов *Rh. padi* по 27 показателям развития 7 морф, сменяющих друг друга в жизненном цикле тлей. На основании анализа показателей развития одних и тех же морф по индексу успешности (ИУ) (см. главу 2), клоны были ранжированы на три группы: успешные, среднеуспешные и неуспешные. Клоны, успешно развивавшиеся на первичном хозяине (успешность оценивали по показателям развития основательниц), далеко не всегда оказывались таковыми при развитии на вторичном хозяине (успешность оценивали по показателям развития летних и осенних морф). Установлено, что группы успешных и неуспешных клонов существенно различались по ИУ развития летних морф, а также по ИУ комплекса показателей у всех морф, при этом набор клонов в группах частично совпал. Наибольшую информативность имел показатель начальной скорости репродукции,

усредненный по параметрам основательниц, эмигрантов и летних морф, а также показатель общей численности гинопар до окончания их лёта. На основании этих и других опытов были выявлены нормы развития у 7 морф *Rh. padi* (табл. 2).

Таблица 2. Демографические показатели (X_{min}-X_{max}) морф *Rh. padi* при питании на благоприятных кормовых растениях в условиях Северо-Запада

Морфа	Период до начала размножения, дни	Период размножения, дни	Продолжительность жизни, дни	Реализованная плодовитость, особи	Потенциальная плодовитость, эмбрионы
Основательницы	17-33	11-29	28-49	46-119	40-78
Эмигранты	9-15	10-28	19-52	17-55	9-26
Летние бескрылые вивипары	5.3-11	13-42	19-49	41-126	40-52
Летние крылатые вивипары	7-13	13-39	21-52	30-61	
Гинопары	13-14	10-25	24-38		5-18
Овипары	7-11	12-30	19-47	5-12	
Самцы	13-15				

В главе сообщается об особенностях формирования потомства у летних морф (эмигранты, бескрылые и крылатые виргинопары), последовательно появляющихся в каждом из 10 клонов *Rh. padi*, питающихся на вторичных хозяевах. Численность и способность к расселению потомства различных морф имеют прямое отношение к вредоносности тлей. Между эмигрантами и летними бескрылыми виргинопарами, бескрылыми и крылатыми виргинопарами, эмигрантами и крылатыми виргинопарами 10 клонов по показателю Π_{14} при питании на одном и том же хозяине выявлена корреляция: $r=0.84$ ($t=4.4>t_{0.01}$); $r=0.61$ ($t=2.23=t_{0.05}$) и $r=0.76$ ($t=3.4>t_{0.01}$) соответственно. Тем не менее, объем потомства у эмигрантов оказался выше, чем у бескрылых ($t=2.46>t_{0.05}$) или у крылатых виргинопар ($t=2.7>t_{0.05}$). Через 14 дней репродукции его значения определялись не только скоростью воспроизводства материнских, но и дочерних морф, а также продолжительностью их периода от рождения до начала репродукции. При питании на Ленинградской 6 он составлял у бескрылых виргинопар 9.0 ± 0.1 дней, у крылатых – 11.3 ± 0.1 дней. Нами не обнаружено крылатых самок в потомстве эмигрантов в 9-ти из 10-ти клонов. В потомстве бескрылых виргинопар присутствовали крылатые особи, а в потомстве крылатых виргинопар – отсутствовали, либо имелись единичные экземпляры. Лишь у одного клона в потомстве оказался нетипичный для тлей состав морф.

Численность и состав потомства у морф различались в зависимости от генерации: потомки эмигрантов из второй генерации тлей на черемухе были более многочисленны, чем потомки из более поздних и более плотных колоний тлей (371.8 ± 136 и 199.6 ± 11.6 при $t=2.57>t_{0.05}$) и имели в составе несколько меньше крылатых особей (1.6% и 2.1%) и нимф (6.6% и 10.3% соответственно). Таким образом, численность и состав потомства отличались у морф и генераций тли и

имели выраженную клональную специфику. Известно, что на полиморфизм развития у тлей существенным образом влияют многие факторы биотической, абиотической и антропогенной природы (Vereschagina, Gandrabur, 2014).

Сравнительная характеристика скорости развития, численности и состава потомства клонов трех видов тлей показала преимущество *Rh. padi* (рис. 6 а, б).

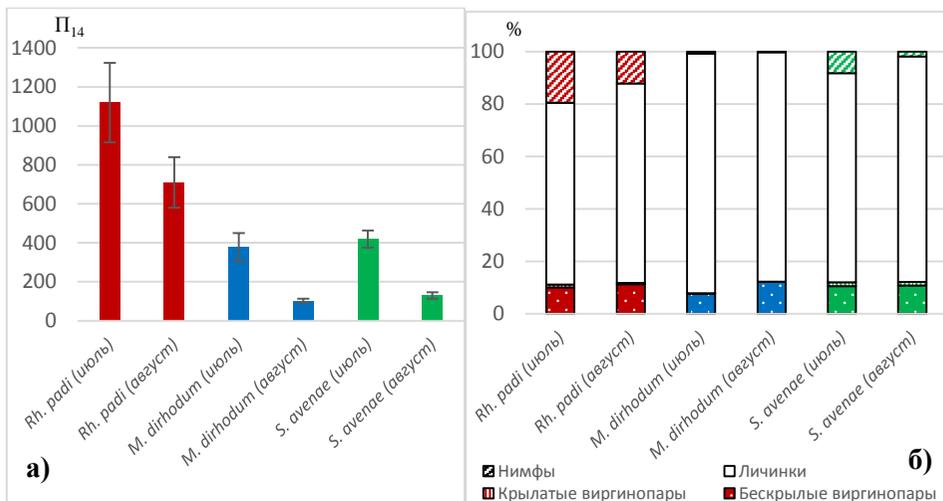


Рис. 6. Численность (а) и состав (б) потомства в группах клонов у бескрылых летних виргинопар 3х видов тлей при питании на всходах яровой пшеницы Ленинградской 6 (P₁₄ – численность потомства за 14 дней репродукции)

Очевидно, что сложная структурно-функциональная организация пищевых связей должна учитываться при разработке новых и совершенствовании традиционных подходов в защите растений от тлей. В частности, показатель P₁₄, позволяет дополнительно характеризовать способность клона к расселению.

Глава 4. Разнообразие вторичных кормовых растений *Rhopalosiphum padi*, *Metopolophium dirhodum* и *Sitobion avenae* и возможности снижения численности этих вредителей в агробиоценозах

Представлены результаты изучения развития летних морф *Rh. padi* на 28 образцах пшеницы на ранних этапах органогенеза в вегетационных и полевых условиях. Показано, что комплекс адаптаций тлей, связанных с питанием на вторичных хозяевах различных генотипов включает различия в развитии онтогенетических морф. Результаты вегетационной и полевой оценки пшеницы по благоприятности для развития *Rh. padi* тесно коррелируют ($r=0.71$, $p=0.00002$).

Один и тот же набор образцов пшеницы в фазе цветения был в полевых условиях оценен на заселяемость *Rh. padi*, *M. dirhodum* и *S. avenae*. Выявлено, что кат. ВИР 6411 (*T. monococcum* с очень плотным неопушенным колосом) оказался неблагоприятным для каждого из видов тлей (рис. 7 а-в). Кроме него в группу

неблагоприятных для развития двух видов – *S. avenae* и *M. dirhodum* вошли кат. ВИР 46753; 65663 и Амфидиплоид 219 (рис. 7 б, в), для *Rh. padi* и *M. dirhodum* – Гирка, Дарья, Линия 15Н4 и Карагандинская 2 (рис. 7 а, в), неблагоприятных для развития *Rh. padi* и *S. avenae* не обнаружено (рис. 7 а, б).

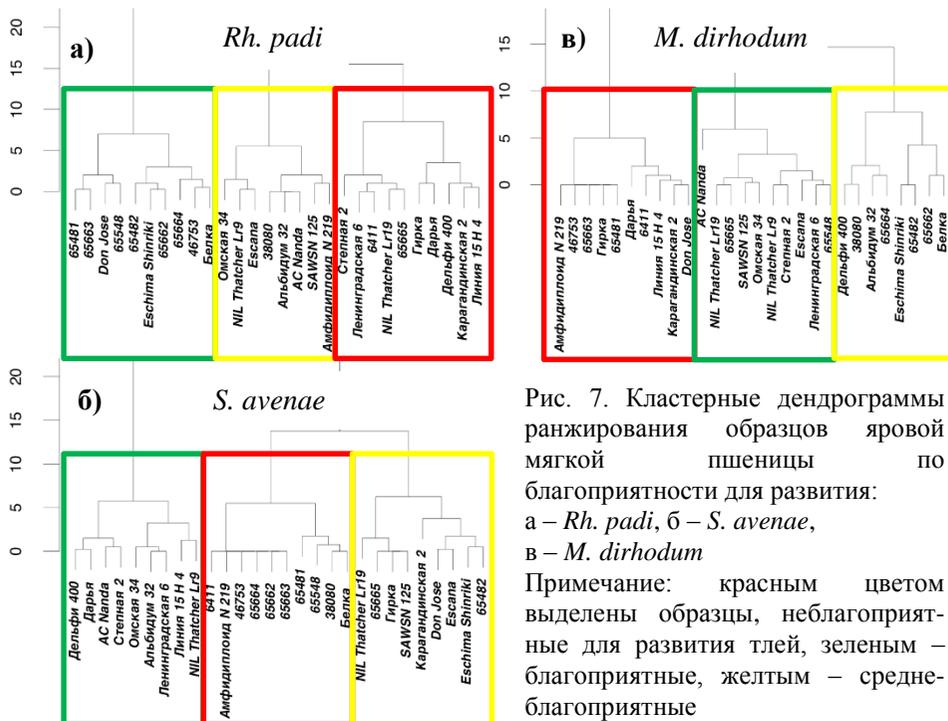


Рис. 7. Кластерные дендрограммы ранжирования образцов яровой мягкой пшеницы по благоприятности для развития: а – *Rh. padi*, б – *S. avenae*, в – *M. dirhodum*

Примечание: красным цветом выделены образцы, неблагоприятные для развития тлей, зеленым – благоприятные, желтым – средне-благоприятные

В результате дополнительного анализа образцов пшеницы по Иб для развития трех видов тлей было выделено 7 наименее благоприятных. Из них для 6-ти характерен среднеплотный и плотный колос, в одном случае опушенный (Карагандинская 2) и для 3-х – рыхлый, в том числе опушенный (Амфидиплоид 219).

В главе представлены результаты выявления новых видов растений-хозяев из сем. Осоковых и Ситниковых, способных служить источником вторичного заселения тлями. В частности, *Carex disticha* Hudson, *C. brizoides* L., *C. flacca* Schreb., *C. tomentosa* L., *C. cespitosa* L., *C. rhizina* Blytt ex Lindbl., *C. digitata* L., *C. hartmanii* Cajander (сем. Осоковых), *Juncus filiformis* L. и *J. compressus* Jacq. (сем. Ситниковых) впервые отмечены в качестве растений-хозяев *Rh. padi*.

Глава 5. Особенности пищевого поведения и распределения трех видов злаковых тлей на вегетативных и генеративных органах образцов пшеницы на различных этапах органогенеза растений

Обсуждаются особенности взаимосвязанных онтогенетической и органогенетической специфичности тлей. Гетероцидные *Rh. padi* и *M. dirhodum*

мигрируют с первичных хозяев в период цветения и появляются на посевах пшеницы раньше (в фазы всходов – кущения и выхода в трубку соответственно), чем *S. avenae*, которая мигрирует с озимых культур. *Rh. padi* последней покидает посевы пшеницы, перелетая на злаковые травы.

Rh. padi колонизирует все надземные органы растений. Рыхлый и среднеплотный колос заселяется сильнее (43.1%), чем плотный и очень плотный (11.5%). В отличие от двух других видов тлей *Rh padi* заселяет внутреннюю сторону влагалищ листьев, в узле кущения размещается ниже поверхности почвы, что важно учитывать при проведении учетов численности и мониторинге. При массовом размножении распределение тлей становится сплошным.

M. dirhodum, преимущественно заселяет флаговый (70.3%) и предфлаговый (26.8%) листья. *S. avenae* в основном колонизирует колос (98.8%). Флаговый лист заселялся лишь у образцов, имеющих колос средней плотности, как опушенный (Карагандинская 2; Дельфи 400), так и неопушенный (Don Jose; NIL Thatcher Lr 9).

На таких образцах, как Eschima Shinriki, кат. ВИР 65663, Амфидиплоид 219 и кат. ВИР 6411 образование смешанных колоний из разных видов тлей не отмечалось. Смешанные колонии *S. avenae* и *Rh padi* на колосьях пшениц наблюдали гораздо чаще (у 18 образцов), чем *S. avenae* и *M. dirhodum* (на Омской 34) и *Rh padi* и *M. dirhodum* (на NIL Thatcher Lr 9). На флаговом листе смешанные колонии часто отмечали для *Rh padi* и *M. dirhodum* (на 14 образцах), реже для *S. avenae* и *Rh padi* (на NIL Thatcher Lr 9). Единичный случай образования смешанной колонии, состоящей из трех видов тлей был обнаружен на флаговом листе сорта Дельфи 400.

В модельных опытах показано, что в процессе органогенеза пшеницы особи *Rh padi* колонизируют апикальные и базальные зоны роста листовых пластинок и стебля, затем колоса, включая ости, колосовой стержень, колосковые чешуи и колосоножки. У центральных жилок листьев *Rh. padi* питалась только на ранних этапах органогенеза пшеницы. *M. dirhodum*, формировала стабильные колонии на флаговом и предфлаговом листьях, размещаясь вдоль центральной жилки листа.

Известно, что для достижения сосудов флоэмы стилеты изучаемых тлей продвигаются межклеточно (van Emden, Harrington, 2007), делая короткие пробные уколы, не вызывающие патологии внутритканевой структуры (рис. 8).

Листья сорта Дельфи 400 по сравнению с таковыми повреждаемого стандарта (сорт Ленинградская 6) характеризовались повышенной толщиной тканей в области главной жилки (на 15.5%), большими расстоянием между жилками одинакового порядка (на 18.6-24.3%), площадью, занятой склеренхимой жилок (на 21.5-41.5%) (рис. 9 а, б).

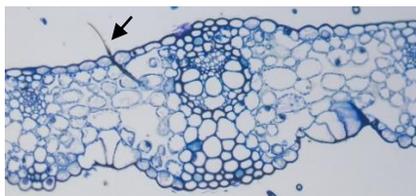


Рис. 8. Поперечный срез листа пшеницы с. Дельфи 400 со стилетом *Rh. padi* при увеличении $\times 20$, толщина среза 7 μm

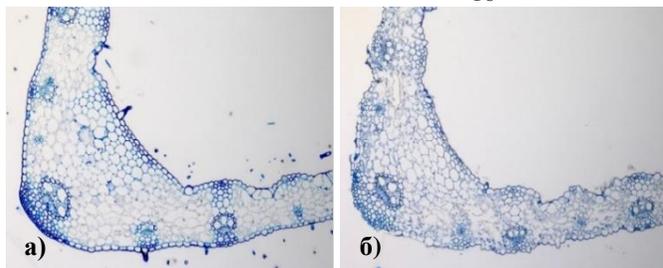


Рис. 9.
Срез флаговых листьев мягкой пшеницы: а – с. Дельфи 400, б – с. Ленинградская 6 при увеличении $\times 10$, толщина среза 7 μm

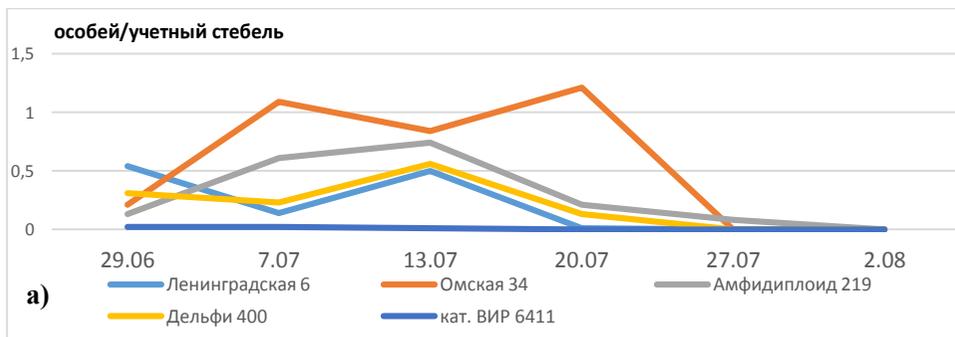
Слабозаселяемые тлями образцы, такие как кат. ВИР 6411, Амфидиплоид 219 и Дельфи 400 в сравнении со стандартом (сорт Ленинградская 6) характеризовались большей (~ в 2 раза) толщиной и сильной склеренхимизацией (>70%) колосковых чешуй, большим числом слоев склеренхимы (6-14 и 4 соответственно) при меньшем числе слоев хлоренхимы (2-3 и 5 соответственно). При этом длина стилетов тлей достаточна для достижения флоэмы всех изученных образцов пшениц.

Глава 6. Сезонные изменения плотности и вредоносность злаковых тлей на различных этапах органогенеза растений-хозяев

Дан анализ сезонных изменений плотности *Rh. padi* и *M. dirhodum* при питании на 5 модельных образцах пшеницы (рис. 10 а, б).

Rh. padi, как правило, заселяет посевы раньше (II-III этапы), чем *M. dirhodum* (IV-V этапы) и нарастание ее численности происходит в период прохождения пшеницей V-VI (19.06-29.06) – VIII этапов органогенеза (13.07), тогда как подъем численности *M. dirhodum* отмечается в VII (7.07) – начале IX этапов органогенеза (20.07) растений.

Сопряженность развития *Rh. padi* с первичными и вторичными хозяевами имеет сходные черты (рис. 3, 10 а), которые необходимо учитывать при составлении прогнозов размножений и потерь растений-хозяев от вредителей.



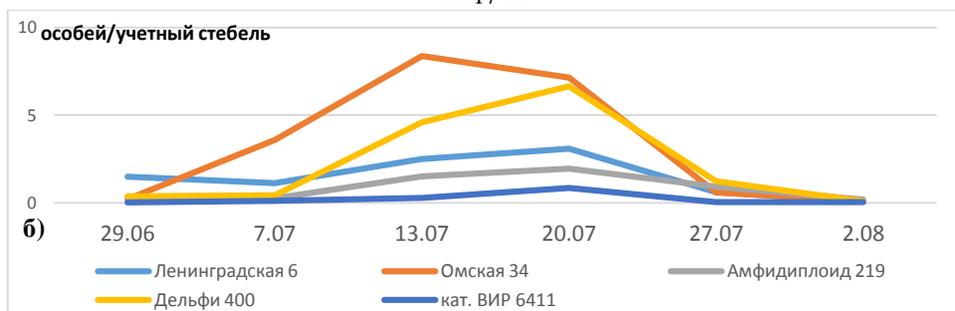


Рис. 10. Сезонные изменения плотности в 2017 г.: а) – *Rh. padi*; б) – *M. dirhodum* при питании на 5 образцах пшеницы.

В главе приводятся результаты модельных опытов по изучению воздействия тлей на развитие пшеницы в зависимости от этапа органогенеза, при прохождении которого происходило заселение растений. При колонизации всходов 6 образцов пшеницы, спустя 9 дней после заселения, в случае *Rh. padi* рост растений всех образцов снижался на 17.6-22.9% по отношению к контролю. При наступлении VII-VIII этапов органогенеза рост растений снижался при питании *Rh. padi* на 31.1-49.1%, *M. dirhodum* – 16.7-40.4%, *S. avenae* – 6.8-46.9%. Более выносливыми к воздействию *Rh. padi* оказались Дельфи 400 и Амфидиплоид 219, к *S. avenae* – Ленинградская 6 и кат. ВИР 6411, а к *M. dirhodum* – Амфидиплоид 219.

При заселении пшеницы на VIII этапе органогенеза все три вида тлей вызывали снижение продуктивности растений, но в меньшей степени – *M. dirhodum* при питании на Дельфи 400 (табл. 3).

Таблица 3. Снижение продуктивности пшеницы при заселении тлями на VIII этапе органогенеза растений

Ленинградская 6				Дельфи 400		
Количество зерновок в колосе						
Контроль	Снижение к контролю, %			Контроль	Снижение к контролю, %	
	<i>Rh. padi</i>	<i>M. dirhodum</i>	<i>S. avenae</i>		<i>Rh. padi</i>	<i>M. dirhodum</i>
25.0±1.1	37.6	36.0	40.0	26.1±1.0	34.1	28.7
Масса 1000 зерен, г						
31±0.5	48.4	29.0	55.0	34±0.8	35.3	14.7

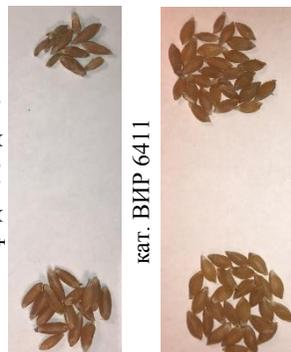
Представлены результаты воздействия *Rh. padi* на формирование элементов урожая при повреждении пшеницы в различные периоды развития растений. При питании на растениях сортов Ленинградская 6 и Дельфи 400 от всходов до выхода 4 листа у растений снизились показатели развития и продуктивности по отношению к контролю: высота стебля на 32.4% и 8.5%, количество зерновок в колосе на 19.1% и 11.1%, масса 1000 зерен — на 18.7% и 10.0% соответственно.

Когда *Rh. padi* питается на пшенице в период VI-VII – XI этапов органогенеза растений, в том числе на колосе, то число зерновок в колосе снижалось сильнее, чем при заселении в фазе всходов до выхода 4-го листа (табл. 4).

Наиболее сильно страдали зерновки у образца с рыхлым колосом (Амфидиплоид 219), наименее – с плотным, сжатым (кат. ВИР 6411). На всех опытных образцах пшеницы наблюдалась череззерница, щуплые, недоразвитые зерновки. Пустые колосья отмечены на всех образцах кроме АС Nanda и кат. ВИР 6411.

Таблица 4. Влияние питания *Rh. padi* на продуктивность яровой пшеницы при заселении тлями на VI-VII этапах органогенеза

Образец	Кол-во колосков в колосе	Кол-во зерновок в колосе
	Снижение к контролю, %	
Ленинградская 6	2.4	47.4
Дельфи 400	2.9	44.4
Омская 34	2.4	40.2
Амфидиплоид 219	6.6	56.9
АС Nanda	2.2	41.3
кат. ВИР 6411	1.3	9.2
кат. ВИР 65548	7.3	45.9



Для изучения выносливости пшеницы в условиях стресса проведено моделирование вспышки массового размножения *Rh. padi* на 5-ти образцах. На VII-м этапе органогенеза началось массовое стеблевое полегание растений. Алтайский простор, Омская 34, Дельфи 400, Гирка, АС Nanda, Лавруша, Воевода, SAWSN 125 не полегли или полегли незначительно. Они характеризовались низким коэффициентом полегания, плотным прилеганием лигулы и длинным влагалищем листа к стеблю. К концу вегетации погибли образцы Escana, Омская 34 и кат. ВИР 6411.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) На примере *Rh. padi*, *M. dirhodum* и *S. avenae* показано, что механизмы приспособительной изменчивости в популяциях тлей включают разнообразие клонов, имеющих различные стратегии выживания, основанные на сочетании онтогенезов внутриклональных морф при развитии на первичных и вторичных растениях-хозяевах.

2) Установлено, что яйца *M. dirhodum*, зимуют на опушении и шипах *R. canina* и *R. rugosa*, но погибают на листьях *R. glauca* и яровой пшенице. Оvipары *Rh. padi* не откладывают яйца на *P. serotina*, *P. ssiori* и *P. Maackii*. У гетероцидных видов тлей развитие овипар и откладка яиц на однолетних растениях служит примером экологической и трофической связи между их первичными и вторичными хозяевами, определяющей их численность.

3) Установлено, что *Rh. padi* слабее повреждает позднеспелые образцы черемухи, не образующие поросли, с ранним листопадом, с преобладанием вегетативных почек (органогенетический барьер), с отстающими от побега почками и некрупными листовыми пластинками (морфологический барьер).

4) Обнаружено, что критическими для формирования численности *Rh. padi* и ее воздействия на продуктивность растений являются нарушения в сопряженности

развития с фенологией первичных и вторичных хозяев (органогенетический барьер), в периоды выхода основательниц из яиц (I-II этапы органогенеза черемухи), эмиграции на вторичные хозяева (VIII-IX этапы органогенеза черемухи и II-III пшеницы) и откладывания яиц (листопад). Плотность яиц на *P. avium* положительно коррелировала со среднесуточными температурами за октябрь, а продолжительность эмиграции – отрицательно с СЭТ за 2 и 3 декаду мая и 1 декаду июня.

5) Онтогенетическая и органогенетическая специфичность *Rh. padi*, *M. dirhodum* и *S. avenae* позволяет им успешно выживать на одном растении пшеницы. При формировании совместных колоний, как правило, доминирует *Rh. padi*; факторы, препятствующие развитию тлей связаны со сроками заселения, развития и предпочтением мест питания: *S. avenae* – колоса, *M. dirhodum* – верхних листьев; *Rh. padi* – всех надземных органов растений.

6) К числу неблагоприятных для развития трех видов тлей относятся образцы пшеницы: *T. aestivum* var. *lutescens* (3), var. *erythrospermum-ferrugineum* (1), var. *ferrugineum persicoid* (1), var. *pyrothrix* (1); *T. monococcum* var. *vulgare* (2) и var. *macedonicum* (1), а также *T. kihare*. Выявлен комплекс признаков пшеницы, неблагоприятных для размножения тлей: плотный и сжатый колос, толстые и плотные колосковые чешуи, высокая степень склеренхимизации тканей (морфологический барьер). Опушенность имеет неоднозначное значение. Впервые выявлены факторы выносливости пшеницы, например, при массовом размножении тли: устойчивость к полеганию (низкий коэффициент полегания, плотное прилегание лигулы и длинного влагалища листа к стеблю), способность к компенсации роста и питания (куститость).

7) Вредоносность *Rh. padi* и *M. dirhodum* на первичных хозяевах выражается в деформации их листьев и снижении урожайности. При питании злаковых тлей на вторичных хозяевах при численности близкой к ЭПВ, будут наблюдаться: 1) замедление роста растений при заселении тлями в фазе всходов на 31.1-45.9%, в фазе стеблевания на 1.6-5.7%, 2) нарушение органогенеза, что вызывает мелкозернистость, череззерницу и пустоколосость в зависимости от образца, фазы заселения растений и вида тли: снижение зерновок в колосе от 9.2 до 59.6% и массы 1000 зерен 10.0-55.0% по отношению к контролю. Заселение пшеницы тлями только на ранних этапах органогенеза в меньшей степени влияло на урожайность, чем при колонизации в период VI-VII этапов органогенеза и до созревания. Среди изучаемых видов тлей меньшая вредоносность характерна для *M. dirhodum*.

Практические рекомендации:

1) Для ограничения численности *Rh. padi* на первичных хозяевах рекомендуется культивирование *P. serotina*, *P. Maackii* и *P. ssiori*; для *M. dirhodum* – *R. glauca*, а также проводить контроль мест произрастания видов Осоковых и Ситниковых как мест резервации злаковых тлей. В селекции видов р. *Padus* рекомендуется использовать показатели, сдерживающие развитие тли – позднее начало вегетации, ранний листопад, отсутствие поросли, отстающие от побега почки, некрупные листья; р. *Rosa* – образцы с бесшипными и неопушенными побегами, снижающими откладку и перезимовку яиц *M. dirhodum*.

2) Для анализа механизмов устойчивости пшеницы к тлям в селекционно-генетических исследованиях и фитосанитарном мониторинге использовать составленную нами Базу данных образцов пшеницы, дифференцированных по благоприятности для развития тлей, а также применять предложенный нами показатель Π_{14} , включающий не только скорость репродукции, но и способность потомства морф к расселению.

3) Прогнозы численности *Rh. padi*, составляемые на основе учета зимовавших яиц, следует дополнять оценкой количества выживших основательниц к началу их репродукции (конец апреля) и мониторингом сроков эмиграции тли в агробиоценозы.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ИЗДАНИЯХ:

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в перечень международных реферативных баз данных и список ВАК РФ

Гандрабур, Е.С. Особенности развития партеногенетических морф черёмухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) на различных образцах пшеницы / Гандрабур Е.С. // Вестник защиты растений 3(85) – 2015. – с. 61-64.

Верещагина, А.Б. Изменчивость параметров развития клонов черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) в течение жизненного цикла как генотипическая адаптация данного вида / А.Б. Верещагина, Е.С. Гандрабур // Энтомологическое обозрение 2016. – Т. 95, вып. 4. – С. 729-747. [Entomological Review. – 2016. – Vol. 96, N 8. – P. 983-996.]

Vereschagina, A.B. Development of the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) (Homoptera: Aphididae) feeding on unfamiliar host plants of the families Cyperaceae and Juncaceae / A.B. Vereschagina, E.S. Gandrabur, P.G. Efimov // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. – 2017. – Vol. 19, iss. 4. – P. 1094-1103.

Гандрабур, Е.С. Устойчивость черемухи к черемухово-злаковой тле / Е.С. Гандрабур // Защита и карантин растений. – 2019. – N 5. – С. 46-50

Публикации в иных изданиях:

Vereschagina, A. Polymorphism and damage of aphids / A. Vereschagina, E. Gandrabur // International Journal of Biology. – 2014. – Vol. 6, N 4. – P. 124-138.

Верещагина, А.Б. Некоторые черты биоразнообразия энтомофауны широколиственных лесов республики Молдова в связи с проблемой их сохранения и регуляции численности листогрызущих вредителей / А.Б. Верещагина, Б.В. Верещагин, Е.С. Гандрабур // Мир науки. – 2014. – N 12. – С. 24-28.

Гандрабур, Е.С. Formation of the number of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphidoidea) when feeding on two genotypes of its primary host under the influence of different climate conditions in a North-West Russia / E.S. Gandrabur // XVIII Intern. Plant Protection Congress: abstracts (Germany. Berlin, 24-28 Aug. 2015). – Berlin, 2015. – P. 710-711.

Верещагина, А.Б. Крылатость у тлей и ее значимость в формировании численности популяций и вредоносности на примере черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) / А.Б. Верещагина, **Е.С. Гандрабур** // Евразийский союз ученых (ЕСУ). Биол. науки. – 2015. – N 12 (21). – С. 21-26.

Верещагина, А.Б. Развитие черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphidoidea) при питании на образцах черемухи с различными сроками вегетации и морфо-физиологическими характеристиками на Северо-Западе РФ / А.Б. Верещагина, **Е.С. Гандрабур** // Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы: материалы Междунар. конф., посвящ. 70-летию Центрального сибирского бот. сада (Новосибирск, 1-8 авг. 2016 г.). – Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2016. – С. 50-53.

Гандрабур, Е. Факторы устойчивости растений к злаковым тлям / Е. Гандрабур // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: тез. докл. IV Междунар. конф. (Санкт-Петербург, 11-13 окт. 2016 г.). – СПб.: ВИЗР, 2016. – С. 23.

Гандрабур, Е.С. Характеристика (ранжирование) образцов яровой мягкой пшеницы по показателям развития различных морф черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) / Е.С. Гандрабур // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. Междунар. науч.–практ. конф. профессорско-преподавательского состава «Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере» (Санкт-Петербург, 26-28 янв. 2017 г.). Ч. 1. – СПб.: СПбГАУ, 2017. – С. 37-41

Верещагина, А.Б. Разнообразие растений в связи с их пригодностью для питания тлей / А.Б. Верещагина, **Е.С. Гандрабур** // Биологическая защита растений (успехи, проблемы, перспективы): материалы XII сессии Ген. Ассамблеи МОББ (в связи с 40-летием деятельности) и докл. Междунар. науч. конф. (Санкт-Петербург, 24-27 апр. 2017 г.). – СПб., 2017. – С. 58-62.

Гандрабур, Е.С. Особенности субгостальной пищевой специализации трех видов злаковых тлей *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* F., *Metopolophium dirhodum* Walk. (Homoptera: Aphididae) при питании на представителях рода *Triticum* L. / Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина // Экологическая безопасность защиты растений: материалы Междунар. науч. конф. посвящ. 105-летию со дня рожд. чл.-кор. А.Л. Амбросова и 80-летию со дня рожд. акад. В.Ф. Самерсова (Прилуки, 24-26 июля 2017 г.). – Минск: Беларуская навука, 2017. – С. 39-43.

Верещагина, А.Б. Особенности развития клонов черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) при гетероцидном образе жизни / А.Б. Верещагина, **Е.С. Гандрабур** // XV Съезд Русского энтомол. о-ва (Новосибирск, 31 июля – 7 авг. 2017 г.): материалы съезда. – Новосибирск: Гарамонд, 2017. – С. 104-105.

Гандрабур, Е.С. Гостальная и субгостальная специфичность трех видов злаковых тлей *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* F., *Metopolophium dirhodum* Walk. / Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина (Hemiptera: Aphididae) при питании на яровой пшенице // XV Съезд Русского энтомол. о-ва (Новосибирск, 31 июля – 7 авг. 2017 г.): материалы съезда. – Новосибирск: Гарамонд, 2017. – С. 117-118.

Гандрабур, Е. Топическое распределение *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* F., *Metopolophium dirhodum* Walk. при питании на образцах яровой мягкой пшеницы // Идеи Н.И. Вавилова в современном мире: тез. докл. IV Вавиловской междунар. конф. (Санкт-Петербург, 20-24 нояб. 2017 г.). – СПб.: ВИР, 2017. – С. 74.

Gandrabur, E.S. Resistance of host plants to *Rhopalosiphum padi* (L.) (Aphididae) / Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина // 10th International Symposium on Aphids (Sept. 4-8, 2017, Nevşehir, Cappadocia, Turkey). – P. 32-33.

Гандрабур, Е.С. Взаимоотношения пшеницы и черемуховой тли в условиях модели ее массового размножения / Е.С. Гандрабур // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. Ч. 1. – СПб.: СПбГАУ, 2018. – С. 128-132.

Vereschagina, A.B. Various species of Cyperaceae and Juncaceae as host plants for *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) (Homoptera: Aphididae) / A.B. Vereschagina, **E.S. Gandrabur** // The 8th European Hemiptera Congress (Katowice, Poland, 24-29 June 2018). – P. 72.

Гандрабур, Е.С. Особенности формирования фенетической структуры популяции тлей и методы ее диагностики на примере черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae) (часть 1) / Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина // Вестник защиты растений. – 2018. – N 3 (97). – С. 18-23.

Гандрабур, Е.С. Особенности формирования фенетической структуры популяции тлей и методы ее диагностики на примере черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae) (часть 2) / Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина // Вестник защиты растений. – 2018. – N 4 (98). – С. 13-17.

Гандрабур, Е.С. К формированию базы данных образцов яровой мягкой пшеницы, ограничивающих развитие черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Sternorrhyncha: Aphididae) / Е.С. Гандрабур // Междунар. науч.-практ. конф. «Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России»: материалы конф. (Санкт-Петербург, Пушкин, 8-12 окт. 2018 г.). – СПб, 2018. – С. 47-49.