

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
“Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений”
(ФГБНУ ВИЗР)

ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

4(94) – 2017

Санкт-Петербург – Пушкин
2017

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК
как журнал, входящий в международную базу данных AGRIS

Учредитель Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)
Зарегистрирован в ГК РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г.

Главный редактор В.А.Павлюшин

Зам. гл. редактора В.И.Долженко

Отв. секретарь В.Г.Иващенко

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А.Н.Власенко, академик РАН, СибНИИЗХим

Патрик Гроотаерт, доктор наук, Бельгия

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

В.И.Долженко, академик РАН, ВИЗР

Ю.Т.Дьяков, дбн, профессор, МГУ

В.А.Захаренко, академик РАН, МНИИСХ

С.Д.Каракотов, академик РАН,

 ЗАО Щелково Агрохим

В.Н.Мороховец, кбн, ДВНИИЗР

В.Д.Надыкта, академик РАН, ВНИИБЗР

В.А.Павлюшин, академик РАН, ВИЗР

С.Прушински, дбн, профессор, Польша

Т.Ули-Маттила, профессор, Финляндия

Е.Е.Радченко, дбн, ВИР

И.В.Савченко, академик РАН, ВИЛАР

С.С.Санин, академик РАН, ВНИИФ

С.Ю.Синев, дбн, ЗИН

К.Г.Скрябин, академик РАН, “Биоинженерия”

М.С.Соколов, академик РАН, ВНИИФ

С.В.Сорока, ксxn, Белоруссия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.С.Афанасенко,

 академик РАН

И.А.Белоусов, кбн

Н.А.Белякова, кбн

Н.А.Вилкова, дсxn, проф.

Н.Р.Гончаров, ксxn

И.Я.Гричанов, дбн

В.Г.Иващенко, дбн, проф.

М.М.Левитин, академик РАН

Н.Н.Лунева, кбн

А.К.Лысов, ктн

Г.А.Наседкина, кбн

В.К.Моисеева (секр.), кбн

Н.Н.Семенова, дбн

Г.И.Сухорученко, дсxn, проф.

С.Л.Тютюрев, дбн, проф.

А.Н.Фролов, дбн, проф.

И.В.Шамшев, кбн

Редакция

И.Я.Гричанов (зав. редакцией), С.Г.Удалов, В.К.Моисеева

Россия, 196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 3, ВИЗР

Email: vestnik@vizr.spb.ru

<http://vizr.spb.ru/>

© Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

СОДЕРЖАНИЕ

Динамика численности и прогноз массовых размножений вредных насекомых: исторический экскурс и пути развития. Аналитический обзор А.Н. Фролов	5
Возбудители микозов жуков-короедов и перспективы их использования для снижения численности данной группы ксилофагов Г.Р. Леднев, А.М. Успанов, М.В. Левченко, М.Н. Сабитова, А.С. Каменова, Р. Абдукерим, Д.С. Конурова, Б.А. Дуйсембеков, И.А. Казарцев	22
Мониторинг вирусных болезней картофеля в Псковской и Астраханской областях России Т.С. Фоминых, Г.П. Иванова, К.Д. Медведева	29
Видовое разнообразие жужелиц (Coleoptera, Carabidae) агроценоза картофеля европейской части России и сопредельных территорий А.Г. Коваль.	35
Стафилиниды (Coleoptera, Staphylinidae) в агроландшафте Ленинградской области О.Г. Гусева.	39
К вопросу о возможности видовой диагностики <i>Tetranychus urticae</i> и <i>T. atlanticus</i> (Acari: Tetranychidae) с использованием мт-гена COI Н.Д. Коноплёв, А.Н. Игнатов, С.Я. Попов	43
Действие фунгицидов на афидофагов, выпускаемых в теплицы против тлей-переносчиков вирусной инфекции С.А. Волгарев, Е.Г. Козлова, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко, Н.А. Белякова	48
Влияние возраста мицелия фитопатогенного гриба <i>Stagonospora cirsii</i> C-163 на сохранность его микогербицидных свойств при высушивании Н.А. Павлова, С.В. Сокорнова, А.О. Берестецкий	51
Оценка эффективности неоникотиноидных протравителей против личинок жуков-щелкунов в посевах зерновых колосовых культур О.М. Зеленская, В.Н. Орлов	54
Сетчатокрылые насекомые-энтомофаги для защиты семенного картофеля от тлей-переносчиков вирусов Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова, Е.Г. Козлова, Л.П. Красавина	57
Изучение видового состава тлей-переносчиков вирусов на посадках картофеля в Архангельской области А.А. Шаманин, В.А. Корелина, Л.А. Попова, М.Н. Берим.	63
<u>Краткие сообщения</u>	
Распространение лапчатки гусиной <i>Potentilla anserina</i> L. (Rosaceae Juss.) на территории России Н.Н. Лунева, Ю.А. Федорова.	68
Информация для авторов.	71

CONTENT

Population dynamics and forecast of pest outbreaks: history and ways of development. Analytical survey A.N. Frolov	5
Causative agents of bark beetle mycoses and prospects for their use in the xylophage population control G.R. Lednev, A.M. Uspanov, M.V. Levchenko, M.N. Sabitova, A.S. Kamenova, R. Abdukerim, D.S. Konurova, B.A. Duisembekov, I.A. Kazartsev	22
Monitoring of viral diseases of potatoes in the Pskov and Astrakhan regions of Russia T.S. Fominykh, G.P. Ivanova, K.D. Medvedeva	29
Species diversity of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) on potato crops in the European part of Russia and adjacent territories A.G. Koval	35
Rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) in agricultural landscape of Leningrad Region O.G. Guseva	39
To question of opportunity of <i>Tetranychus urticae</i> and <i>T. atlanticus</i> (Acari: Tetranychidae) identification using mtDNA COI gene N.D. Konoplev, A.N. Ignatov, S.Ya. Popov	43
The effect of fungicides on aphidophages released in greenhouses against aphids carrying vectors of a viral infection S.A. Volgarev, E.G. Kozlova, G.P. Ivanova, G.I. Sukhoruchenko, N.A. Belyakova	48
The influence of <i>Stagonospora cirsi</i> C163 mycelium age on the fungus mycoherbicidal property at drying N.A. Pavlova, S.V. Sokornova, A.O. Berestetskiy	51
Field evaluation of the effectiveness of neonicotinoid grain seed treatments against elaterid larvae O.M. Zelenskaya, V.N. Orlov	54
Neuropteran entomophages for protection of seed potato from aphids – virus vectors N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova, E.G. Kozlova, L.P. Krasavina	57
Study of species composition of aphids – virus vectors on potato crops in conditions of the Arkhangelsk Region A.A. Shamanin, V.A. Korelina, L.A. Popova, M.N. Berim	63
<u>Brief Reports</u>	
The distribution of <i>Potentilla anserina</i> (Rosaceae) on the territory of Russia N.N. Luneva, Yu.A. Fedorova	68
Author instructions.	71

УДК 632.7

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ПРОГНОЗ МАССОВЫХ РАЗМНОЖЕНИЙ ВРЕДНЫХ НАСЕКОМЫХ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС И ПУТИ РАЗВИТИЯ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

А.Н. Фролов

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Изучение динамики численности насекомых прошло в своем развитии более чем вековой путь, сопровождавшийся острыми дискуссиями по поводу того, каким факторам принадлежит ведущая роль в детерминации численности. Периодические колебания численности — одно из наиболее загадочных явлений популяционной биологии и нет недостатка в теориях, которыми пытаются объяснить их природу. Очевидно, что прогноз размножения вредных членистоногих, как основа для принятия оптимальных решений, направленных на управление популяциями вредных видов, нуждается в глубоком изучении природы динамики численности, и особенно природы цикличности колебаний. Математическое моделирование динамики численности остается одной из центральных проблем математической экологии и наиболее перспективны нелинейные модели, важная задача которых выявить точки неустойчивости системы, как эффективные состояния с точки зрения теории управления.

Ключевые слова: вредители, периодичность, факторы и механизмы, математические модели.

Колебания численности (волны жизни) — неотъемлемое свойство популяционных систем [Викторов, 1967; Гиляров, 1990; Чернова, Былова, 2004; Шилов, 2009; Berryman, Kindlmann, 2008]. Сообщается, что эти колебания могут индуцироваться различными факторами — условиями и ресурсами среды (температура, осадки, доступность и качество пищи, т.н. “bottom-up effects”) или элементами ценоза того же или более высокого уровня — конкурентами, паразитами, хищниками, болезнями (т.н. “top-down effects”) [Strong et al., 1984; Power, 1992; Matson, Hunter, 1992; Hunter, Price, 1992; Myers, 1993; Ranta et al., 1997; McCann et al., 2000, и др.] и их можно классифицировать в соответствии с самыми разными принципами. Так, выделяют динамику многолетнюю и сезонную; стабильную, флуктуирующую и взрывную (эруптивную); колебания закономерные, т.е. повторяющиеся с определенной периодичностью, и случайные, которые не имеют явно выраженной периодичности [Макфедьен, 1965].

Изучение динамики численности насекомых, как самостоятельное направление в энтомологии прошло в своем развитии длительный путь, включая период 1950–1970-х годов (т.н. «великое противостояние» “Great Debate”) [Berryman, 1988; Turchin, 1999; Nixon et al., 2002], когда одни авторы доказывали, что в изменениях численности главными являются зависимые от плотности факторы [Nicholson, 1954; Ricker, 1954; Викторов, 1955, 1975; Utida, 1957a; Solomon, 1957; Milne, 1962; Klomp, 1966; Royama, 1977; Berryman et al., 1987], а другие обосновывали первостепенную роль внешних, действующих независимо от плотности факторов [Thompson, 1939, 1956; Andrewartha, Birch, 1954; Поляков, 1954, 1976; Andrewartha, Browning, 1961; Den Boer, 1968, 1981, 1991; Reddingius, Den Boer, 1970; Liebholt et al., 2004]. Итогом дебатов стало осознание необходимости использовать более объективные критерии и адекватные методы изучения динамики численности, благодаря чему начали широко практиковать составление таблиц выживаемости, больше внимания уделять статистическому анализу причин смертности, поиску ведущих (т.н. «ключевых») факторов, изучению природы регуляции и ее механизмов [Morris, 1959; Varley, Gradwell, 1960, 1970; Varley et al., 1974; Podoler, Rogers, 1975; Bulmer, 1975; Den Boer, 1986; Royama, 1992, 1996; Turchin, 1990,

1999; Turchin, Berryman, 2000; Nixon, Webster, 2002, и т.д.]. Наиболее остро дискуссии проходили среди энтомологов, что несомненно обусловлено экономической значимостью насекомых как вредителей сельского и лесного хозяйства [Викторов, 1967].

К концу XX века накопилось огромное количество фактов, свидетельствующих, что популяции находятся как под влиянием управляющих механизмов, действующих по принципу обратной связи, так и независимых от плотности факторов, характеризующихся возмущающим эффектом. В настоящее время подавляющее большинство экологов считает, что численность популяций так или иначе контролируется в соответствии со следующими принципами: (1) регуляция осуществляется благодаря действию зависимых от плотности факторов (density dependence) [Hassell, 1986; Harrison, Cappuccino, 1995; Sharov, 1996; Nixon, Webster, 2002], (2) регулирующие эффекты зависимых от плотности факторов перекрывают возмущающие эффекты независимых от плотности факторов [Turchin, 1995; Middleton et al., 1995], и (3) как паразитизм/хищничество/болезни, так и конкурентные отношения могут обеспечивать регуляцию благодаря зависимым от плотности эффектам; при этом конкуренция за ресурсы (“bottom-up” регуляция) является зависимой от плотности по определению, тогда как хищничество (в широком смысле) обнаруживает зависимость от плотности лишь при наличии численной или функциональной реакции хищника на плотность жертвы [Murdoch, Oaten, 1975; Taylor, 1984; Sinclair, Pech, 1996]. Таким образом, отрицательная обратная связь, обеспечивающая регуляцию, возникает как благодаря внутренним по отношению к популяции (внутривидовая конкуренция), так и внешним (хищничество) воздействиям, эффекты которых оказывают либо прямое (direct density dependence), либо замедленное действие (delayed density dependence) на численность популяции [Sih et al., 1985], что является следствием взаимодействий на экосистемном уровне [Pimm, 1991; Naeem, 2002].

Сложная организация экосистем объясняет парадоксальность их функционирования [Ланкин и др., 2012]. Так, схожие по внешнему виду колебания численности одних популяций могут вызываться эффектами зависимых от плотности (регулирующих по Г.А.Викторову [1967]) фак-

торов, тогда как других — быть результатом воздействий независимых от плотности (модифицирующих) факторов. Обширный фактический материал, подкрепленный теоретическими моделями [Sinclair, Pech, 1996; Turchin, 1995; Berryman, 1996, и др.], свидетельствует, что численность природных популяций большую часть времени находится под воздействием регулирующих факторов, однако в одних случаях плотность сохраняется постоянно низкой, а в других — растет экспоненциально, пока не достигнет пределов, ограниченных объемом жизненно важного ресурса, обычно кормового. В целом, безусловно, основной вопрос заключается не в том, регулируется ли численность популяции, а в том, каким образом осуществляется регуляция и насколько она эффективна [Rhoades, 1985; Wallner, 1987; Underwood, 1999; Cappuccino, 1995; Nixon et al., 2002a]. Здесь уместно вспомнить, что механизмы биологической регуляции численности возникли как результат естественного отбора, в связи с чем единственный критерий, которому она должна удовлетворять, заключается в том, чтобы колебания численности отдельных видов не нарушали устойчивого существования биоценозов [Викторов, 1975]. Поскольку основная задача защиты растений — ограничить численность видов, наносящих урон посевам и посадкам сельскохозяйственных культур, руководствуясь при этом порогами их вредоносности, а также и обеспечить сдерживание роста численности вредных видов в обозримом будущем, то уровень, на котором осуществляется биологическая регуляция популяций вредных видов, далеко не всегда способен удовлетворять экономическим требованиям, которые предъявляются хозяйственной деятельностью человека [Викторов, 1968]. При этом, однако, эффективное сдерживание и, особенно, управление численностью вредных видов невозможно без глубокого знания закономерностей динамики их численности [Зубков, 2014].

На современном этапе (90-е годы прошлого века — наше время) все больше появляется работ, нацеленных на строгое описание поведения численности популяций во времени и пространстве, все реже исследователи задаются вопросом о природе фактора, ответственного за регуляцию, т.к. у разных видов или даже популяций одного вида в качестве регулирующих могут выступать совершенно разные факторы [Sutcliffe et al., 1996; Heino et al., 1997; Hunter et al., 1997; Kendall et al., 1999, 2000; Bjørnstad et al., 1999; Williams, Liebhold, 2000; Buonaccorsi et al., 2001; Bjørnstad, Grenfell, 2001; Peltonen et al., 2002; Turchin et al., 2003; Raimondo et al., 2004; Ims, Andreassen, 2005; Rouault et al., 2006; Estay et al., 2014; Price, Hunter, 2015; Johnson et al., 2016]. Более актуальным стало выяснение обстоятельств, при которых те или иные факторы становятся регулируемыми [Berryman, 1999; Turchin, 1999]. Большую ценность приобретают многолетние исследования, «поскольку многие особенности динамики становятся очевидными лишь спустя 20 и более лет сбора данных» [Liebhold, Kamata, 2000; Brook, Bradshaw, 2006], причем особое доверие вызывают работы, базирующиеся на 40–60-летних сериях [Ylloja et al., 1999; Williams, Liebhold, 2000]. При этом важно отметить, что интерпретация данных, полученных при анализе рядов численностей, встречает определенные трудности, особенно выявление эффектов регуляции [Sinclair, 1989; Murdoch, 1994; Shenk

et al., 1998]; соответственно, неудивительно, что методам анализа рядов численностей посвящена обширная литература [Turchin, Taylor, 1992; Ellner, Turchin, 1995; Berryman, 2001; Berryman, Turchin, 2001; Berryman et al., 2002; Clark, Bjørnstad, 2004, и др.]. Несмотря на очевидный прогресс в области изучения динамики численности, множество проблем еще ожидает своего решения [Logan, Allen, 1992; Bjørnstad, Grenfell, 2001; Berryman, 2004; Strogatz, 2014].

Энтомология обрела статус самостоятельной дисциплины не в последнюю очередь благодаря исключительной важной роли объектов исследования в хозяйственной деятельности человека. Так, среди вредителей сельскохозяйственных культур безусловно преобладают насекомые, потери урожая от которых в мире варьируют по основным продовольственным культурам в среднем от 5 до 15% [Oerke, 2006; Oerke et al., 2012; Savary et al., 2006], но в отдельные годы и в некоторых регионах могут достигать 50% и более [Cramer, 1967; Танский, 1975, 1988; Matson et al., 1997; Losey, Vaughan, 2006; Dhaliwal et al., 2010; Oliveira, et al., 2014]. Учитывая важное экономическое значение энтомологических объектов для прикладной энтомологии, выяснение причин, вызывающих массовые размножения насекомых, представляет отнюдь не только академический интерес. Известно, что применение средств защиты растений в современном сельскохозяйственном производстве обеспечивает получение в среднем дополнительной сельскохозяйственной продукции в размере 15 и более % от общего валового ее сбора [Гончаров, 2010].

В своем развитии защита растений, как неотъемлемая часть растениеводства, прошла сложный и длительный путь [Glass, Thurston, 1978; Altieri, 1983; Павлюшин, 2010]. Так, эпоха эйфории в борьбе с вредными организмами, охватившая мир в 40–50-е годы прошлого века благодаря появлению высокоэффективных синтетических органических пестицидов широкого спектра действия, весьма скоро столкнулась с серьезными вызовами: негативным влиянием ядохимикатов на здоровье людей, развитием резистентности у вредителей, гибелью насекомых-опылителей, уничтожением энтомофагов, что провоцировало вспышки размножения как основных, так и ранее второстепенных вредных видов, снижением биологической активности почв и т.п. [National Research Council, 1986; Новожилов, Сухорученко, 1997; Harris, 2000; Den Hond et al., 2003; Wilson, 2004; Долженко, Новожилов, 2005; Whalon et al., 2008, и др.]. В острой полемической форме эти проблемы были впервые во всеуслышание озвучены в эпохальной книге Рэчел Карсон [Carson, 1962] и ее выход обозначил начало конца «варварского периода бездумного использования химических пестицидов» [Шпаар, 2003].

На фоне критики ДДТ и др. пестицидов в конце 1950-х — начале 1960-х годов стала формироваться новая стратегическая парадигма — интегрированная защита растений (Integrated Pest Management, IPM), предусматривающая отказ от вседозволенного и широкомасштабного применения химических средств и интеграцию основных подходов борьбы с вредными организмами в единую систему, начало разработке которой положила работа В.М. Штерна с соавторами [Stern et al., 1959]. Идеи биологизации и экологизации защиты растений были встречены с энтузиазмом, безусловно послужив серьезным стимулом для проведения работ по изучению динамики численности

насекомых, обитающих в агроценозах [Викторов, 1955], и получив свое дальнейшее развитие во множестве публикаций [Smith et al., 1976; Goldstein, Goldstein, 1978; Bottrell, 1979; Flint, Van den Bosch, 1981; Pimentel, 1981; Фадеев, Новожилов, 1981; Perkins, 1982; Самарсов, 1998, и др.]. Вначале под IPM понималась лишь система рациональной организации борьбы с вредителями, учитывающая конкретные условия среды и уровень численности вредителя [Coppel, Mertins, 1977]; упор при этом делался лишь на щадящее воздействие применяемых пестицидов [Фадеев, Новожилов, 1981]. Позднее, интегрированную защиту растений стали развивать как систему мер, направленных на управление популяциями вредных организмов в агробиоценозах, что достигалось за счет тщательного мониторинга фитосанитарной обстановки и прогноза численности и вредоносности вредных организмов, снижения уровня ожидаемого вреда до экономически неощутимого уровня путем использования устойчивых сортов, сохранения природных энтомофагов и активизации их деятельности, внедрения рациональных систем внесения пестицидов, и т.п. В настоящее время концепции IPM активно развиваются в самых разных направлениях — конструировании агроэкосистем и агроландшафтов, разработке новых технологий внесения биологических и небиологических средств защиты растений, концепций адаптивного, экологического и органического земледелия, возделывания генно-модифицированных культур, чему посвящены тысячи публикаций [Новожилов и др., 1993; Elliott et al., 1995; Rechcigl, Rechcigl, 1999; Dent, 2000; Чернышев, 2001, 2012; Сорока, 2003; Шпаар, 2005; Ciancio, Mukerji, 2007; Koul, Cuperus, 2007; Vreysen et al., 2007; Hellmich et al., 2008; Romeis et al., 2008; Aluja et al., 2009; Kos et al., 2009; Peshin, Dhawan, 2009; Ferry, Gatehouse, 2009; Сугоняев и др., 2010; Kole et al., 2010; Chen et al., 2011; Павлюшин и др., 2015, 2016; Сухорученко и др., 2016]. В том числе благодаря появлению новых, т.н. биорациональных пестицидов (синтетические аналоги природных соединений и микробные метаболиты, индукторы устойчивости растений — белки, гликопротеиды, полисахариды, жирные кислоты, продукты гидролиза хитина и др.) [Kauffmann et al., 1990; Озерцовская, 1994; Hahn, 1996; Тарчевский, 2002; Тютюрев, 2002; Алехин и др., 2010, и др.], постоянному расширению ассортимента средств защиты растений, включенных в Каталог пестицидов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации [Шорохов, Долженко, 2017], в Российской Федерации наметилась позитивная тенденция биологизации защиты растений: по сравнению с 90-ми годами прошлого века в 2010–15 гг. пестицидная нагрузка сократилась более чем в два раза и сейчас она существенно ниже, чем в Великобритании и Франции (7.5 раза), Германии (5.5 раз), Китае (6 раз), США (4.5 раза) и Канаде (2.5 раза) [Михайликова и др., 2013, 2015].

Как известно, важнейший элемент защиты растений (как в современных интегрированных, так и прежних традиционных системах) — прогноз и сигнализация численности вредных организмов, позволяющие с той или иной степенью заблаговременности судить о фитосанитарном состоянии посевов и насаждений, являясь основой для принятия оптимальных решений, направленных на управление динамикой популяций вредных видов [Поляков, 1964; Поляков, Эберт, 1982; Hill, 1983; Dent, 2000; Heather,

Hallman, 2009; Radcliffe et al., 2009; Павлюшин, 2010; Фролов, 2011; Prasad, Prabhakar, 2012]. В отечественной практике принято выделять три вида прогнозов: многолетние, долгосрочные (годовые и сезонные) и краткосрочные (на срок от нескольких дней до 1 месяца) [Поляков и др., 1975; Поляков, Семенов, 1979]. Каждый из этих видов прогноза имеет специфическое назначение, использует своеобразные методы и подходы, соответствующие сбору и обработке нужной информации. Долгосрочные и краткосрочные прогнозы призваны обеспечить эффективную тактику защиты растений, а многолетние прогнозы необходимы для перспективного планирования объемов защитных мероприятий по регионам и в стране в целом. При составлении таких прогнозов вскрываются причины роста или снижения уровня вредоносности отдельных объектов, что используется для обоснования путей сдерживания негативных тенденций. Иными словами, на базе многолетних прогнозов совершенствуется общая стратегия защиты растений. Поэтому прогноз в защите растений можно квалифицировать как вероятностное научно-обоснованное суждение о динамике популяций вредных объектов в будущем с учетом закономерностей их развития в прошлом [Поляков, Семенов, 1979]. По своей природе такой прогноз является экологическим, так как в его основе лежат знание известных сведений о межпопуляционных взаимодействиях, эффектах факторов среды, хозяйственной деятельности человека. Очевидно, что знание механизмов динамики численности — краеугольный камень научно-обоснованных программ интегрированного управления численностью вредных организмов [Викторов, 1968], а разработка теории динамики численности является важнейшим условием для составления эффективных прогнозов вредных организмов [Поляков, Семенов, 1979]. В рамках реализации экологической концепции природопользования будущего, и ее неотъемлемой части — перехода к управлению биоценозными процессами в агроэкосистемах (sustainable pest regulation) [Шпаар, 2003; Altieri, Nicholls, 2004; Bianchi et al., 2006; Павлов и др., 2010, и др.], необходимость в глубоком знании закономерностей динамики численности вредных насекомых еще больше возрастает.

Прогнозирование в защите растений безусловно является частью общей прогностики — теории и практики разработки прогнозов в любой предметной области знаний. Один из крупных специалистов в этой области И.В. Бестужев-Лада [1982] считает, что в структуре последней как науки о законах прогнозирования должны развиваться частные теории прогнозирования с «двойным подчинением» по линии общей прогностики и соответствующей научной дисциплины. Он отмечает, что эффективность прогнозов нельзя сводить только к степени их достоверности и точности; «не менее важно знать, насколько тот или иной прогноз содействует повышению обоснованности, объективности, эффективности разработанных на его основе решений. Если новая научная информация опирается на научное мировоззрение, на теорию, эффективность которой в отношении аналогичных объектов исследования доказана, если эта информация получена в результате достаточно надежных методов, то она считается вполне обоснованной еще до подтверждения ее практикой» [Бестужев-Лада, 1982].

Отечественная система прогнозов и мониторинга развития вредных сельскохозяйственных объектов прошла длительный путь становления и к концу 70-х годов прошлого века получила мировое признание [Поляков, Эберт, 1982]. При этом ее теоретическая база начала формироваться в 1940–1950-х гг. [Свириденко, 1934, 1950; Поляков, Шумаков, 1940; Поляков, 1949, 1950, 1954], т.е. в период активной борьбы с «метафизическим направлением в экологии, являвшимся выражением того же самого процесса загнивания буржуазной биологии, который вызвал к жизни формальную генетику и формалистическое направление в систематике» [Иоганзен, 1959]. И еще немного цитат для полноты ощущений: «Игнорируя роль других внешних условий, сторонники метафизического направления в экологии рассматривают колебания численности животных как автоматически регулирующийся процесс и выражение перманентно нарушающегося равновесия системы «жертва—хищник». Это привело к подмене изучения биологической сущности взаимоотношений вида со средой (в том числе с другими организмами), математическими схемами и характеристиками, якобы выражающими биологические особенности вида» [Иоганзен, 1959]. «В вопросе изучения вредных животных (грызуны, насекомые) это направление создало «теорию» периодичности массовых размножений вредителей. Задачей исследования в этом случае выдвигается выявление циклов массовых размножений животных, якобы строго повторяющихся через определенные промежутки лет. Данная цикличность и рассматривается как основа прогноза численности. Этот созерцательный подход к решению проблемы численности вида неверно ориентирует народное хозяйство относительно перспектив изменения численности вида и не указывает путей активной переделки природы» [Свириденко, 1950]. «Прогнозы численности грызунов, основанные на признании метафизической теории цикличности их массовых размножений, не дают практике возможности предотвратить их вредоносность. Они ориентируют народное хозяйство на эмпирический поиск дорогостоящих и зачастую бесполезных истребительных мероприятий. Интересы народного хозяйства России требуют очищения советской экологии от метафизических и идеалистических влияний, занесенных к нам, из-за рубежа. Победа в биологии идей И.В. Мичурина и И.П. Павлова открывает перед советскими экологами широкие возможности действенной помощи великому делу реконструкции природы в интересах социалистической Родины» [Иоганзен, 1959].

Таким образом, в основу отечественной системы прогнозов была положена разработанная на основе изучения динамики численности мышевидных грызунов концепция о жизненности популяций, суть которой состояла в том, что экологическая и морфофизиологическая структура популяции в данный момент времени определяется теми условиями, при которых развивались в прошлом те возрастные группы, из которых она состоит; т.е. предполагалось, что по состоянию кормовой базы, физической среды и морфофизиологической структуры популяции можно заблаговременно судить о динамике ее численности в будущем [Поляков, 1950]. Эти концептуальные представления легли в основу формирующейся отечественной системы фитосанитарного прогноза, но, как справедливо отмечает Е.Н.Белецкий [2015], несостоятельность этой системы об-

наружилась во время глобальной вспышки массового размножения лугового мотылька на гигантской территории б. СССР, а также в Болгарии, Венгрии, Румынии, Чехословакии, Югославии, Монголии и Китайской Народной Республики, которое «не было спрогнозировано и квалифицировалось как «неожиданное». Поскольку проф. И.Я.Поляков являлся не только крупным теоретиком, но и выдающимся организатором, создавшим научную школу прогнозистов в области защиты растений, его взгляды на проблему динамики численности животных не могли не эволюционировать, поскольку вся деятельность его и его сотрудников была направлена на то, чтобы способствовать повышению надежности, точности и достоверности фитосанитарных прогнозов. Соответственно, в публикациях 1980-х годов можно найти рекомендации об использовании в качестве прогностических показателей смертности от энтомофагов, эффекта солнечной активности и т.д. [Поляков, 1976; Поляков и др., 1980, 1984].

Рассматривая наиболее острые в плане актуальности и дискуссионности вопросы теории управления динамикой популяций, Г.А.Викторов [1975] писал: «Предметом извечных споров в теории динамики численности был и до сих пор остается вопрос о природе регуляции плотности популяций». «Объективной предпосылкой для разногласий между сторонниками стохастизма и регуляционизма служат существенные различия в динамике численности отдельных объектов, которые изучаются отдельными исследователями. Экологи, посвятившие себя изучению видов, обитающих в условиях, близких к естественным, в частности, лесные энтомологи, явно склонны к регуляционизму. Напротив, идеи стохастизма гораздо ближе специалистам, связанным с исследованием обитателей агроценозов, механизмы регуляции численности которых оказываются часто нарушенными хозяйственной деятельностью человека.... Преодоление этих разногласий и создание единой теории представляется вполне возможным при историческом подходе к динамике численности отдельных видов, основанном на сравнении ее особенностей в естественных местообитаниях и в агроценозах» [Викторов, 1975]. Сказанные более 40 лет назад, эти слова актуальны и поныне.

Так, оценивая степень изученности динамики численности хозяйственно значимых видов членистоногих, следует прежде всего отметить, что если по многим видам вредителей леса планомерно ведутся долгосрочные исследования на постоянной основе [Исаев и др., 1984, 2001, 2015; Пальникова и др., 2002; Кондаков, 2002; Гурьянова, 2006; Лямцев, 2011; Isaev et al., 2017, и др.], то примеры систематических и длительных по времени наблюдений за динамикой численности сельскохозяйственных вредителей до сих пор единичны [Попов, 2003; Столяров, 2000; Фролов, 2015]. В этой связи В.Б.Чернышев [2012] пишет: «Значительная часть научных зоологических и ботанических исследований была проведена и проводится до настоящего времени в заповедниках или на мало затронутых человеком территориях. Наличие же громадного пространства, занятого под сельскохозяйственное производство, часто рассматривается только как источник загрязнения и разрушения естественных биотопов. Однако именно на этих территориях, исключительно молодых по геологическим меркам, происходит интереснейший процесс

глобального приспособления растительного и животного мира к новым, совершенно необычным условиям. Поэтому сельскохозяйственная энтомология — это не только набор рекомендаций и приемов, позволяющих сохранить урожай. Налицо глобальная фундаментальная проблема, лежащая в основе этой науки». Иными словами, соображение, озвученное Г.А.Викторовым [1975] в отношении острой необходимости проведения работ, посвященных долгосрочному изучению природных механизмов регуляции численности вредных объектов и их трансформации под действием антропогенных факторов, до сих пор не утратило своей актуальности.

В настоящее время в масштабе страны практическую работу в области мониторинга и прогноза вредных сельскохозяйственных объектов (включая сбор, обработку, анализ и обобщение статистических данных о фитосанитарной обстановке на территории Российской Федерации) осуществляет ФГБУ «Россельхозцентр» (официальный сайт организации — <https://rosselhocenter.com/>) Министерства сельского хозяйства РФ. По итогам работ ФГБУ «Россельхозцентр» ежегодно публикует Обзоры фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в текущем году и прогноз развития вредных объектов на следующий год. Специалистами этого учреждения проводится огромный объем работ по мониторингу вредных объектов, однако уровень анализа и обобщения накопленных материалов, реализуемых в виде прогнозов, пока сводится к трафаретным сообщениям о том, что в случае благоприятных погодных условий и нарушений агротехники, численность вредителя будет расти, а если агротехника будет соблюдаться и к тому же погодные условия сложатся неблагоприятные, то численность будет снижаться. Безусловно, современный невысокий уровень аналитики в фитосанитарной прогностике связан с отсутствием разработанных отечественными специалистами адекватных моделей динамики популяций вредных видов, базирующихся на прочном фактическом фундаменте. Е.Н.Белецкий [1992, 2006, 2015] справедливо полагает, что низкая оправдываемость прогнозов фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в основном обусловлена тем обстоятельством, что те не в достаточной степени учитывают феномен цикличности колебаний численности вредных организмов.

Периодические (циклические) колебания численности — одно из наиболее загадочных явлений популяционной биологии [Kendall et al., 1999; Berryman, 2002]: такие колебания порой прослеживаются в течение сотен [Boulangier, Arseneault, 2004], а то и тысяч лет [Esper et al., 2007; Tian et al., 2011]. Нередко циклические колебания численности весьма значительны по амплитуде и проявляются в виде вспышек массового размножения, когда в градиционном цикле можно выделить фазы депрессии, подъема, пика и спада численности [Schwerdtfeger, 1941; Рафес, 1978; Myers, 1993; Barbosa, Schultz, 1987]. Свидетельства регулярной повторяемости вспышек массового размножения животных появились еще в 19-м веке, и одним из первых, кто обратил внимание на них, был отечественный генетик-эволюционист, энтомолог С.С.Четвериков [1905]. В настоящее время существование циклических колебаний численности природных популяций животных вряд ли у кого-то вызывает сомнение. Например, А.А.Максимов

[1984] приводит примеры таких колебаний у более чем 70 видов млекопитающих и 30 видов насекомых. Порой и в строго контролируемых лабораторных условиях динамика численности животных обнаруживает цикличность [Huffaker et al., 1963; Кравченко, 2004, и др.].

Впрочем, цикличность — фундаментальное свойство развития и функционирования не только природных, но и социальных явлений, т.е. всего сущего, начиная от звездной и солнечной активности, геомагнитного и электромагнитного полей, тектонической, вулканической активности литосферы, изменений атмосферы (давления, температуры, осадков, атмосферного электричества, и т.п.) и кончая социальной сферой — развитием общества в целом и отдельных его подсистем (экономики, социальной политики, культуры и т. п.) [Пюрвеев, 2013]. Феномену цикличности посвящена огромная литература, и в первую очередь — экономическим циклам [Schumpeter, 1939; Burns, Mitchell, 1946; Lucas, 1987; Кондратьев, 1989; Hodrick et al., 1997; King, Rebelo, 1999, и др.]. Так, во временном аспекте в экономической литературе различают краткосрочные циклы Китчина (2–4 года), среднесрочные циклы Жюгляра (8–10 лет) и длинные волны конъюнктуры Н.Д. Кондратьева (50 лет и более) [Коротаев, Цирель, 2009]. Понимание того, что циклические кризисы являются закономерной чертой капиталистической экономики и связаны с перепроизводством промышленного капитала, пришло в середине XIX столетия благодаря К. Марксу, который в своем фундаментальном труде «Капитал» впервые описал фазы цикла и высказал догадки о природе циклических кризисов [Андреев, 2012]. Однако, несмотря на очевидность факта цикличности экономического развития, нет недостатка в теориях, ее объясняющих [Бартенев, 2007; Тарасевич и др., 2012], и подходах, используемых для ее анализа: фундаментального (анализ множества финансовых показателей, включая макроэкономические индикаторы и индексы деловой активности) [Грэм, 2014; Грэхем, Додд, 2016] и технического (анализ вероятных изменений экономических показателей на основе закономерностей, характеризующих изменения их поведения в прошлом) [Эрлих, 1996; Мэрфи, 2011]. Подавляющее большинство профессиональных трейдеров предпочитает пользоваться главным образом методами технического анализа, полагая, что вся необходимая информация, влияющая на цену товара, уже учтена в самом движении цен и объемов торгов, а методологию фундаментального анализа использовать лишь в качестве дополнительного средства [Тарп, 2005]. Что же касается фитосанитарных прогнозов, то их технологии традиционно базируются на подобном фундаментальному анализу рынков принципе учета эффектов множества самых разнообразных факторов — погодно-климатических (колебаний температуры, осадков, влажности и пр.), антропогенных (площади, средства защиты растений, агротехнические мероприятия, технологии посева, уборки, и пр.), биотических (зараженность паразитами и патогенными организмами, активности хищников, и пр.) и даже космических (солнечная активность), а задача определения фазы динамики численности вредного объекта ставится лишь в качестве цели — многолетнего и в меньшей степени долгосрочного прогноза [Поляков, 1968; Поляков, Эберт, 1982]. Учитывая выше сказанное, представляется вполне логичным обратить особое внимание на анализ

собственно динамики численности популяций вредных видов как таковой во времени и пространстве безусловно важного прогностического критерия. К сожалению, слабая развитость математического аппарата и недостаток фактического материала препятствуют тому, чтобы оперировать при фитосанитарных прогнозах вероятностными характеристиками трендов численности вредных видов. Следует отметить, что по крайней мере в отношении последнего обстоятельства наметился поворот к лучшему в связи с организацией службы Россельхозцентра, сотрудники которой приступили к планомерному сбору материалов, характеризующих динамику численности вредных объектов в стране. В то же время, стоит иметь в виду, что разнообразие прогностических методологий в социально-экономической и финансовой сферах и, как результат, выработка множества самых разных прогнозов развития России той или иной перспективы [Бушуев, Голубев, 2002; Ивантер и др., 2007; Личко, Романюк, 2009; Глазьев, Фетисов, 2013; Бельских, 2014; Баранов и др., 2014; Садовничий и др., 2014; Журавлева и др., 2017; Гончаренко, 2017] отнюдь не являются гарантией того, что большинству упомянутых прогнозов суждено сбыться.

В связи со сказанным, неудивительно, что природа феномена цикличности в живой природе также вызывает дискуссии, и нет недостатка в предположениях относительно причин, его обуславливающих [Elton, 1924; Schwerdtfeger, 1941; Щербиновский, 1960; Turchin, 1999; Hunter, 2001; Бахвалов и др., 2010 и др.]. Для истолкования природы феномена предложено немало объяснений, среди которых Ю. Одум [1986] упоминает метеорологические теории, теории случайных флуктуаций, взаимодействия популяций, и взаимодействия трофических уровней [Elton, Nicholson, 1942; Moran, 1953; Bowers et al., 1993; Berryman, Turchin, 1997; Turchin, Berryman, 2000; Hunter et al., 1997; Peltonen et al., 2002; Odum, Barrett, 2005]. Весьма популярна точка зрения, что регулярность колебаний численности индуцируется эндогенно, являясь результатом взаимодействий, относящихся к разным трофическим уровням организмов [Berryman, 1996; Hunter, Price, 1998; Ims, Fuglei, 2005, и др.]. Благодаря эффекту запаздывания (временному лагу) негативно зависящих от плотности факторов либо более низкого (хозяин паразита, жертва хищника), либо более высокого (хищники, паразиты, патогены) трофического уровней и могут возникать периодические колебания [Berryman, 1996; Kaitaniemi et al., 1998; Ruohomäki et al., 2000]. С другой стороны, цикличность пытаются связать с экзогенными по отношению к биоценозам факторами, например, периодичностью солнечной активности [Белецкий, 1992; Столяров, 2000, 2005, и др.], однако универсальность такой точки зрения многими авторами оспаривается [Викторов, 1967; Sharov, 1996]. Важная роль погодно-климатических факторов в синхронизации массовых размножений животных в пространстве и времени была впервые показана П.Морэном [Moran, 1953], в честь которого эффекту присвоили его имя, затем с теоретических позиций обсуждена Т.Роймой [Royama, 1992], а в настоящее время активно разрабатывается, особенно в лесной энтомологии [Liebhold, Kamata, 2000; Buonaccorsi et al., 2001; Peltonen et al., 2002; Liebhold et al., 2004; Allstadt et al., 2013, 2015; Price, Hunter, 2015; Li et al., 2015, и др.]. По сути, предложенные объяснения

можно разделить на две категории: одни авторы колебательные явления связывают с внутренними по отношению к биоценозам факторами, другие — объясняют их возникновение внешними воздействиями.

А.С. Мончадский [1962], по-видимому, был первым, кто классифицировал экологические факторы по признаку наличия или отсутствия закономерно повторяющейся периодичности их изменений, выделив первично-периодические (солнечная радиация, свет, температура), вторично-периодические (атмосферная влажность, растительная пища, внутривидовые отношения) и аperiodические, т.е. носящие случайный характер факторы (осадки, паразиты, хищники, болезни, деятельность человека). Как уже говорилось выше, для объяснения причин циклических колебаний численности было выдвинуто немало различных «теорий»: метеорологическая, случайных колебаний, теория взаимодействия популяций (хищник — жертва и паразит — хозяин), трофических уровней, солнечной активности, генетическая, и ряд других [Одум, 1986; Пинанка, 1981; Гиляров, 1990, и др.]. Теория взаимодействия популяций, имеющая немало подтверждений, представляется большинству исследователей наиболее близкой к истине [Berryman, 1996, 2002; Hunter, Price, 1998; Inchausti, Ginzburg, 2009, и др.], однако имеется немало данных, которые с трудом объясняются в рамках данной «теории» [Максимов, 1984]. Концепция трофических взаимоотношений [Pitelka, 1973], выдвинутая для объяснения цикличности колебаний численности животных, в том числе насекомых, круговоротом биогенных элементов, меняющих пищевую ценность растений-хозяев, в целом созвучна трофической теории динамики популяций и имеет немало сторонников среди экологов. Генетическая теория нацелена на объяснение циклов численности зависимым от плотности изменением генотипического состава особей в популяциях [Chitty, 1955, Krebs, 1978], а именно в периодичности наследственных свойств вида в годы нарастания и депрессии численности [Tamarin, 1978; Boonstra, Krebs, 1979; Sinervo et al., 2000; Чайка, 2002; Sinclair et al., 2003; Martínez-Padilla et al., 2014, и др.]. Хотя воздействие климата на цикличность колебаний численности во многих случаях доказано [Hone, Glutton-Brock, 2007; Ims et al., 2008; Boggs, Inouye, 2012], все попытки доказать, что климатический фактор является основным индуктором циклических колебаний, оказались безуспешными [Одум, 1986]. Развивая идеи А.Л.Чижевского [1995, 1976], немало авторов пытались нащупать связь периодичности динамики численности насекомых с цикличностью воздействий космических факторов, в первую очередь солнечной активности [Белецкий, 1992, 2011]. О тесной связи вспышек размножения саранчовых с циклами солнечной активности писал еще Ф.П. Кеппен в 1870 г., затем этот факт был подтвержден работами Н.М. Кулагина и Б.П. Уварова в 20-х гг. прошлого века и, наконец, Н.С. Щербиновским в 1950-х. В мировой зоологической литературе негативное отношение к «теории солнечных пятен» сформировалось под влиянием итогов дискуссий о природе популяционных циклов североамериканских видов позвоночных [MacLulich, 1937; Elton, Nicholson, 1942]. Соответственно, Г.А.Викторов [1967] указывал, что стадные саранчовые представляют собой вероятно единственный пример насекомых, периодичная динамика численности которых

обнаруживает определенную связь с циклами солнечной активности. В настоящее время получено немало материалов, подтверждающих пространственную синхронность колебаний вспышек размножений [Raimondo et al., 2004], а применение новых, более совершенных технологий обработки данных (в том числе с использованием ГИС) заставляет отнести к «теории солнечных пятен» вполне серьезно [Kivana et al., 2004]. Статистическая достоверность связи цикличности массовых размножений насекомых-фитофагов с периодичностью солнечной активности находит подтверждение в немалом числе публикаций [Myers, 1998; Ruohomäki et al., 2000; Selås et al., 2004, и др.], хотя, при желании, конечно, легко отыскать статьи, в которых связь колебаний численности с солнечной активностью не подтверждается [Nilssen et al., 2007]. Таким образом, развитие исследований по проблеме вступило в нормальную академическую стадию, когда защищаются диссертации [Колесник, 2002; Бреус, 2003; Кравченко, 2004], выходят монографии [Владимирский, Темурьянц, 2000], публикуются статьи в научно-популярных журналах [Бреус, Раппопорт 2005], однако основная проблема состоит в том, что физическая природа гелиогеофизических воздействий на биологические объекты до сих пор неясна и является предметом серьезных дискуссий.

Математическая экология как наука начала формироваться в начале XX столетия — ее возникновение ознаменовали труды В.Вольтерра и А.Лотки, а дальнейшее развитие продолжили Г.Ф. Гаузе, А.Н.Колмогоров, Ю.Одум и др. [Вольтерра, 1976; Lotka 1925; Gause, 1934; MacArthur, 1955; Rosenzweig, MacArthur, 1963; Holling 1965; Колмогоров, 1972; Одум, 1986; Полуэктов и др., 1980; Свирежев, Логофет, 1978; Петросян, Захаров, 1986; Розенберг, 2013 и др.]. Наиболее глубоко математические методы проникли в исследование вопросов популяционной биологии [Бейли, 1970; Уатт, 1971; Петросян, Захаров, 1986 и др.], включая изучение вопросов цикличности. Так, Г. Гаузе [Gause, 1934] в опытах с двумя видами инфузорий в системе «хищник-жертва» не смог получить устойчивых колебаний. Под влиянием математической модели, построенной Г.Ф.Гаузе совместно с А.А. Витом [1934], был выдвинут до сих пор вызывающий дискуссии принцип конкурентного исключения видов, занимающих сходные экологические ниши [Hutchinson, 1957; Галл, 1979; Connell, 1980; Гиляров, 2002]. В опытах С.Утиды [Utida, 1957] с жуком зерновкой *Callosobruchus chinensis* L. и наездником браконидой *Heterospilus prosopidis* Viereck при некоторых начальных условиях эксперимента удалось получить длительные флуктуации численности, но не образующие в строгом смысле замкнутого цикла. Колебания численности со значительной амплитудой были получены в опытах с изолированной популяцией австралийской зелёной мясной мухой *Lucilia cuprina* (Wiedemann), где при изменении пищевого обеспечения наблюдались резкие незатухающие флуктуации [Nicholson, 1957]. В итоге была предложена математическая модель — дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом, где в качестве регулятора внутривидовой конкуренции использовалась функция Рикера, известная как «Nicholson's blowflies revisited» [Gurney et al., 1980]. В уравнении после бифуркации Андронова-Хопфа возникает цикл, быстро принимающий релаксационную форму, но для подобного типа

решения необходима существенно выраженная запаздывающая регуляция. Дальнейшие улучшения характеристик уравнения с запаздыванием циклов были предложены в публикациях К. Гополсами [Gopalsamy, 1992] и С. Руан [Ruan, 2001]. Моделирование развития и завершения вспышки остается одной из центральных проблем математической экологии, в том числе из-за очевидного различия факторов, которые могут вызывать эти процессы при разных экологических условиях. Как феноменологическое явление вспышка рассмотрена в известной катастрофической модели Д.Людвига с соавторами [Ludwig et al., 1978] на примере поведения еловой листовёртки-почкоеда *Choristoneura fumiferana* (Clemens). Полученная динамическая система способна образовать одно или три устойчивых состояния. Дальнейшее развитие модель получила в ряде работ [Vaidya, Wu, 2008] и [Sharma et al., 2015], где дифференциальное уравнение динамики численности насекомого модифицировалось стохастическим возмущением. Общие проблемы подобного рода моделей кроются в слабом экологическом обосновании сценариев завершения вспышек, которые могут осуществляться различными путями и не обязательно сопровождаться столь же резким падением численности до некоторого ненулевого стабильного значения.

К настоящему времени в экологическом моделировании создано огромное количество самых разнообразных математических моделей, предназначенных для описания динамики популяций и экосистем [Malthus, 1798; Verhulst, 1838; Васильев и др., 1973, 1975; Смит, 1976; Вольтерра, 1976; Varley et al., 1974; Полуэктов и др., 1980; Семейский, Семенов, 1982; Исаев и др., 1984, 2001; Базыкин, 1985; Шаров, 1986; Апонин, Апонина, 2007; Hannon, Ruth, 2008]. Обилие существующих моделей имеет обратной стороной проблему выбора модели, лучше всего подходящей к описанию динамики в том или ином конкретном случае [Недорезов, Садыкова, 2005]. Более того, стремясь достичь высокой степени обобщения и при этом пренебрегая деталями механизмов, определяющих процессы динамики численности, математики порой предлагают модели, которые невозможно проверить в природе [Гурьянова, 2003]. В то же время ни одна из серьезных систем управления природной ситуацией, в т.ч. конструкция ИРМ не может считаться завершённой без ее анализа с помощью математической модели [Шаров, 1986].

Биологическим системам свойственны сложные типы поведения, такие как ограниченность роста, мультистабильность, периодические и квазистохастические изменения переменных, характеризующих живую систему, данные обстоятельства обуславливают необходимость использования для их описания нелинейных уравнений — обыкновенных, разностных, с запаздывающим аргументом [Ризниченко, 2010]. В обыденном смысле под хаосом понимают беспорядок и неразбериху. В математике хаос определяется как аперiodическое детерминированное поведение динамической системы, крайне чувствительное к начальным условиям, когда малое возмущение граничных условий приводит к конечному изменению траектории динамической системы в фазовом пространстве [Шустер, 1988; Трубецков, 1998; Глейк, 2001; Малинецкий и др., 2006]. Впервые строго математически эту зависимость, позже названную «эффектом бабочки» — «сегодняшнее

трепетание крыльев мотылька в Пекине через месяц может вызвать ураган в Нью-Йорке», — обосновал один из основоположников теории хаоса американский метеоролог и математик Э.Н.Лоренц [Lorenz, 1963]. Оказалось, что несмотря на кажущуюся простоту, одномерные дискретные динамические системы могут демонстрировать достаточно сложное поведение [Братусь и др., 2017]. Так, известная логистическая модель П.Ферхюльста [Verhulst, 1838] обнаруживает целый спектр возможных типов решений, включая колебательные изменения разного периода [Ризниченко, 2010], раскрывая сущность таких понятий теории хаоса, как аттрактор, бифуркация, рождение цикла, удвоение периода, переход к хаосу, универсальность, самоподобие [Ряшко, 2001]. Простейшие системы с тремя переменными, типа модели Лоренца, демонстрируют всю палитру универсальных сценариев вхождения в хаос, например, сценарий Рюэля-Такенса, когда после бифуркации утроения периода возможно появление странного аттрактора. Анализ свидетельствует, что точки неустойчивости систем и есть самые эффективные состояния для управления ими. После вывода системы в неустойчивое состояние, она лишается своих адаптивных способностей, управляемых отрицательными обратными связями, на преодоление которых уже не надо тратить энергии управляющего воздействия [Буданов, 2009]. Основываясь на теореме А.Н. Шарковского [Шарковский и др., 1989], показавшего, что в области хаоса на соответствующей бифуркационной диаграмме имеются окна периодичности, Т.Ли и Дж.Йорк [Li, Yorke, 1975] установили, что одномерная система с регулярным тройным периодом цикла может отобразить регулярные циклы любой другой длины, что имеет важное значение для самых разных прикладных областей человеческой деятельности, связанных с явлением цикличности [Старостина, Тепляков, 2013]. В этой связи все чаще появляются работы, посвященные анализу динамики популяций насекомых, базирующиеся на положениях теории хаоса [Недорезов, 2007; Costantino et al., 1995; Logan, Bentz, 1999, и др.], что открывает новые перспективы для решения широкого круга задач управления численностью вредных членистоногих [Logan, Allen, 1992].

В качестве примера рассмотрим сведения, характеризующие многолетнюю динамику численности кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* (Hbn). В отличие от североамериканских популяций [Chiang, Hodson, 1959, 1972; Hudon, LeRoux, 1986] в Краснодарском крае был обнаружен феномен периодических колебаний численности насекомого [Фролов и др., 2013]. Анализ таблиц выживаемости показал, что периодические депрессии численности хозяина связаны с повышенной смертностью от паразитоидов, таких как *Habrobracon hebetor* Say и *Trichogramma evanescens* Westw. [Фролов и др., 2017], причем ключевая роль этих видов паразитоидов от цикла к циклу динамики

численности хозяина резко меняется [Frolov et al., 1999; Фролов, 2004]. Данное обстоятельство на первый взгляд полностью противоречит классической модели биологической регуляции, заставляя предполагать наличие управляющего воздействия некоего циклически меняющегося внешнего фактора, когда роль агента биометода сводится к функции триггера [Шаров, 1986]. Однако, в рамках концепции хаоса можно найти логичное объяснение феномену сменяемости вида-регулятора в циклах неустойчивостью системы в момент прохождения ею состояния минимальной численности популяции, когда небольшие и случайные различия в численностях паразитоидов в начале цикла окажутся определяющими в отношении того, какой вид энтомофага будет оказывать управляющее воздействие на хозяина в период завершения цикла. С другой стороны, в рамках нелинейной модели путем модификации ряда погодно-климатических параметров, вызывавших относительно небольшие изменения в характеристиках выживаемости насекомого, было наглядно продемонстрировано каким образом циклическая динамика численности кукурузного мотылька превращается в хаотичную и обратно [Cavalieri, Koçak, 1995]. После того, как популяция входила в состояние хаоса, ее численность достигала значений более высоких, чем при стабильных циклах вне зависимости от того, какой использовали способ контроля численности вредителя [Cavalieri, Koçak, 1994]. Основываясь на результатах изучения модели делается вывод, что биологическая защита от кукурузного мотылька в условиях, провоцирующих хаотичную динамику численности насекомого, может оказаться недостаточно эффективной [Cavalieri, Koçak 1995a].

Таким образом, представленный в обзоре материал наглядно свидетельствует, что прошедшая длительный исторический путь тема исследований, связанных с разработкой проблем динамики численности насекомых, как одного из важнейших направлений в популяционной экологии животных, не только не утратила своей актуальности, но и находится на подъеме, что связано с появлением новых подходов, в первую очередь математическим моделированием. Вместе с тем, сложность объектов моделирования и важность решаемых задач указывают на необходимость дальнейшего накопления массива многолетних данных, которые будут содействовать появлению моделей, адекватно описывающих и прогнозирующих развитие природных явлений и процессов [Перцев, 1998]. В связи со сказанным становится очевидным, что изучение динамики численности вредных членистоногих безусловно следует рассматривать в качестве одной из первоочередных фундаментальных задач современной сельскохозяйственной энтомологии, которая должна быть поставлена в один ряд с остальными, рассмотренными в программной статье В.А.Павлюшина с соавторами [2008].

Выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-01226).

Библиографический список

- Алехин В.Т. Новый препарат для стимуляции иммунитета и повышения продуктивности растений. / В.Т. Алехин, Т.А. Рябчинская, И.Ю. Бобрешова, Г.Л. Харченко, Н.А. Саранцева // Защ. и кар. раст. 2010. 3. С. 44–46.
- Андреев С.Ю. Экономические циклы в современной макроэкономической теории. / С.Ю. Андреев // Политематический сетевой электронный научн. журн. Кубанского гос. агр. ун-та. 2012. 75. С. 732–751.
- Апонин Ю.М. Иерархия моделей математической биологии и численно-аналитические методы их исследования (обзор). / Ю.М. Апонин, Е.А. Аполина // Мат. биол. и биоинформ. 2007. 2(2). С. 347–360.
- Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. / А.Д. Базыкин // М.: Наука, 1985. 181 с.
- Баранов А.О. Тревожные перспективы: прогноз развития экономики России на 2015–2017 гг. / А.О. Баранов, В.Н. Павлов, Т.О. Тагаева // ЭКО.

2014. 12 (486). С. 15–35.
- Бартев С.А. История экономических учений: учебник. / С.А. Бартев // М.: Магистр, 2007. 478 с.
- Бахвалов С.А. Факторы и экологические механизмы популяционной динамики лесных насекомых-филлофагов. / С.А. Бахвалов, Е.В. Колтунов, В.В. Мартемьянов // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 299 с.
- Бейли Н. Математика в биологии и медицине. / Н. Бейли // М.: Мир, 1970. 326 с.
- Белецкий Е.Н. Теория цикличности динамики популяций и методы многолетнего прогноза массового размножения вредных насекомых. / Е.Н. Белецкий // Дисс. д-ра биол. наук. 06.01.11. Харьков: ХГАУ им. В.В. Докучаева, 1992. 290 с.
- Белецкий Е.Н. Теория и технология многолетнего прогноза. / Е.Н. Белецкий // Защ. и кар. раст. 2006. 5. С. 46–50.
- Белецкий Е.Н. Массовые размножения насекомых. История, теория, прогнозирование. / Е.Н. Белецкий // Харьков: Майдан, 2011. 172 с.
- Белецкий Е.Н. Фитосанитарное прогнозирование на Украине: история, методология, пути совершенствования. / Е.Н. Белецкий // Защ. и кар. раст. 2015. 12. С. 14–19.
- Бельских И.Е. Кризис региональной экономики 2015–2017 гг. в России: поиск альтернатив развития. / И.Е. Бельских // Региональная экономика: теория и практика. 2014. 26(353). С. 2–9.
- Бестужев-Лада И.В. Рабочая книга по прогнозированию. / И.В. Бестужев-Лада (ред.) // М.: Мысль, 1982. 430 с.
- Братусь А. Динамические системы и модели в биологии. / А. Братусь, А. Новожилов, А. Платонов // Litres, 2017. 400 с.
- Бреус Т.К. Влияние солнечной активности на биологические объекты. / Т.К. Бреус // Автореф. ... докт. дис. М.: ИКИ РАН, 2003. 41 с.
- Бреус Т.К. Возрождение гелиобиологии. / Т.К. Бреус, С.И. Раппопорт // Природа. 2005. 9. С. 54–62.
- Буданов В.Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании. / В.Г. Буданов // М.: Изд-во ЛКИ, 2009. 240 с.
- Бушуев В. В. Долгосрочный прогноз динамики мирового нефтяного рынка и экономического развития России с учетом цикличности мировой экономики. / В.В. Бушуев, С.В. Голубев // Экон. наука совр. России. 2002. 4. С. 157–164.
- Васильев С.В. Алгоритм решения задач прогнозирования многофакторного процесса динамики численности популяции. / С.В. Васильев, И.Я. Поляков, М.И. Саулич, Г.Е. Сергеев // Тр. ВИЗР. 1975. 50. С. 139–165.
- Васильев С.В. Теория и методы использования моделирования и ЭВМ в защите растений. / С.В. Васильев, И.Я. Поляков, Г.Е. Сергеев // Тр. ВИЗР. 1973. 39. С. 61–119.
- Викторов Г.А. К вопросу о причинах массовых размножений насекомых. / Г.А. Викторов // Зоол. журн. 1955. 34(2). С. 259–266.
- Викторов Г.А. Проблемы динамики численности насекомых на примере вредной черепашки. / Г.А. Викторов // М.: Наука, 1967. 271 с.
- Викторов Г.А. Теория динамики численности насекомых и практика защиты растений. / Г.А. Викторов // Защ. раст. 1968. 7. С. 9.
- Викторов Г.А. Динамика численности животных и управление ею. / Г.А. Викторов // Зоол. журн. 1975. 54(6). С. 804–821.
- Владимирский Б.М. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от Чижевского до наших дней). / Б.М. Владимирский, Н.А. Темуриянц // М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 374 с.
- Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. / В. Вольтерра // М.: Наука, 1976. 288 с.
- Галл Я.М. К дискуссии о законе Гаузе. / Я.М. Галл // Вопросы развития эволюционной теории в XX веке. Л.: Наука, 1979. С. 50–60.
- Гаузе Г.Ф. О периодических колебаниях численности популяции: математическая теория релаксационного взаимодействия между хищниками и жертвами и ее применение к популяциям двух простейших. / Г.Ф. Гаузе, А.А. Витт // Изв. Российской акад. наук. Сер. Математическая. 1934. 10. С. 1551–1559.
- Гиляров А.М. Популяционная экология. / А.М. Гиляров // М.: Изд-во МГУ, 1990. 191 с.
- Гиляров А.М. Виды сосуществуют в одной экологической нише. / А.М. Гиляров // Природа. 2002. 11. С. 71–74.
- Глазьев С.Ю. О стратегии устойчивого развития экономики России. / С.Ю. Глазьев, Г.Г. Фетисов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. 1 (25). С. 23–35.
- Глейк Дж. Хаос: Создание новой науки. / Дж. Глейк // СПб.: Амфора, 2001. 398 с.
- Гончаренко А.П. Экономика России в цикличности мирового экономического развития и пути выхода из кризиса. / А.П. Гончаренко // Журн. УЭК. 2017. 4 (98). С. 1–25.
- Гончаров Н.Р. Развитие инновационных процессов в защите растений. / Н.Р. Гончаров // Защ. и кар. раст. 2010. 4. С. 4–8.
- Грэм Б. Разумный инвестор: полное руководство по стоимостному инвестированию. / Б. Грэм // М.: Альпина Паблишер, 2014. 568 с.
- Грэхем Б. Анализ ценных бумаг. / Б. Грэхем, Д. Додд // М.: Вильямс, 2016. 880 с.
- Гурьянова Т.М. Длительный мониторинг как метод решения задач динамики численности филлофагов. / Т.М. Гурьянова // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2003. 2. С. 60–63.
- Гурьянова Т.М. Плодовитость рыжего соснового пилильщика (*Neodiprion sertifer*) в связи с циклическими волнами его размножения: эффекты инвариантности. / Т.М. Гурьянова // Зоол. журн. 2006. 85(9). С. 1085–1095.
- Долженко В.И. Химический метод защиты растений: состояние и перспективы повышения экологической безопасности. / В.И. Долженко, К.В. Новожилов // Защ. и кар. раст. 2005. 3. С. 80–84.
- Журавлева Т.А. К вопросу об оценке влияния цикличности мирового развития на экономику России. / Т.А. Журавлева, Т.Н. Ямщикова, К.В. Павлов, А.С. Бобков // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. 6-3(51). С. 52–56.
- Зубков А.Ф. Агробиоценологическая модернизация защиты растений. / А.Ф. Зубков // СПб: ВИЗР, 2014. 116 с.
- Ивантер В.В. Долгосрочный прогноз развития экономики России на 2007–2030 гг. (по вариантам). / В.В. Ивантер, М.Н. Узяков, И.Н. Шюкин, А.А. Широков, А.В. Суворов, А.С. Некрасов, Ю.В. Синяк, М.Ю. Ксенофонтов, И.А. Буданов, В.Н. Борисов, А.Г. Коровкин, В.С. Панфилов, О.Дж. Говтвань, А.Г. Шураков, Н.И. Комков, И.Э. Фролов // Пробл. прогнозирования. 2007. 6. С. 3–45.
- Иоганзен Б.Г. Основы экологии. / Б.Г. Иоганзен // Томск: ТГУ, 1959. 389 с.
- Исаев А.С. Динамика численности лесных насекомых. / А.С. Исаев, Р.Г. Хлебопрос, Л.В. Недорезов, Ю.П. Кондаков, В.В. Киселев // Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 224 с.
- Исаев А.С. Популяционная динамика лесных насекомых. / А.С. Исаев, Р.Г. Хлебопрос, Л.В. Недорезов, Ю.П. Кондаков, В.В. Киселев, В.Г. Суховольский // М.: Наука, 2001. 374 с.
- Исаев А.С. Динамика численности лесных насекомых-филлофагов: модели и прогнозы. / А.С. Исаев, Е.Н. Пальникова, В.Г. Суховольский, О.В. Тарасова // М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2015. 262 с.
- Колмогоров А.Н. Качественное изучение математических моделей динамики популяций. / А.Н. Колмогоров // Пробл. кибернетики. 1972. 25(2). С. 101–106.
- Колесник Ю.А. Исследование реакций биоты на многолетние изменения гелиогеофизических процессов. / Ю.А. Колесник // Дис... д-ра биол. наук. Уссурийск: гос. пед. ин-т, 2002. 291 с.
- Кондаков Ю.П. Массовые размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края. / Ю.П. Кондаков // Энтотом. исслед. в Сибири. Красноярск: КФ РЭО, 2002. 2. С. 25–74.
- Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. / Н.Д. Кондратьев // М.: 1989. 412 с.
- Коротаев А.В., Кондратьевские волны в мировой экономической динамике. / А.В. Коротаев, С.В. Цирель // Системный мониторинг. Глобальное и региональное развитие. URSS, 2009. С. 189–229.
- Кравченко В.П. Характер влияния солнечной активности на динамику численности экспериментальных популяций дрозофилы. / В.П. Кравченко // Автореф. ... канд. дис. Иркутск: Иркутск. гос. ун-т, 2004. 20 с.
- Ланкин Ю.П. Основы теории моделирования разнообразия экосистем биосферы на основе фундаментальных свойств живых систем. / Ю.П. Ланкин, Н.С. Иванова, Т.Ф. Басканова // Современные пробл. науки и образования, 2012. 1: [url: https://www.science-education.ru/article/view?id=5144](https://www.science-education.ru/article/view?id=5144) (дата обращения: 30.10.2017).
- Личко К.П. Прогнозирование и планирование в АПК. / К.П. Личко, М.А. Романов // Экономика сельского хозяйства России. 2009. 4. С. 44–56.
- Лямцев Н.И. Многолетняя динамика численности зеленой дубовой листовертки в Европейской России. / Н.И. Лямцев // Лесоведение. 2011. 6. С. 79–85.
- Максимов А.А. Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. / А.А. Максимов // Новосибирск: Наука, 1984. 249 с.
- Макфедьен Э. Экология животных. Цели и методы. / Э. Макфедьен // М.: Мир, 1965. 376 с.
- Малинецкий Г.Г. Нелинейная динамика: подходы, результаты, надежды. / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов, А.В. Подлазов // М.: УРСС, 2006. 280 с.
- Мэрфи Д. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. / Д. Мэрфи // М.: Альпина Паблишер, 2011. 616 с.
- Михайликова В.В. Использование средств защиты растений в Российской Федерации (аналитический обзор). / В.В. Михайликова, Н.С. Стребкова, Д.Н. Говоров, А.В. Живых // Защ. и кар. раст. 2013. 9. С. 8–10.
- Михайликова В.В. Применение пестицидов в Российской Федерации. / В.В. Михайликова, Н.С. Стребкова, Д.Н. Говоров, А.В. Живых // Защ. и кар. раст. 2015. 11. С. 12–14.
- Мончадский А.С. Экологические факторы и принципы их классификации. / А.С. Мончадский // Ж. общ. биол. 1962. 23(5). С. 370–380.

- Недорезов Л.В. К проблеме выбора математической модели динамики популяции (на примере зелёной дубовой листовёртки). / Л.В. Недорезов, Д.Л. Садыкова // Евразийский энтомолог. журн. 2005. 4(4). С. 263–272.
- Недорезов Л.В. Об оценке влияния качества корма и паразитизма на циклические колебания серой листовичной листовёртки. / Л.В. Недорезов // Евразийский энтомолог. журн. 2007. 6(2). С. 229–244.
- Новожилов К.В. Эколого-биоэкологическая концепция защиты растений в адаптивном земледелии. / К.В. Новожилов, В.А. Захаренко, Н.А. Вилкова, К.Е. Воронин // С.-х. биол. 1993. 5. С. 54–62.
- Новожилов К.В. Химический метод и окружающая среда: принципы снижения опасности. / К.В. Новожилов, Г.И. Сухорученко // Защ. и кар. раст. 1997. 8. С. 14–15.
- Одум Ю.П. Экология. / Ю.П. Одум // М.: Мир, 1986. В 2-х т. Т.1. 328 с., Т. 2. 376 с.
- Озерецковская О.Л. Индуцирование устойчивости растений биогенными элиситорами фитопатогенов. / О.Л. Озерецковская // Прикл. биохимия и микробиол. 1994. 30(3). С. 325–339.
- Павлов Д.С. Экологическая концепция природопользования. / Д.С. Павлов, Б.Р. Стриганова, Е.Н. Букварева // Вестн. РАН. 2010. 80(2). С. 131–140.
- Павлюшин В.А. Фундаментальные проблемы сельскохозяйственной энтомологии. / В.А. Павлюшин, В.Н. Бузов, К.В. Новожилов, В.И. Танский // Вестн. заш. раст. 2008. 1. С. 3–13.
- Павлюшин В.А. Научное обеспечение защиты растений и продовольственная безопасность России. / В.А. Павлюшин // Защ. и кар. раст. 2010. 2. С. 11–15.
- Павлюшин В.А. Интегрированная защита озимой пшеницы. / В.А. Павлюшин, В.И. Долженко, А.М. Шпанев, А.Б. Лаптев, Н.Р. Гончаров, А.К. Лысов, О.В. Кунгурцева, Л.Д. Гришечкина, Л.А. Буркова, А.С. Голубев, А.А. Яковлев, Н.В. Бабич, А.И. Силаев, В.А. Хилевский, Н.Н. Лунова, Т.Ю. Гагаева, Н.А. Вилкова, Л.И. Нефедова, Г.И. Сухорученко, Е.И. Гуляева, Л.А. Михайлова, О.А. Баранова, Л.Н. Ульянов, Л.А. Беспалова, И.Б. Аблова, В.А. Филоненко // Защ. и кар. раст. 2015. 5. С. 38–71.
- Павлюшин В.А. Новая парадигма развития защиты растений и моделирование фитосанитарных процессов в агроэкосистемах. / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова // В сб.: Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления. Мат. Всероссийской науч. конф., 2016. С. 31–36.
- Пальникова Е.Н. Сосновая пяденица в лесах Сибири. Экология, динамика численности, влияние на насаждения. / Е.Н. Пальникова, И.В. Свириденко, В.Г. Суховольский // Новосибирск: Наука, 2002. 232 с.
- Перцев Н.В. Математическое моделирование динамики взаимодействующих популяций с ограниченным временем жизни индивидуумов. / Н.В. Перцев // Дисс. на соискание уч. степ. доктора физ.-мат. наук. Омск, 1998. 192 с.
- Петросян Л.А. Введение в математическую экологию. / Л.А. Петросян, В.В. Захаров // Л.: Изд-во ЛГУ, 1986. 224 с.
- Пианка Э. Эволюционная экология. / Э. Пианка // М.: Мир, 1981. 399 с.
- Полужков Р.А. Динамические модели экологических систем. / Р.А. Полужков, Ю.А. Пых, И.А. Швытов // Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 288 с.
- Поляков И.Я. Теоретическая сущность учения о периодичности массовых размножений полевых и мышей. / И.Я. Поляков // Журн. общ. биол. 1949. 10(3). С. 249–260.
- Поляков И.Я. Теоретические основы прогноза численности мышевидных грызунов и мероприятий по предотвращению их вредности в европейской части СССР и Закавказье. / И.Я. Поляков // Автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. Л., 1950. 44 с.
- Поляков И.Я. К теории прогноза численности мелких грызунов. / И.Я. Поляков // Журн. общ. биол. 1954. 15(2). С. 91–108.
- Поляков И.Я. Прогноз распространения вредителей сельскохозяйственных культур. / И.Я. Поляков // М.: Колос, 1964. 326 с.
- Поляков И.Я. Развитие и современное состояние теории динамики популяций животных. / И.Я. Поляков // Методы прогноза появления вредителей и болезней сельскохозяйственных растений и сигнализация сроков проведения защитных обработок. Мат-лы науч.-метод. совещ., Л.: ВИЗР, 1968. С. 5–23.
- Поляков И.Я. Логика этапов разработки проблемы прогнозов в защите растений. / И.Я. Поляков // Тр. ВИЗР. 1976. 5. С. 5–23.
- Поляков И.Я. Методы управления агроэкосистемами и принципы их разработки. / И.Я. Поляков // М.: ВНИИТЭСХ, 1976. 66 с.
- Поляков И.Я. Пути автоматизации прогнозов динамики популяций вредителей сельскохозяйственных культур. / И.Я. Поляков, Т.С. Гладкина, Г.М. Доронина, С.И. Левина, Л.А. Макарова, Г.Е. Сергеев // Методы автоматизации прогнозирования и планирования работ по защите растений / Тр. ВИЗР. 1980. С. 20–88.
- Поляков И.Я. Научные и организационные проблемы прогнозов в защите растений. / И.Я. Поляков, А.Я. Семенов // Экологические основы стратегии и тактики защиты растений / Тр. ВИЗР. 1979. С. 17–29.
- Поляков И.Я. Прогноз развития вредителей сельскохозяйственных растений. / И.Я. Поляков, Г.Е. Сергеев, Ф.М. Полоскина, Л.А. Макарова, Л.М. Копанева, В.И. Танский, А.Ф. Ченкин // Л.: Колос, 1975. 186 с.
- Поляков И.Я. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (с практикумом). / И.Я. Поляков, М.П. Персов, В.А. Смирнов // Л.: Колос, 1984. 318 с.
- Поляков И.Я. О теоретических основах экологии. / И.Я. Поляков, Е.М. Шумаков // Вестн. заш. раст. 1940. 5. С. 13–14.
- Поляков И.Я. Контроль и прогноз — основа целенаправленной защиты растений. / И.Я. Поляков, В. Эберт (ред.) // Берлин (ГДР), 1982. 352 с.
- Попов С.Я. Многолетние показатели сезонного развития паутинных клещей рода *Tetranychus* Dufour, (Acariformes, Tetranychidae) на землянике в Московской области. / С.Я. Попов // Энтомолог. обзор. 2003. 82(1). С. 71–85.
- Пюрвеев Д.Б. Учение В.И. Вернадского о ноосфере и модель космопланетарной интеграции планеты. / Д.Б. Пюрвеев // Уровень жизни населения регионов России. 2013. 12. С. 93–105.
- Рафес П.М. Биоэкологическая теория динамики популяций растительноядных лесных насекомых. / П.М. Рафес // Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978. С. 34–51.
- Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. / Г.Ю. Ризниченко // М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. 560 с.
- Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. / Г.С. Розенберг // Тольятти: Кассандра, 2013. Т.1, 565 с.
- Ряшко Л.Б. Модели динамики популяции: от порядка к хаосу. / Л.Б. Ряшко // Соросовский образоват. журн., 2001. 7(10). С. 122–127.
- Садовничий В.А. Комплексное моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в контексте мировой динамики. / В.А. Садовничий, А.А. Акаев, А.В. Коротаев, С.Ю. Малков // М.: Изд. Дом «Наука», 2014. 382 с.
- Самерсов В.Ф. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней. / В.Ф. Самерсов (ред.) // Барановичи, 1998. 469 с.
- Свирижев Ю.М. Устойчивость биологических сообществ. / Ю.М. Свирижев, Д.О. Логофет // М.: Наука, 1978. 352 с.
- Свириденко П.А. Размножение и гибель мышевидных грызунов. / П.А. Свириденко // Тр. по заш. раст. Л.: 1934. IV(3). С. 11–21.
- Свириденко П.А. О периодичности массовых появлений мышевидных грызунов. / П.А. Свириденко // Мат. II экол. конф.: Тезисы докл., ч. II. Киев: Изд-во Киевск. ун-та, 1950. С. 79–83.
- Семевский Ф.Н. Математическое моделирование экологических процессов. / Ф.Н. Семевский, С.М. Семенов // Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 280 с.
- Смит Дж.М. Модели в экологии. / Дж.М. Смит // М.: Мир, 1976. 184 с.
- Сорока С.В. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков (Рекомендации в 2-х книгах). / С.В. Сорока (ред.) // Минск: ИВЦ Минфина, 2003. кн. 1, 248 с.; кн. 2, 255 с.
- Старостина В.В. Вокруг теоремы Шарковского. / В.В. Старостина, В.В. Тепляков // Вестн. Северного (Арктического) фед. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2013. 4. С. 97–104.
- Столяров М.В. Цикличность и некоторые особенности массовых размножений итальянского пруса (*Calliptamus italicus* L.) на юге России. / М.В. Столяров // Экология. 2000. 1. С. 48–53.
- Столяров М.В. Некоторые особенности прогнозирования динамики численности стадных саранчовых. Надолго ли затихает их размножение? / М.В. Столяров // Защ. и кар. раст. 2005. 1. С. 38–41.
- Сугоняев Е.С. Принципы формирования программы экологического управления популяциями вредных и полезных видов членистоногих (Arthropoda) в агроэкосистеме яблоневых садов на Северном Кавказе. / Е.С. Сугоняев, Т.Н. Дорошенко, В.А. Яковук, И.В. Балахнина, О.С. Шевченко // Энтомолог. обзор. 2010. 89(2). С. 279–294.
- Сухорученко Г.И. Система интегрированной защиты репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации. / Г.И. Сухорученко, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев, Н.А. Вилкова, С.Р. Фасулати, А.Б. Верещагина, М.Н. Берим, А.В. Хютти, Т.С. Фоминых, Ф.Б. Ганнибал, В.А. Павлюшин, Л.Г. Данилов, А.М. Лазарев, Л.А. Буркова, О.В. Долженко, Л.Д. Гришечкина, Т.А. Маханькова, А.С. Голубев, А.К. Лысов, Т.В. Корнилов, Н.Р. Гончаров, Н.И. Наумова // СПб - Пушкин: ООО РТ Царское село, 2016. 64 с.
- Танский В.И. Вредность насекомых и методы её изучения. / В.И. Танский // М.: ВНИИТЭСХ. 1975. 68 с.
- Танский В.И. Биологические основы вредности насекомых. / В.И. Танский // М.: Агропромиздат, 1988. 180 с.

- Тарасевич Л.С. Макроэкономика: учебник для бакалавров. / Л.С. Тарасевич, П.И. Гребенников, А.И. Леусский // М.: Изд-во Юрайт, 2012. 686 с.
- Тарп В. Трейдинг – ваш путь к финансовой свободе. / В. Тарп //СПб.: Питер, 2005. 368 с.
- Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. / И.А. Тарчевский //М.: Наука, 2002. 294 с.
- Трубецков Д.И. Турбулентность и детерминированный хаос. / Д.И. Трубецков // Соросовский образоват. журн. 1998. 1: С. 77–83.
- Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений. / С.Л. Тютюрев // СПб: ВИЗР, 2002. 328 с.
- Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. / К. Уатт //М.: Мир, 1971. 463 с.
- Фадеев Ю.Н. Интегрированная защита растений. / Ю.Н.Фадеев, К.В. Новожилов //М.: Колос, 1981. 355 с.
- Фролов А.Н. Биотические факторы депрессии кукурузного мотылька. / А.Н. Фролов // Вестн. защ. раст. 2004. 2. С. 37–47.
- Фролов А.Н. Динамика численности растительноядных насекомых: исторический экскурс, современное состояние, проблемы. / А.Н. Фролов // Второй Всероссийский съезд по защите растений. СПб, 5–10 декабря 2005. Фитосанитарное оздоровление экосистем (Мат. съезда в 2-х томах). СПб, 2005. 1. С. 302–304.
- Фролов А.Н. Современные направления совершенствования прогнозов и мониторинга. / А.Н. Фролов // Защ. и кар. раст. 2011. 4. С. 15–20.
- Фролов А.Н. Цикличность многолетней динамики численности вредных насекомых: кукурузный мотылек как пример. / А.Н. Фролов, Г.Е. Сергеев, Ю.М. Малыш, А.Г. Конончук, И.В. Грушевая // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. III Всероссийский съезд по защите растений (Санкт-Петербург, 16–20 декабря 2013 г.). СПб: ВИЗР, 2013. 1. С. 89–93.
- Фролов А.Н. Закономерности многолетней динамики численности вредных насекомых в агроценозах. / А.Н. Фролов, И.В. Грушевая, Ю.М. Малыш, Ю.С. Токарев, А.Н. Афонин // XV Съезд Русского энтомологического общества. Мат-лы съезда. Новосибирск, 31 июля – 07 августа 2017 г. Новосибирск: Изд-во Граммонд, 2017. С. 503–505.
- Чайка В.Н. Проблемы массовых размножений насекомых. 1. Механизмы динамики популяций насекомых-фитофагов в концепциях эволюции генетического материала. / В.Н. Чайка //Изв. Харьков. энтомол. об-ва, 2002. 9(1-2). С. 250–262.
- Чернова Н.М. Общая экология. / Н.М. Чернова, А.М. Былова //М.: Изд-во Дрофа, 2004. 416 с.
- Чернышев В.Б. Экологическая защита растений. Членистоногие в агроэкосистеме: Учеб. пособие для студентов-биологов. / В.Б. Чернышев //М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 132 с.
- Чернышев В.Б. Сельскохозяйственная энтомология (экологические основы): курс лекций. / В.Б. Чернышев //М.: Изд-во Триумф, 2012. 232 с.
- Четвериков С.С. Волны жизни (из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 г.) / С.С. Четвериков // Дневн. зоол. отд. имп. об-ва любит. естествозн., антропол. и этнографии. 1905. 3(6). С. 106–111.
- Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. / А.Л. Чижевский //М.: Мысль, 1976. 367 с.
- Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. / А.Л. Чижевский //М.: Мысль, 1995. 768 с.
- Шарковский А.Н. Динамика одномерных отображений. / А.Н. Шарковский, С.Ф. Коляда, А.Г. Спивак, В.В. Федоренко //Киев: Наукова думка, 1989. 216 с.
- Шаров А.А. Моделирование динамики численности популяций насекомых. Итоги науки и техники, сер. Энтомология. / А.А. Шаров //М.: ВИНТИ, 1986. С. 3–115.
- Шилов И.А. Экология. / Шилов И.А. //М.: Высшая школа, 2009. 512 с.
- Шорохов М.Н. Совершенствование ассортимента инсектицидов для защиты зерновых культур. / М.Н. Шорохов, В.И. Долженко // Вестн. рос. с.-х. науки. 2017. (2). С. 32–34.
- Шпаар Д. Защита растений в устойчивых системах земледелия (в 4-х книгах): учебно-практ. пособие. / Д. Шпаар (ред.) //Торжок: Вриант, 2003. кн. 1. 392 с.
- Шпаар Д. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградарстве (в 2-х книгах). / Д. Шпаар (ред.) // СПб - Пушкин, 2005. кн. 1. 336 с.
- Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение. / Г. Шустер //М.: Мир, 1988. 253 с.
- Щербиновский Н.С. Пустынная саранча шистоцерка. / Н.С. Щербиновский //М.: Гос. изд-во. с.-х. лит., 1952. 416 с.
- Щербиновский Н.С. Солнечно-обусловленная цикличность массовых размножений вредных насекомых и других организмов / Н.С. Щербиновский //Астроном. сборн. 1960. 3–4. С. 165–169.
- Эрлих А.А. Технический анализ товарных и финансовых рынков: прикладное пособие. / А.А. Эрлих //М.: ИНФРА-М, 1996. 176 с.
- Allstadt A.J. Long-term shifts in the cyclicity of outbreaks of a forest-defoliating insect. / A.J. Allstadt, K.J. Haynes, A.M. Liebhold, D.M. Johnson //Oecologia. 2013. 172. С. 141–151.
- Allstadt A.J. Temporal variation in the synchrony of weather and its consequences for spatiotemporal population dynamics. / A.J. Allstadt, A.M. Liebhold, D.M. Johnson, R.E. Davis, K.J. Haynes //Ecology. 2015. 96(11). P. 2935–2946.
- Altieri M.A. Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture. / M.A. Altieri //Berkeley, California: Univ. of California, 1983. 162 p.
- Altieri M. Biodiversity and pest management in agroecosystems. / M. Altieri, C. Nicholls //N.Y. et al.: CRC Press, 2004. 252 p.
- Aluja M. Biorational tree-fruit pest management. / M. Aluja, T.C. Leskey, C. Vincent (eds.) //CABI, 2009. 320 p.
- Andrewartha H.G. The distribution and abundance of animals. / H.G. Andrewartha, L.C. Birch //Chicago, IL, USA: Univ. Chicago Press, 1954. 782 p.
- Andrewartha H.G. An analysis of the idea of “resources” in animal ecology./ H.G. Andrewartha, T.O. Browning //J. Theor. Biol. 1961. 1(1). P. 83–97.
- Barbosa P. Insect outbreaks. / P. Barbosa, J.C. Schultz (eds.) //San Diego: Acad. Press Inc., 1987. 578 p.
- Berryman A.A. Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications. / A.A. Berryman (ed.) //N.Y.: Springer Sci. & Business Media, 1988. 604 p.
- Berryman A.A. What causes population cycles of forest Lepidoptera? / A.A. Berryman //Trends Ecol. Evol. 1996. 11(1). P. 28–32.
- Berryman A.A. Principles of population dynamics and their application. / A.A. Berryman //Cheltenham, UK: Stanley Thornes Publ. Ltd., 1999. 243 p.
- Berryman A.A. Functional web analysis: Detecting the structure of population dynamics from multi-species time series. / A.A. Berryman //Basic Appl. Ecol. 2001. 2(4). P. 311–321.
- Berryman A.A. Population cycles: the case for trophic interactions. / A.A. Berryman (ed.) //New York e.a.: Oxford Univ. Press, 2002. 192 p.
- Berryman A.A. Limiting factors and population regulation. / A.A. Berryman //Oikos. 2004. 105(3). P. 667–670.
- Berryman A.A. Population systems: a general introduction. / A.A. Berryman, P. Kindlmann //Springer Sci. & Business Media, 2008. P. 222 p.
- Berryman A.A. Population regulation, emergent properties, and a requiem for density dependence. / A.A. Berryman, M. Lima Arce, B.A. Hawkins //Oikos. 2002. 99(3). P. 600–606.
- Berryman A.A. Natural regulation of herbivorous forest insect populations / A.A. Berryman, N.C. Stenseth, A.S. Isaev // Oecologia. 1987. 71(2). P. 174–184.
- Berryman A. Detection of delayed density dependence: comment./ A. Berryman, P. Turchin // Ecology. 1997. 78(1). P. 318–320.
- Berryman A. Identifying the density-dependent structure underlying ecological time series. / A. Berryman, P. Turchin // Oikos. 2001. 92(2). P. 265–270.
- Bianchi F.J. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. / F.J. Bianchi, C.J.H. Booij, T. Tscharntke //Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 2006. 273(1595). P. 1715–1727.
- Bjørnstad O.N. Spatial population dynamics: analyzing patterns and processes of population synchrony. / O.N. Bjørnstad, R.A. Ims, X. Lambin //Trends Ecol. Evol. 1999. 14(11). P. 427–432.
- Bjørnstad O.N. Noisy clockwork: time series analysis of population fluctuations in animals. / O.N. Bjørnstad, B.T. Grenfell //Science. 2001. 293(5530). P. 638–643.
- Boggs C.L. A single climate driver has direct and indirect effects on insect population dynamics./ C.L. Boggs, D.W. Inouye // Ecology Letters. 2012. 15(5). P. 502–508.
- Boonstra R. Viability of large and small-sized adults in fluctuating vole populations./ R. Boonstra, C.J. Krebs //Ecology. 1979. 60(3). P. 567–573.
- Bottrell D.R. Integrated pest management. / D.R. Bottrell //Washington, D.C.: Council on Environmental Quality (U.S. Government Printing Office), 1979. 120 p.
- Boulanger Y. Spruce budworm outbreaks in eastern Quebec over the last 450 years. / Y. Boulanger, D. Arseneault // Can. J. Forest Res. 2004. 34(5). P. 1035–1043.
- Bowers R.G. Host-pathogen population cycles in forest insects? Lessons from simple models reconsidered / R.G. Bowers, M. Begon, D.E. Hodgkinson // Oikos. 1993. 67(3). P. 529–538.
- Brook B.W. Strength of evidence for density dependence in abundance time series of 1198 species. / B.W. Brook, C.J. Bradshaw //Ecology. 2006. 87(6). P. 1445–1451.
- Bulmer M.G. The statistical analysis of density dependence. / M.G. Bulmer // Biometrics. 1975. 31(4). P. 901–911.
- Buonaccorsi J.P. Measuring and testing for spatial synchrony./ J.P. Buonaccorsi, J.S. Elkinton, S.R. Evans, A.M. Liebhold // Ecology. 2001. 82(6). P. 1668–1679.

- Burns A.F. Measuring business cycles. / A.F. Burns, W.C. Mitchell // New York: Columbia Univ. Press (for National Bureau of Economic Research), 1946. 560 p.
- Cappuccino N. Novel approaches to the study of population dynamics. / N. Cappuccino // Population dynamics: new approaches and synthesis. San Diego, California: Acad. Press, 1995. P. 3–16.
- Carson R. Silent spring. / R. Carson // Boston: Houghton Mifflin Company, 1962. 368 p.
- Cavaliere L.F. Chaos in biological control systems. / L.F. Cavaliere, H. Koçak // J. Theor. Biol. 1994. 169(2). P. 179–187.
- Cavaliere L.F. Intermittent transition between order and chaos in an insect pest population. / L.F. Cavaliere, H. Koçak // J. Theor. Biol. 1995. 175(2). P. 231–234.
- Cavaliere L.F. Chaos: a potential problem in the biological control of insect pests. / L.F. Cavaliere, H. Koçak // Math. Biosci. 1995a. 127(1). P. 1–17.
- Chen M. Insect-resistant genetically modified rice in China: from research to commercialization. / M. Chen, A. Shelton, G.Y. Ye // Annu. Rev. Entomol. 2011. 56. P. 81–101.
- Chiang H.C. Population fluctuations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, at Waseca, Minnesota, 1948–70. / H.C. Chiang, A.C. Hodson // Environ. Entomol. 1972. 1(1). P. 7–16.
- Chiang H.C. Population fluctuations of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis*, at Waseca, Minnesota, 1948 to 1957. / H.C. Chiang, A.C. Hodson // Ann. Entomol. Soc. Amer. 1959. 52(6). P. 710–724.
- Chitty D. Adverse effects of population density upon the viability of later generations. / D. Chitty // Numbers of Man and Animals. Edinburgh, 1955. P. 57–67.
- Ciancio A. General concepts in integrated pest and disease management. / A. Ciancio, K.G. Mukerji (eds.). // Springer, 2007. 360 p.
- Clark J.S. Population time series: process variability, observation errors, missing values, lags, and hidden states. / J.S. Clark, O.N. Bjornstad // Ecology. 2004. 85(11). P. 3140–3150.
- Connell J.H. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competitor past. / J.H. Connell // Oikos. 1980. V.35. P. 131–138.
- Coppel H.C. Biological insect pest suppression. / H.C. Coppel, J.W. Mertins / Adv. Series in Agric. Sci. 4. Berlin: Springer-Verlag, 1977. 314 p.
- Costantino R.F. Experimentally induced transitions in the dynamic behaviour of insect populations. / R.F. Costantino, J.M. Cushing, B. Dennis, R.A. Desharnais // Nature. 1995. 375(6528). P. 227–230.
- Cramer H.H. Plant protection and world crop production. / H.H. Cramer // Bayer Pflanzenschutz-Nachrichten. 1967. 20. P. 1–524.
- Den Boer P.J. Spreading of risk and stabilization of animal numbers. / P.J. Den Boer // Acta biotheoretica. 1968. 18(1-4). P. 165–194.
- Den Boer P.J. On the survival of populations in a heterogeneous and variable environment. / P.J. Den Boer // Oecologia. 1981. 50(1). P. 39–53.
- Den Boer P.J. Density dependence and the stabilization of animal numbers. / P.J. Den Boer // Oecologia. 1986. 69(4). P. 507–512.
- Den Boer P.J. Seeing the trees for the wood: random walks or bounded fluctuations of population size? / P.J. Den Boer // Oecologia. 1991. 86(4). P. 484–491.
- Den Hond F. Pesticides: problems, improvements and alternatives. / F. Den Hond, P. Groenewegen, N.M. Van Straalen // Wiley-Blackwell, 2003. 272 p.
- Dent D. Insect pest management. / D. Dent // Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000. 410 p.
- Dhaliwal G.S. Insect pest problems and crop losses: changing trends. / G.S. Dhaliwal, V. Jindal, A.K. Dhawan // Indian J. Ecol. 2010. 37(1). P. 1–7.
- Elliott N.C. Integrated pest management. / N.C. Elliott, J.A. Farrell, A.P. Gutierrez, J.C. Van Lenteren, M.P. Walton, S. Wratten // Chapman & Hall, 1995. 368 p.
- Ellner S. Chaos in a noisy world: new methods and evidence from time-series analysis. / S. Ellner, P. Turchin // Am. Natur. 1995. 145(3). P. 343–375.
- Elton C.S. Periodic fluctuations in the numbers of animals: their causes and effects. / C.S. Elton // J. Exp. Biol. 1924. 2(1). P. 119–163.
- Elton C. The ten-year cycle in numbers of the lynx in Canada. / C. Elton, M. Nicholson // J. Anim. Ecol. 1942. 11. P. 215–244.
- Esper J. 1200 years of regular outbreaks in alpine insects. / J. Esper, U. Büntgen, D.C. Frank, D. Nievergelt, A. Liebhold // Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 2007. 274(1610). P. 671–679.
- Estay S.A. The role of temperature variability on insect performance and population dynamics in a warming world. / S.A. Estay, M. Lima, F. Bozinovic // Oikos. 2014. 123(2). P. 131–140.
- Ferry N. Environmental impact of genetically modified crops. / N. Ferry, A.M.R. Gatehouse (eds.). // Wallingford, UK: CAB International, 2009. 440 p.
- Flint M.L. Introduction to integrated pest management. / M.L. Flint, R. Van den Bosch // New York, London: Plenum Press, 1981. 240 pp.
- Frolov A.N. Population dynamics of *Ostrinia nubilalis*: specificity in key factors for one and two generation zones of Russia. / A.N. Frolov, K.D. Dyatlova, M.A. Chumakov // Proc. XXth Conf. IWGO, Adana (Turkey), 4–10 Sept., 1999. P. 64–79.
- Gause G.F. The struggle for existence. / G.F. Gause // Baltimore: Williams and Wilkins, 1934. 163 p.
- Glass E.H. Traditional and modern crop protection in perspective. / E.H. Glass, H.D. Thurston // Bioscience. 1978. 28(2). P. 109–115.
- Goldstein J. The least-is-best pesticide strategy: a guide to putting integrated pest management into action. / J. Goldstein, R.A. Goldstein // Emmaus, Pa.: JG Press, 1978. 205 pp.
- Gopalsamy K. Stability and oscillations in delay differential equations of population dynamics. / K. Gopalsamy // Springer Sci. & Business Media. V. 74, 1992. 502 p.
- Gurney W.S.C. Nicholson's blowflies revisited. / W.S.C. Gurney, S.P. Blythe, R.M. Nisbet // Nature. 1980. 287(5777). P. 17–21.
- Hahn M.G. Microbial elicitor and their receptors in plants. / M.G. Hahn // Annu Rev. Phytopathol. 1996. 34(1). P. 387–412.
- Hannon B. Dynamic modeling of diseases and pests. / B. Hannon, M. Ruth // Springer Sci. & Business Media. 2008. 290 p.
- Harris J. Chemical pesticide markets, health risks and residues. / J. Harris // CABI, 2000. 1. 64 p.
- Harrison S. Using density-manipulation experiments to study population regulation. / S. Harrison, N. Cappuccino // Population dynamics: new approaches and synthesis. N. Cappuccino, P.W. Price (eds.). San Diego, California: Acad. Press. 1995. P. 131–147 p.
- Hassell M.P. Detecting density dependence. / M.P. Hassell // Trends Ecol. Evol. 1986. 1. P. 90–93.
- Heather N. Pest management and phytosanitary trade barriers. / N. Heather, G. Hallman // CABI, 2009. 272 p.
- Heino M. Synchronous dynamics and rates of extinction in spatially structured populations. / M. Heino, V. Kaitala, E. Ranta, J. Lindström // Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 1997. 264(1381). P. 481–486.
- Hellmich R.L. The present and future role of insect-resistant genetically modified maize in IPM. / R.L. Hellmich, R. Albajes, D. Bergvinson, J.R. Prasifka, Z.Y. Wang, M.J. Weiss // Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM programs. Springer Netherlands, 2008. P. 119–158.
- Hill D.S. Agricultural insect pests of the tropics and their control. / D.S. Hill // CUP Archive. 1983. 659 p.
- Hixon M.A. Population regulation: historical context and contemporary challenges of open vs. closed systems / M.A. Hixon, S.W. Pacala, S.A. Sandin // Ecology. 2002. 83(6). P. 1490–1508.
- Hixon M.A. Density dependence in marine fishes: coral-reef populations as model systems. / M.A. Hixon, M.S. Webster // Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. P.F. Sale (ed.). San Diego, California: Acad. Press, 2002a. P. 303–325 p.
- Hodrick R.J. Postwar U.S. business cycles: an empirical investigation. / R.J. Hodrick, E.C. Prescott // J. Money, Credit, and Banking. 1997. 29(1). P. 1–16.
- Holling C.S. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. / C.S. Holling // Mem. Entomol. Soc. Canada. 1965. 97(S45). P. 5–60.
- Hone J. Climate, food, density and wildlife population growth rate. / J. Hone, T.H. Glutton-Brock // J. Anim. Ecol. 2007. 76(2). P. 361–367.
- Hudon M. Biology and population dynamics of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) with special reference to sweet corn in Québec. III. Population dynamics and spatial distribution. / M. Hudon, E.J. LeRoux // Phytoprotection. 1986. 67(2). P. 93–115.
- Huffaker C.B. Experimental studies on predation: complex dispersion and levels of food in an acarine predator-prey interaction. / C.B. Huffaker, K. Shea, S. Herman // California Agric. 1963. 34(9). P. 305–330.
- Hunter M.D. Multiple approaches to estimating the relative importance of top-down and bottom-up forces on insect populations: experiments, life tables, and time-series analysis. / M.D. Hunter // Basic Appl. Ecol. 2001. 2(4). P. 295–309.
- Hunter M.D. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. / M.D. Hunter, P.W. Price // Ecology. 1992. 73(3). P. 724–732.
- Hunter M.D. Cycles in insect populations: delayed density dependence or exogenous driving variables? / M.D. Hunter, P.W. Price // Ecol. Entomol., 1998. 23(2). P. 216–222.
- Hunter M.D. Estimating the relative roles of top-down and bottom-up forces on insect herbivore populations: a classic study revisited. / M.D. Hunter, G.C. Varley, G.R. Gradwell // Proc. Natl Acad. Sci. 1997. 94(17). P. 9176–9181.
- Hutchinson G.E. Concluding remarks. / G.E. Hutchinson // Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 1957. 22. P. 415–427.
- Ims R.A. Density-dependent dispersal and spatial population dynamics. / R.A. Ims, H.P. Andreassen // Proc. Royal Soc. London B: Biol. Sci. 2005. 272(1566). P. 913–918.

- Ims R.A. Trophic interaction cycles in tundra ecosystems and the impact of climate change. / R.A. Ims, E. Fuglei // *Bioscience*. 2005. 55(4). P. 311–322.
- Ims R.A. Collapsing population cycles. / R.A. Ims, J.A. Henden, S.T. Killengreen // *Trends Ecol. Evol.* 2008. 23. P. 79–86.
- Inchausti P. Maternal effects mechanism of population cycling: a formidable competitor to the traditional predator–prey view. / P. Inchausti, L.R. Ginzburg // *Phil. Trans. Royal Soc. London B: Biol. Sci.* 2009. 364(1520). P. 1117–1124.
- Isaev A.S. Forest insect population dynamics, outbreaks, and global warming effects. / A.S. Isaev, V.G. Soukhovolsky, O.V. Tarasova, E.N. Palnikova, A.V. Kovalev // *John Wiley & Sons*, 2017. 304 p.
- Johnson C.A. Effects of temperature and resource variation on insect population dynamics: the bordered plant bug as a case study. / C.A. Johnson, R.M. Coutinho, E. Berlin, K.E. Dolphin, J. Heyer, B. Kim, A. Leung, J.L. Sabellon, P. Amarasekare // *Function. Ecol.* 2016. 30(7). P. 1122–1131.
- Kaitaniemi P. Delayed induced changes in the biochemical composition of host plant leaves during an insect outbreak. / P. Kaitaniemi, K. Ruohomäki, V. Ossipov, E. Haukioja, K. Pihlaja // *Oecologia*. 1998. 116(1-2). P. 182–190.
- Kauffmann S. Isolation and characterization of six pathogenesis-related (PR) proteins of Samsun NN tobacco. / S. Kauffmann, M. Legrand, B. Fritig // *Plant mol. biol.* 1990. 14(3). P. 381–390.
- Kendall B.E. Why do populations cycle? A synthesis of statistical and mechanistic modeling approaches. / B.E. Kendall, C.J. Briggs, W.W. Murdoch, P. Turchin, S.P. Ellner, E. McCauley, R.M. Nisbet, S.N. Wood // *Ecology*. 1999. 80(6). P. 1789–1805.
- Kendall B.E. Dispersal, environmental correlation, and spatial synchrony in population dynamics. / B.E. Kendall, O.N. Bjørnstad, J. Bascompte, T.H. Keitt, W.F. Fagan // *Am. Nat.* 2000. 155(5). P. 628–636.
- King R.G. Resuscitating real business cycles. / R.G. King, S.T. Rebelo // *Handbook of macroeconomics*, 1999. 1. P. 927–1007.
- Klomp H. The dynamics of a field population of the pine looper, *Bupalus piniarius* L. (Lep., Geom.). / Klomp H. // *Adv. Ecol. Res.* 1966. 3. P. 207–305.
- Klvana I. Porcupine feeding scars and climatic data show ecosystem effects of the solar cycle. / I. Klvana, D. Berteaux, B. Cazelles // *Am. Nat.* 2004. 164(3). P. 283–297.
- Kole C. Transgenic crop plants, V. 2. Utilization and Biosafety. / C. Kole, C.H. Michler, A.G. Abbott, T.C. Hall (eds). // *Berlin: Springer Verlag*, 2010. 487 p.
- Kos M. Transgenic plants as vital components of integrated pest management. / M. Kos, J.J. van Loon, M. Dicke, L.E. Vet // *Trends in biotechnology*. 2009. 27(11). P. 621–627.
- Koul O. Ecologically-based integrated pest management. / O. Koul, G.W. Cuperus (eds.). // *CABI*, 2007. 462 p.
- Krebs C.J. A review of the Chitty hypothesis of population regulation. / C.J. Krebs // *Can. J. Zool.* 1978. 56(12). P. 2463–2480.
- Li S. Periodicity and synchrony of pine processionary moth outbreaks in France. / S. Li, J.J. Daudin, D. Piou, C. Robinet, H. Jactel // *Forest Ecol. Manag.* 2015. 354. P. 309–317.
- Li T.Y. Period three implies chaos. / T.Y. Li, J.A. Yorke // *Amer. Math. Monthly*, 1975. 82(10). P. 985–992.
- Liebhald A. Introduction. Are population cycles and spatial synchrony a universal characteristic of forest insect populations? / A. Liebhold, N. Kamata // *Pop. Ecol.* 2000. 42(3). P. 205–209.
- Liebhold A.M. Spatial synchrony in population dynamics. / A.M. Liebhold, W.D. Koenig, O.N. Bjørnstad // *Annu. Rev. Ecol., Evol. Syst.* 2004. 35. P. 467–490.
- Logan J.A. Nonlinear dynamics and chaos in insect populations. / J.A. Logan, J.C. Allen // *Annu. Rev. Entomol.* 1992. 37(1). P. 455–477.
- Logan J.A. Model analysis of mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) seasonality. / J.A. Logan, B.J. Bentz // *Environ. Entomol.* 1999. 28(6). P. 924–934.
- Lorenz E. N. Deterministic nonperiodic flow. / E.N. Lorenz // *J. Atmospher. Sci.* 1963. 20(2). P. 130–141.
- Losey J.E. The economic value of ecological services provided by insects. / J.E. Losey, M. Vaughan // *Bioscience*, 2006. 56(4). P. 311–323.
- Lotka A.J. Elements of physical biology. / A.J. Lotka // *Baltimore, Md.: William and Wilkins*, 1925. 460 p.
- Lucas R.E. Models of business cycles. / R.E. Lucas // *Oxford: Basil Blackwell*, 1987. 120 p.
- Ludwig D. Qualitative analysis of insect outbreak systems: the spruce budworm and forest. / D. Ludwig, D.D. Jones, C.S. Holling // *J. Anim. Ecol.* 1978. 47(1). P. 315–332.
- MacArthur R. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. / R. MacArthur // *Ecology*. 1955. 36(3). P. 533–536.
- MacLulich D.A. The place of chance in population processes. / D.A. MacLulich // *J. Wildlife Management*. 1957. 21(3). P. 293–299.
- Malthus T.R. An essay on the principle of population. / T.R. Malthus // *London: Johnson*, 1798. 124 p.
- Martínez-Padilla J. Insights into population ecology from long-term studies of red grouse *Lagopus lagopus scoticus*. / J. Martínez-Padilla, S.M. Redpath, M. Zeineddine, F. Mougeot // *J. Anim. Ecol.* 2014. 83(1). P. 85–98.
- Matson P.A. Special feature: The relative contributions to top-down and bottom-up forces in population and community ecology. / P.A. Matson, M.D. Hunter // *Ecology*. 1992. 73(3). P. 723–723.
- Matson P.A. Agricultural intensification and ecosystem properties. / P.A. Matson, W.J. Parton, A.G. Power, M.J. Swift // *Science*. 1997. 277(5325). P. 504–509.
- McCann K. Population outbreaks in a discrete world. / K. McCann, A. Hastings, S. Harrison, W. Wilson // *Theor. Pop. Biol.* 2000. 57(2). P. 97–108.
- Middleton D.A.J. The effect of an upper limit to population size on persistence time. / Middleton D.A.J., A.R. Veitch, R.M. Nisbet // *Theor. Pop. Biol.* 1995. 48(3). P. 277–305.
- Milne A. On a theory of natural control of insect population. / A. Milne // *J. Theor. Biol.* 1962. 3(1). P. 19–50.
- Moran P.A.P. The statistical analysis of the Canadian lynx cycle. / P.A.P. Moran // *Aust. J. Zool.* 1953. 1(3). P. 291–298.
- Morris R.F. Single-factor analysis in population dynamics. / R.F. Morris // *Ecology*. 1959. 40(4). P. 580–588.
- Murdoch W.W. Population regulation in theory and practice. / W.W. Murdoch // *Ecology*. 1994. 75(2). P. 271–287.
- Murdoch W.W. Predation and population stability. / W.W. Murdoch, A. Oaten // *Adv. Ecol. Res.* 1975. 9. P. 1–132.
- Myers J.H. Population outbreaks in forest Lepidoptera. / J.H. Myers // *Am. Scientist*. 1993. 81(3). P. 240–251.
- Myers J.H. Synchrony in outbreaks of forest Lepidoptera: a possible example of the Moran effect. / J.H. Myers // *Ecology*. 1998. 79(3). P. 1111–1117.
- Naeem S. Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. / S. Naeem // *Ecology*. 2002. 83(6). P. 1537–1552.
- National Research Council. Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management. Washington, D.C.: National Academies Press, 1986. 484 p.
- Nicholson A.J. An outline of the dynamics of animal populations. / A.J. Nicholson // *Austr. J. Zool.* 1954. 2(1). P. 9–65.
- Nicholson A.J. The self-adjustment of populations to change. / A.J. Nicholson // *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 1957. 22. P. 153–173.
- Nilssen A.C. Waves and synchrony in *Epirrita autumnata*/Operophtera brumata outbreaks. II. Sunspot activity cannot explain cyclic outbreaks. / A.C. Nilssen, O. Tenow, H. Bylund // *J. Anim. Ecol.* 2007. 76(2). P. 269–275.
- Odum E.P. Fundamentals of ecology. / E.P. Odum, G.W. Barrett // *Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole*, 2005. 598 p.
- Oerke E.C. Crop losses to pests. / E.C. Oerke // *Agric. Sci.* 2006. 144(1). P. 31–43.
- Oerke E.C. Crop production and crop protection: estimated losses in major food and cash crops. / E.C. Oerke, H.W. Dehne, F. Schönbeck, A. Weber // *Burlington: Elsevier Sci.*, 2012. 829 p.
- Oliveira C.M. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. / C.M. Oliveira, A.M. Auad, S.M. Mendes, M.R. Frizzas // *Crop Protection*. 2014. 56. P. 50–54.
- Peltonen M. Spatial synchrony in forest insect outbreaks: roles of regional stochasticity and dispersal. / M. Peltonen, A.M. Liebhold, O.N. Bjørnstad, D.W. Williams // *Ecology*. 2002. 83(11). P. 3120–3129.
- Perkins J.H. Insects, experts, and the insecticide crisis. / J.H. Perkins // *New York: Plenum Press*. 1982. 304 p.
- Peshin R. Integrated pest management: innovation-development process. / R. Peshin, A.K. Dhawan (eds.) // *Berlin: Springer Sci. & Business Media B.V.* 2009. V. 1. 690 p., V. 2. 634 p.
- Pimentel D. Handbook of pest management in agriculture. / D. Pimentel (ed.). // *Boca Raton, Fla.: CRC Press*. 1981, V. 1: 597 p., V. 2: 501 p., V. 3: 656 p.
- Pimm S.L. The balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities. / S.L. Pimm // *Chicago, IL: Univ. Press*, 1991. 434 p.
- Pitelka F.A. Cyclic pattern in lemming populations near Barrow, Alaska. / F.A. Pitelka // *Alaskan Arctic Tundra*. M.E. Britton (ed.). *Arctic Inst. N. Am., Techn. Paper* 25, 1973. P. 199–215.
- Podoler H. A new method for the identification of key factors from life-table data. / H. Podoler, D. Rogers // *J. Anim. Ecol.* 1975. 44(1). P. 85–114.
- Power M.E. Top-down and bottom-up forces in food webs: do plants have primacy? / M.E. Power // *Ecology*. 1992. 73(3). P. 733–746.
- Prasad Y. Pest monitoring and forecasting. / Y. Prasad, M. Prabhakar // *Integrated pest management: principles and practice*. D.P. Abrol, U. Shankar (eds.). *Oxfordshire, UK: Cabi*, 2012. P. 41–57.
- Price P.W. Population dynamics of an insect herbivore over 32 years are driven by precipitation and host-plant effects: Testing model predictions. / P.W. Price, M.D. Hunter // *Environ. Entomol.* 2015. 44(3). P. 463–473.
- Radcliffe E.B. Integrated pest management: concepts, tactics, strategies and case studies. / E.B. Radcliffe, W.D. Hutchison, R.E. Cancelado (eds.). *Cambridge Univ. Press*, 2009. 529 p.

- Raimondo S. Population synchrony within and among Lepidoptera species in relation to weather, phylogeny, and larval phenology. / S. Raimondo, A.M. Liebhold, J.S. Strazanac, L. Butler // *Ecol. Entomol.* 2004. 29(1). P. 96–105.
- Ranta E. The Moran effect and synchrony in population dynamics. / E. Ranta, V. Kaitala, J. Lindström, E. Helle // *Oikos.* 1997. 78(1). P. 136–142.
- Rehcegl J.E. Insect pest management: techniques for environmental protection / J.E. Rehcegl, N.A. Rehcegl // *Agric. & Environ. Series. CRC Press*, 1999. 408 p.
- Reddingius J. Simulation experiments illustrating stabilization of animal numbers by spreading of risk. / J. Reddingius, P.J. Den Boer // *Oecologia.* 1970. 5(3). P. 240–284.
- Rhoades D.F. Offensive-defensive interactions between herbivores and plants: their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory. / D.F. Rhoades // *Am. Nat.* 1985. 125(2). P. 205–238.
- Ricker W.E. Effects of compensatory mortality upon population abundance. / W.E. Ricker // *J. Wildlife Manag.* 1954. 18(1). P. 45–51.
- Romeis J. Integration of insect-resistant genetically modified crops within IPM programs. / J. Romeis, A.M. Shelton, G.G. Kennedy (eds.) // *Dordrecht, The Netherlands: Springer Sci. & Business Media*, 2008. 441 p.
- Rosenzweig M.L. Graphical representation and stability conditions of predator-prey interactions. / M.L. Rosenzweig, R.H. MacArthur // *Am. Nat.* 1963. 97(895). P. 209–223.
- Rouault G. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. / G. Rouault, J.N. Candau, F. Lieutier, L.M. Nageleisen, J.C. Martin, N. Warzée // *Ann. Forest Sci.* 2006. 63(6). P. 613–624.
- Royama T. Population persistence and density dependence. / T. Royama // *Ecol. Monographs.* 1977. 47(1). P. 1–35.
- Royama T. Analytical population dynamics. / T. Royama // *Population and Community Biology Series. V. 10. London, New York: Chapman & Hall*, 1992. 371 p.
- Royama T.A. Fundamental problem in key factor analysis. / T.A. Royama // *Ecology.* 1996. 77(1). P. 87–93.
- Ruan S. Oscillations in plankton models with nutrient recycling. / S. Ruan // *J. Theor. Biol.* 2001. 208(1). P. 15–26.
- Ruohomäki K. Causes of cyclicity of *Epirrita autumnata* (Lepidoptera, Geometridae): grandiose theory and tedious practice. / K. Ruohomäki, M. Tanhuanpää, M.P. Ayres, P. Kaitaniemi, T. Tammaru, E. Haukioja // *Pop. Ecol.* 2000. 42(3). P. 211–223.
- Savary S. Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. / S. Savary, P.S. Teng, L. Willocquet, F.W. Nutter // *Annu. Rev. Phytopathol.*, 2006. 44. P. 89–112.
- Schumpeter J.A. Business cycles: A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. / J.A. Schumpeter // *New York, London, McGraw-Hill Book Co.*, 1939. V. 1, V. 2. 1095 p.
- Schwerdtfeger F. Über die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. / F. Schwerdtfeger // *Z. angew. Entomol.* 1941. 28(2-3). S. 254–303.
- Selås V. Can sunspot activity and ultraviolet-B radiation explain cyclic outbreaks of forestmoth pest species? / V. Selås, O. Hogstad, S. Kobro, T. Rafoss // *Proc. R. Soc. Lond. (B)*. 2004. 271(1551). P. 1897–1901.
- Sharma Y. Stochasticity and bistability in insect outbreak dynamics. / Y. Sharma, K.C. Abbott, P.S. Dutta, A.K. Gupta // *Theor. Ecol.* 2015. 8(2). P. 163–174.
- Sharov A. Quantitative population ecology. On-line lectures. / A. Sharov // *Dept. of Entomol., Virginia Tech, Blacksburg, VA*. 1996. <http://alexei.nfshost.com/PopEcol/> (дата обращения: 30.10.2017).
- Shenk T.M. Sampling-variance effects on detecting density dependence from temporal trends in natural populations. / T.M. Shenk, G.C. White, K.P. Burnham // *Ecol. Monogr.* 1998. 68(3). P. 445–463.
- Sih A. Predation, competition, and prey communities: a review of field experiments. / A. Sih, P. Crowley, M. McPeck, J. Petranka, K. Strohmeier // *Annu. Rev. Ecol. Sys.* 1985. 16(1). P. 269–311.
- Sinclair A.R.E. Population regulation in animals. / A.R.E. Sinclair // *Ecological concepts: the contribution of ecology to an understanding of the natural world. J.M. Cherrett (ed.) Oxford, UK: Blackwell Sci.*, 1989. P. 197–241.
- Sinclair A.R.E. Density dependence, stochasticity, compensation and predator regulation. / A.R.E. Sinclair, R.P. Pech // *Oikos.* 1996. 75(2). P. 164–173.
- Sinclair A.R. Mammal population cycles: evidence for intrinsic differences during snowshoe hare cycles. / A.R. Sinclair, D. Chitty, C.I. Stefan, C.J. Krebs // *Can. J. Zool.* 2003. 81(2). P. 216–220.
- Sinervo B. Density cycles and an offspring quantity and quality game driven by natural selection. / B. Sinervo, E. Svensson, T. Comendant // *Nature.* 2000. 406(6799). P. 985–988.
- Smith R.F. The origins of integrated pest management concepts for agricultural crops. / R.F. Smith, J.L. Apple, D.G. Bottrell // *Integrated Pest Management. New York: Plenum Press*, 1976. P. 1–16.
- Solomon M.E. Dynamics of insect populations. / M.E. Solomon // *Annu. Rev. Entomol.* 1957. 2(1). P. 121–142.
- Stern V.M. The integrated control concept. / V.M. Stern, R.F. Smith, R. van den Bosch, K.S. Hagen // *Hilgardia.* 1959. 29(2). P. 81–101.
- Strogatz S.H. Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering. / S.H. Strogatz // *Westview press*, 2014. 513 p.
- Strong D.R. Insects on plants. Community patterns and mechanisms. / D.R. Strong, J.H. Lawton, R. Southwood // *Oxford: Blackwell Sci. Publ.*, 1984. 313 p.
- Sutcliffe O.L. Spatial synchrony and asynchrony in butterfly population dynamics. / O.L. Sutcliffe, C.D. Thomas, D. Moss // *J. Anim. Ecol.* 1996. 65(91). P. 85–95.
- Tamarin R.H. Dispersal, population regulation, and K-selection in field mice. / R.H. Tamarin // *Am. Nat.* 1978. 112(985). P. 545–555.
- Taylor R.J. Predation. / Taylor R.J. // *London, UK: Chapman & Hall*, 1984. 166 p.
- Thompson W.R. Biological control and the theories of the interaction of populations. / W.R. Thompson // *Parasitology.* 1939. 31. P. 299–388.
- Thompson W.R. The fundamental theory of natural and biological control. / W.R. Thompson // *Annu. Rev. Entomol.* 1956. 1. P. 379–402.
- Tian H. Reconstruction of a 1,910-y-long locust series reveals consistent associations with climate fluctuations in China. / H. Tian, L.C. Stige, B. Cazelles, K.L. Kausrud, R. Svarverud, N.C. Stenseth, Z. Zhang // *Proc. Natl Acad. Sci.* 2011. 108(35). P. 14521–14526.
- Turchin P. Rarity of density dependence or population regulation with lags? / P. Turchin // *Nature.* 1990. 344(6267). P. 660–663.
- Turchin P. Population regulation: old arguments and a new synthesis. / P. Turchin // *Population dynamics: new approaches and synthesis. N. Cappuccino, P.W. Price (eds.). San Diego, CA, USA: Acad. Press*, 1995. P. 19–40.
- Turchin P. Population regulation: a synthetic view. / P. Turchin // *Oikos.* 1999. 84(1). P. 153–159.
- Turchin P. Detecting cycles and delayed density dependence: a comment on Hunter and Price (1998). / P. Turchin, A.A. Berryman // *Ecol. Entomol.* 2000. 25(1). P. 119–121.
- Turchin P. Complex dynamics in ecological time series. / P. Turchin, A.D. Taylor // *Ecology.* 1992. 73(1). P. 289–305.
- Turchin P. Dynamical effects of plant quality and parasitism on population cycles of larch budmoth. / P. Turchin, S.N. Wood, S.P. Ellner, B.E. Kendall, W.W. Murdoch, A. Fischlin, J. Casas, E. McCauley, C.J. Briggs // *Ecology.* 2003. 84(5). P. 1207–1214.
- Underwood N. The influence of plant and herbivore characteristics on the interaction between induced resistance and herbivore population dynamics. / N. Underwood // *Am. Nat.* 1999. 153(3). P. 282–294.
- Utida S. Cyclic fluctuations of population density intrinsic to the host-parasite system. / S. Utida // *Ecology.* 1957. 38(3). P. 442–449.
- Utida S. Population fluctuation, an experimental and theoretical approach. / S. Utida // *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 1957a. 22. P. 139–151.
- Vaidya N.K. Modeling spruce budworm population revisited: impact of physiological structure on outbreak control. / N.K. Vaidya, J. Wu // *Bull. Math. Biol.* 2008. 70(3). P. 769–784.
- Varley G.C. Key factors in population studies. / G.C. Varley, G.R. Gradwell // *J. Animal Ecol.* 1960. 29(2). P. 399–401.
- Varley G.C. Recent advances in insect population dynamics. / G.C. Varley, G.R. Gradwell // *Annu. Rev. Entomol.* 1970. 15(1). P. 1–24.
- Varley G.C. Insect population ecology: an analytical approach. / G.C. Varley, G.R. Gradwell, M.P. Hassell // *Berkeley: Univ California Press*, 1974. 212 p.
- Verhulst P.F. Notice sur la loi que la populations suit dans son accroissement. / P.F. Verhulst // *Corresp. Math. Phys.* 1838.10. P. 113–121.
- Vreysen M.J.B. Area-wide control of insect pests: from research to field implementation. / M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson, J. Hendrichs (eds.) // *Springer*, 2007. 792 p.
- Wallner W.E. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non-outbreak species. / W.E. Wallner // *Annu. Rev. Entomol.* 1987. 32(1). P. 317–340.
- Whalon M.E. Global pesticide resistance in arthropods. / M.E. Whalon, D. Mota-Sanchez, R.M. Hollingworth (eds.) // *Cabi*. 2008. 208 p.
- Williams D.W. Spatial synchrony of spruce budworm outbreaks in eastern North America. / D.W. Williams, A.M. Liebhold // *Ecology.* 2000. 81(10). P. 2753–2766.
- Wilson M.F. Optimising pesticide use. / M.F. Wilson (ed.) // *The Atrium, England: John Wiley & Sons*, 2004. 222 p.
- Ylioja T. Host-driven population dynamics in an herbivorous insect. / T. Ylioja, H. Roininen, M.P. Ayres, M. Rousi, P.W. Price // *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1999. 96(19). P. 10735–10740.

Translation of Russian References

- Alekhin V.T. New preparation for immunity stimulation and efficiency increase of plants.// V.T. Alekhin, T.A. Ryabchinskaya, I.Yu. Bobreshova, G.L. Kharchenko, N.A. Sarantseva // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2010. 3. P. 44–46. (In Russian).
- Andreev S.Yu. Economic cycles in the modern macroeconomic theory. / S.Yu. Andreev // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian Univ. 2012. 75. P. 732–751. (In Russian).
- Aponin Yu.M. An hierarchy of models in mathematical biology and numerical and analytical methods of their study (review).// Yu.M. Aponin, E.A. Aponina // *Mat. Biol. Bioinform.* 2007. 2(2). P. 347–360. (In Russian).
- Bailey N. Mathematical approach to biology and medicine. / N. Bailey // Moscow. Mir, 1970. 326 p. (In Russian).
- Bakhvalov S.A. Factors and ecological mechanisms of population dynamics of forest insects-foivores. / S.A. Bakhvalov, E.V. Koltunov, V.V. Martemyanov // Novosibirsk: Publ. Siberian Branch of Russian Academy of Science, 2010. 299 p. (In Russian).
- Baranov A.O. Troubling prospects: forecast of the Russian economy development for the period 2015–2017.// A.O. Baranov, V.N. Pavlov, T.O. Tagaeva // *EKO*. 2014. 12 (486). P. 15–35. (In Russian).
- Bartenev S.A. The history of economic sciences: Textbook. / S.A. Bartenev // Moscow: Magistr, 2007. 478 p. (In Russian).
- Bazykin A.D. Mathematical biophysics of interacting populations. / A.D. Bazykin // Moscow: Nauka, 1985. 181 p.
- Beletsky E.N. Mass outbreaks of insects. History, theory, forecasting. / E.N. Beletsky // Kharkov. Maidan, 2011. 172 p.
- Beletsky E.N. Phytosanitary forecasting in Ukraine: history, methodology, ways to improve. / E.N. Beletsky // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2015. 12. P. 14–19. (In Russian).
- Beletsky E.N. Theory and engineering of a long-term forecast. / E.N. Beletsky // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2006. 5. P. 46–50. (In Russian).
- Beletsky E.N. Theory of cyclicity in population dynamics and methods for a long-term forecast of insect pest outbreaks. / E.N. Beletsky // Thesis Doctor Sci. 06.01.11. Kharkov. KHGU imeni V.V.Dokuchaeva, 1992. 290 p. (In Russian).
- Belskikh I.E. Crisis of regional economy 2015–2017 in Russia: search of choice of development. / I.E. Belskikh // *Regional economy: theory and practice*. 2014. 26(353). P. 2–9. (In Russian).
- Bestuzhev-Lada I.V. Working book on forecasting. / I.V. Bestuzhev-Lada // Moscow: Mysl, 1982. 430 p.
- Bratus A. Dynamical systems and models in biology. / A. Bratus, A. Novozhilov, A. Platonov // Moscow: Litres, 2017. 400 p. (In Russian).
- Breus T.K. Heliobiology revival. / T.K. Breus, S.I. Rappoport // *Priroda*. 2005. 9. P. 54–62.
- Breus T.K. Influence of sun activity on biological objects. / T.K. Breus // Autoref. Thesis Doctor Sci., Moscow: IKI RAN, 2003, 41 p. (In Russian).
- Budanov V.G. Synergetic methodology in postneoclassical science and education. / V.G. Budanov // Moscow: Publ. LKI, 2009. 240 p. (In Russian).
- Bushuev V.V. Long term forecast of world crude oil market dynamics and economic development of Russia based on cyclicity of world economy. / V.V. Bushuev, S.V. Golubev // *Economic science in modern Russia*. 2002. 4. P. 157–164. (In Russian).
- Chaika V.N. Problems of insect pest outbreaks. 1. Mechanisms of population dynamics in phytophagous insects into concepts of genetic material evolution. / V.N. Chaika // *Izv. Kharkov. Entomol. Obshch.* 2002. 9(1-2). P. 250–262. (In Russian).
- Chernova N.M. General ecology. / N.M. Chernova, A.M. Bylova // Moscow Publ. Drofa, 2004. 416 p.
- Chetverikov S.S. The waves of life (from lepidopterological observations in the summer of 1903). / S.S. Chetverikov // *Proceedings of the Zoological Section of the Imperial Society of Friends of Natural Sciences, Anthropology, and Ethnography*, 1905. 3(6). P. 106–111. (In Russian).
- Chizhevsky A.L. Space pulse of life. / A.L. Chizhevsky // Moscow: Mysl, 1995. 768 p. (In Russian).
- Chizhevsky A.L. The terrestrial echo of solar storms. / A.L. Chizhevsky // Moscow: Mysl, 1976. 367 p.
- Dolzhenko V.I. Chemical method of plant protection: state and prospects of ecological safety promotion. / V.I. Dolzhenko, K.V. Novozhilov // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2005. 3. P. 80–84. (In Russian).
- Erlikh A.A. Technical analysis of commodity and financial markets: applied tutorial. / A.A. Erlikh // Moscow: INFRA-M, 1996. 176 p. (In Russian).
- Fadeev Yu.N. Integrated pest control. / Yu.N. Fadeev, K.V. Novozhilov // Moscow: Kolos, 1981. 355 p. (In Russian).
- Frolov A.N. Biotic factors suppressing the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* numbers. / A.N. Frolov // *Plant Protection News*. 2004. 2. P. 37–47. (In Russian).
- Frolov A.N. Cycling of long-term population dynamics of harmful insects: the European corn borer as an example. / A.N. Frolov, G.E. Sergeev, Yu.M. Malysh, A.G. Kononchuk, I.V. Grushevaya // *Phytosanitary optimization of agroecosystems. The 3rd All-Russian Congress on Plant Protection* (St. Petersburg, December 16–20, 2013). SPb, VIZR. 1. P. 89–93. (In Russian).
- Frolov A.N. Long-term population dynamics mechanisms of harmful insects in agroecosystems. / A.N. Frolov, I.V. Grushevaya, Yu.M. Malysh, Yu.S. Tokarev, A.N. Afonin // 15th S'ezd Russkogo Entomol. Obshch. Novosibirsk, 31 July – 07 August 2017. Novosibirsk: Publ. Gramond, 2017. P. 503–505. (In Russian).
- Frolov A.N. Modern tendencies in progress of forecasts and monitoring. / A.N. Frolov // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2011. 4. P. 15–20. (In Russian).
- Frolov A.N. Population dynamics of herbivorous insects: historical excursus, current state, problems. / A.N. Frolov // 2nd Vseros. S'ezd po Zashch. Rast. Saint Petersburg, December 5–10, 2005. SPb, 2005. 1. P. 302–304. (In Russian).
- Gall Ya.M. To debate on Gauze rule. / Ya.M. Gall // *Voprosy razvitiya evoliutsionnoi teorii v XX veke*. Leningrad: Nauka. 1979. P. 50–60. (In Russian).
- Gauze G.F. On periodic oscillations of the populations. The mathematical theory of the relaxation of interaction between predators and victims, and its application to populations of two protozoan species. / G.F. Gauze, A.A. Vitt // *Izv. AN SSSR. Ser. mat.*, 1934. 10. P. 1551–1559. (In Russian).
- Gilyarov A.M. Population ecology. / A.M. Gilyarov // Moscow: Publ. House MGU, 1990. 191 p.
- Gilyarov A.M. Species inhabited the single ecological niche. / A.M. Gilyarov // *Priroda*. 2002. 11. P. 71–74. (In Russian).
- Glazyev S.Yu. On the strategy of sustainable development of Russia's economy. / S.Yu. Glazyev, G.G. Fetisov // *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2013. 1 (25). P. 23–35. (In Russian).
- Gleick J. Chaos: making a new science. / J. Gleick // Saint Petersburg: Amphora, 2001. 398 p.
- Goncharenko A.P. Russian economy in cyclicity of world economic development and ways of outlet from crisis. / A.P. Goncharenko // *Zhurn. UekS*. 2017. 4 (98). P. 1–25. (In Russian).
- Goncharov N.R. Development of innovative processes in plant protection. / N.R. Goncharov // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2010. 4. P. 4–8. (In Russian).
- Graham B. Security analysis. / B. Graham, D. Dodd // Moscow: Williams, 2016. 880 p. (In Russian).
- Graham B. The intelligent investor. The definitive book on value investing. / B. Graham // Moscow: Alpina Publisher, 2014. 568 p. (In Russian).
- Guryanova T.M. Long-term monitoring as a solution to the problem of phytophagous' quantity changes. / T.M. Guryanova // *Vestnik Moskovsk. Gos. Univ. Lesa*. 2003. 2. P. 60–63. (In Russian).
- Guryanova T.M. Fecundity of Neodlponn sertifer (Hymenoptera, Diprionidae) related to cyclic outbreaks: invariance effects. / T.M. Guryanova // *Zool. Zhurn*. 2006. 85(9). 1085–1095. (In Russian).
- Ioganzhen B.G. The basics of ecology. / B.G. Ioganzhen // Tomsk: Tomsk Gos. Univ., 1959. 389 p. (In Russian).
- Isaev A.S. Population dynamics of forest insects. / A.S. Isaev, R.G. Khlebopros, L.V. Nedorezov, Yu.P. Kondakov, V.V. Kiselev // Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch, 1984. 224 p. (In Russian).
- Isaev A.S. Population dynamics of forest insects. / A.S. Isaev, R.G. Khlebopros, L.V. Nedorezov, Yu.P. Kondakov, V.V. Kiselev, V.G. Sukhovolsky // Moscow: Nauka, 2001. 374 p. (In Russian).
- Isaev A.S. Population dynamics of forest phytophagous insects: models and forecasts. / A.S. Isaev, E.N. Palnikov, V.G. Sukhovolsky, O.V. Tarasova // Moscow: Publ. KMK, 2015. 262 p. (In Russian).
- Ivanter V.V. Long-term forecast of Russian economy in 2007–2030 (on the options). / V.V. Ivanter, M.N. Uzyakov, I.N. Shokin, A.A. Shirov, A.V. Suvorov, A.S. Nekrasov, Yu.V. Sinyak, M.Yu. Ksenofontov, I.A. Budanov, V.N. Borisov, A.G. Korovkin, V.S. Panfilov, O.D. Gotvan, A.G. Shurakov, N.I. Komkov, I.E. Frolov // *Probl. prognoz*. 2007. 6. P. 3–45. (In Russian).
- Kolesnik Yu.A. An examination of reaction of biota to long-term changes of heliophysical processes. / Yu.A. Kolesnik // Thesis Doctor Sci. Biol. Ussuriisk: Gos. Ped. Unst., 2002. 291 p.
- Kolmogorov A.N. A qualitative study of mathematical models of population dynamics. / A.N. Kolmogorov // *Problemy Kibernet.* 1972. 25(2). P. 101–106. (In Russian).
- Kondakov Yu.P. Mass outbreaks of white-lined silk moth in forests of Krasnoyarsk area. / Yu.P. Kondakov // *Entomol. Issled. v Sibiri. Krasnoyarsk: KF REO*, 2002. 2. P. 25–74. (In Russian).
- Kondratiev N.D. Problems of economic dynamics. / N.D. Kondratiev // Moscow, 1989. 412 p. (In Russian).
- Korotaev A.V. Kondratieff waves in the world system perspective. / A.V. Korotaev, S.V. Tsirel // *Sistemnyi monitoring. Global'noe i Regional'noe Razvitie / URSS*, 2009. P. 189–229. (In Russian).

- Kravchenko V.P. Nature of influence of solar activity on the population dynamics of experimental *Drosophila* populations. / V.P. Kravchenko // Abstract of Candidate Thesis Biol. Sci. Irkutsk: Irkutsk Gos. Univ., 2004. 20 p. (In Russian).
- Lankin Yu.P. Basics of theory for modelling ecosystem diversity in biosphere on the basis of fundamental properties of living systems. / Yu.P. Lankin, N.S. Ivanova, T.F. Baskanova // *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*, 2012. 1: url: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5144> (Accessed 30.10.2017).
- Lichko K.P. Forecasting and planning in agro-industrial sector. / K.P. Lichko, M.A. Romanyuk // *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii*, 2009. 4. P. 44–56. (In Russian).
- Lyamtsev N.I. Long-term dynamics of the pea-green oak twist number in European Russia / N.I. Lyamtsev // *Lesovedenie*. 2011. 6. P. 79–85. (In Russian).
- Macfadyen A. Animal ecology. / A. Macfadyen // Moscow: Mir, 1965. 376 p. (In Russian).
- Malinetsky G.G. Nonlinear dynamics: approaches, results, prospects. / G.G. Malinetsky, A.B. Potapov, A.V. Podlazov // Moscow: URSS, 2006. 280 p. (In Russian).
- Maximov A.A. Long-term fluctuations in animal numbers: causes and prediction. / A.A. Maximov // Novosibirsk: Nauka, 1984. 249 p. (In Russian).
- Mikhailikova V.V. Use of pesticides in the Russian Federation / V.V. Mikhailikova, N.S. Strebkova, D.N. Govorov, A.V. Zhivykh // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2015. 11. P. 12–14.
- Mikhailikova V.V. Use of plant protection chemicals in the Russian Federation (analytical review) / V.V. Mikhailikova, N.S. Strebkova, D.N. Govorov, A.V. Zhivykh // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2013. 9. P. 8–10. (In Russian).
- Monchadsky A.S. Ecological factors and principles of its classification. / A.S. Monchadsky // *Zhurn. obsh. biol.* 1962. 23(5). P. 370–380. (In Russian).
- Murphy J. Technical analysis of the futures markets: a comprehensive guide to trading methods and applications. / J. Murphy // Moscow: Alpina Publishers, 2011. 616 p. (In Russian).
- Nedorezov L.V. A contribution to the problem of selecting a mathematical model of population dynamics with particular reference to the green oak tortrix. / L.V. Nedorezov, D.L. Sadykova // *Euroasian Entomol. J.* 2005. 4(4). P. 263–272. (In Russian).
- Nedorezov L.V. Influence of food plant quality and parasitism on the cyclic fluctuations of larch bud moth. / L.V. Nedorezov // *Euroasian Entomol. J.* 2007. 6(2). P. 229–244. (In Russian).
- Novozhilov K.V. Chemical treatments and environment: principles of risk-reduction. / K.V. Novozhilov, G.I. Sukhoruchenko // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 1997. 8. P. 14–15. (In Russian).
- Novozhilov K.V. Ecological and biocenotic concept of plant protection in adaptive agriculture. / K.V. Novozhilov, V.A. Zakharenko, N.A. Vilkova, K.E. Voronin // *Selskokozyajstvennaya biologiya*. 1993. 5. P. 54–62. (In Russian).
- Odum E. Ecology. / E. Odum // Moscow: Mir, 1986. V.1. 328 p., V. 2. 376 p. (In Russian).
- Ozeretskovskaya O.L. Induction of resistance in plants with biogenic elicitors of phytopathogens. / O.L. Ozeretskovskaya // *Prikl. Biokh. i Mikrobiol.* 30(3). P. 325–339. (In Russian).
- Palnikova E.N. Bordered white in Siberian forests. Ecology, population dynamics, impact on trees. / E.N. Palnikova, I.V. Sviderskaya, V.G. Sukhovolsky // Novosibirsk: Nauka, 2002. 232 p. (In Russian).
- Pavlov D.S. Ecologocentric concept of nature use. / D.S. Pavlov, B.R. Striganova, E.N. Bukhareva // *Vestnik Ross. Akad. Nauk.* 2010. 80(2). P. 131–140. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. A new paradigm of progress in plant protection and modelling phytosanitary processes in agroecosystems. / V.A. Pavlyushin, N.A. Vilkova, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova // *Agroekosistemy v estestvennykh i reguliruemyykh usloviyakh: ot teoretich. modeli k praktike pretsizion. upravleniya. Mat. Vserossisk. nauchn. konf.*, 2016. P. 31–36. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Integrated plant protection of winter wheat. / V.A. Pavlyushin, V.I. Dolzhenko, A.M. Shpanev, A.B. Laptiev, N.R. Goncharov, A.K. Lysov, O.V. Kungurtseva, L.D. Grisechikina, L.A. Burkova, A.S. Golubev, A.A. Yakovlev, N.V. Babich, A.I. Silaev, V.A. Khilevsky, N.N. Luneva, T.Yu. Gagkaeva, N.A. Vilkova, L.I. Nefedova, G.I. Sukhoruchenko, E.I. Gulyaeva, L.A. Mikhailova, O.A. Baranova, L.N. Ul'yanenko, L.A. Bupalova, I.B. Ablova, B.A. Filonenko // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2015. P. 5. P. 38–71. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Scientific support of plant protection and food security of Russia. / V.A. Pavlyushin // *Zashchita i Karantin Rastenii*. 2010. N 2. P. 11–15. (In Russian).
- Pertsev N.V. Mathematical modelling of dynamics of interacting populations with limited life span of individuals. / N.V. Pertsev // *Thesis Doctor Sci. Fiz.-mat. Nauk. Omsk*, 1998. 192 p. (In Russian).
- Petrosyan L.A. Introduction to mathematical ecology. / L.A. Petrosyan, V.V. Zakharov // Leningrad: Izd. LGU, 1986. 224 p. (In Russian).
- Pianka E. Evolutionary ecology. / E. Pianka // Moscow: Mir, 1981. 399 p. (In Russian).
- Poluektov R.A. Dynamic models of environmental systems. / R.A. Poluektov, Yu.A. Pykh, I.A. Shvytov // Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. 288 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. About theoretical grounds of ecology. / I.Ya. Polyakov, E.M. Shumakov // *Plant Protection News*. 1940. 5. P. 13–14. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Control and forecast as basis of purposeful plant protection. / I.Ya. Polyakov, W. Ebert (eds.) // Berlin (DDR), 1982. 352 p.
- Polyakov I.Ya. Development and current state of theory of animal population dynamics. / I.Ya. Polyakov // *Metody Prognoza Poyavleniya Vreditelei i Boleznei Sel'skokhoz. Rastenii i Signalizatsiya Srokov Proved. Zashch. Meropriyatii*. Leningrad, 1968. P. 5–23. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Forecast of pests and diseases of agricultural crops. / I.Ya. Polyakov, M.P. Persov, V.A. Smirnov // Leningrad: Kolos, 1984. 318 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Forecast of pests of agricultural crops. / I.Ya. Polyakov, G.E. Sergeev, F.M. Poloskina, L.A. Makarova, L.M. Kopaneva, V.I. Tansky, A.F. Chenkin // Leningrad: Kolos, 1975. 186 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Forecast of spread of agricultural pests. / I.Ya. Polyakov // Moscow: Kolos, 1964. 326 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Logic of steps in solving the problem of forecast in plant protection. / I.Ya. Polyakov // *Proc. VIZR*, 1976, 50. P. 5–23. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Scientific and organizational problems of forecasts in plant protection. / I.Ya. Polyakov, A.Ya. Semenov // *Ekologicheskie osnovy strategii i taktiki zashchity rastenii*. Leningrad, 1979. P. 17–29. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Techniques to manage agroecosystems and principles of their development. / I.Ya. Polyakov // Moscow: VNIITSSKH, 1976. 66 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Theoretic essentials of prognosis of mouse-like rodents' numbers and measures to prevent their harmfulness in the European part of the USSR and Transcaucasia. / I.Ya. Polyakov // *Abstr. Thesis Doctor Sci. Agric. Leningrad*. 1950. 44 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Theoretic main point of doctrine about periodicity of mass outbreaks of voles and mices. / I.Ya. Polyakov // *Zhurn. Obsh. Biol.* 1949. 10(3). P. 249–260. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. To a theory of forecasting of small rodents. / I.Ya. Polyakov // *Zhurn. Obsh. Biol.* 1954. 15(2). P. 91–108. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Ways of automating forecasts of the population dynamics of pests of agricultural crops. / I.Ya. Polyakov, T.S. Gladkina, G.M. Doronina, S.I. Levina, L.A. Makarova, G.E. Sergeev // *Metody Avtomatizatsii Prognoz. i Planir. Rabot po Zashch. Rastenii*. Leningrad: VIZR, 1980. P. 20–88. (In Russian).
- Popov S.Ya. Long-term characteristics of seasonal development of spider mites of the genus *Tetranychus* Dufour, 1832 (Acari-formes, Tetranychidae) on strawberry in Moscow Province. / S.Ya. Popov // *Entomol. Obozr.* 2003. 82(1). P. 71–85. (In Russian).
- Pyrveev D.B. Vernadsky's teaching about noosphere and model of space-planet integration of the planet. / D.B. Pyrveev // *Uroven' Zhizni Naseleniya Regionov Rossii*. 2013. 12. P. 93–105. (In Russian).
- Rafes P.M. Biogeocenologic theory of population dynamics in forest phytophagous insects. / P.M. Rafes // *Matematich. Modelirovanie v Ekologii*. Moscow: Nauka, 1978. P. 34–51. (In Russian).
- Riznichenko G.Yu. Lectures on mathematical models in biology. / G.Yu. Riznichenko // Moscow - Izhevsk: Inst. Komputer. Issled., 2010. 560 p. (In Russian).
- Rozenberg G.S. Introduction to theoretical ecology. / G.S. Rozenberg // Tolyatti: Kassandra Publ., 2013. V. 1. 565 p. (In Russian).
- Ryashko L.B. Models of population dynamics: from order to chaos. / L.B. Ryashko // *Soros Obrazovat. Zhurn.* 2001. 7(10). 122–127. (In Russian).
- Sadovnichij V.A. Complex modeling and forecasting of BRICS development in the context of world dynamics. / V.A. Sadovnichij, A.A. Akaev, A.V. Korotaev, S.Ju. Malkov // Moscow: Nauka, 2014. 382 p. (In Russian).
- Samersov V.F. Integrated systems of agricultural plant protection of pests and diseases. / V.F. Samersov (ed.) // Baranovichi, 1998. 469 p. (In Russian).
- Schuster G. Deterministic chaos: an introduction. / G. Schuster // Moscow: Mir, 1988. 253 p. (In Russian).
- Semevsky F.N. Mathematical modeling of ecological processes. / F.N. Semevsky, S.M. Semenov // Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982. 280 p. (In Russian).
- Sharkovsky A.N. Dynamics of one-dimensional maps. / A.N. Sharkovsky, S.F. Kolyada, A.G. Spivak, V.V. Fedorenko // Kiev: Naukova Dumka, 1989. 216 p. (In Russian).
- Sharov A.A. Modeling of insect population dynamics. *Itogi Nauki i Tekhniki. Entomology.* / A.A. Sharov // Moscow: VINITI, 1986. P. 3–115. (In Russian).

- Shcherbinovskiy N.S. Desert locust *Schistocerca gregaria*. / N.S. Shcherbinovskiy // Moscow: Gos. Izd. Sel'khoz. Lit., 1952. 416 p. (In Russian).
- Shcherbinovskiy N.S. The Solar-conditioned cyclicity of outbreaks of insect pests and other organisms. / N.S. Shcherbinovskiy // Astronom. Sbornik. 1960. 3–4. P. 165–169. (In Russian).
- Shilov I.A. Ecology. / I.A. Shilov // Moscow: Vysshaya Shkola, 2009. 512 p. (In Russian).
- Shorohov M.N. Improving the range of insecticides for cereal crops protection. / M.N. Shorohov, V.I. Dolzhenko // Vestnik Ros. Selskokhoz. Nauki. 2017. (2). P. 32–34. (In Russian).
- Smith J.M. Models in ecology. / J.M. Smith // Moscow: Mir, 1976. 184 p. (In Russian).
- Soroka S.V. Integrated systems of agricultural plant protection of pests, diseases, and weeds. (Guidelines, V. 1, 2). / S.V. Soroka (ed.) // Minsk: IVTS Minfina, 2003. V. 1, 248 p.; V. 2, 255 p. (In Russian).
- Spaar D. Ecologisation of plant protection in the vegetable- fruit- and grape production. / D. Spaar (ed.) // Saint Petersburg, Pushkin, 2005. V. 1. 336 p. (In Russian).
- Spaar D. Plant protection in sustainable systems of land use. V. 1. / D. Spaar (ed.) // Torzhok: Variant, 2003. 392 p. (In Russian).
- Starostina V.V. Around Sharkovsky's theorem. / V.V. Starostina, V.V. Teplyakov // Vestn. Severn. (Arktich.) Federal' Univ. Ser. Estestv. Nauki, 2013. 4. P. 97–104. (In Russian).
- Stolyarov M.V. Cyclicity and some characteristics of mass reproduction of *Calliptamus italicus* L. in southern Russia. / M.V. Stolyarov // Ekologiya. 2000. 1. P. 48–53. (In Russian).
- Stolyarov M.V. Some features of forecast population dynamics of gregarious locusts. How for a long time does become drop their reproduction? / M.V. Stolyarov // Zashchita i Karantin Rastenii. 2005. 1. P. 38–41. (In Russian).
- Sugonyaev E.S. Principles of formation of the environment friendly program of management of arthropod pests and their enemies in an apple orchard agroecosystem in the North Caucasus. / E.S. Sugonyaev, T.N. Doroshenko, V.A. Yakovuk, I.V. Balakhnina, O.S. Shevchenko // Entomol. Obozr. 2010. 89(2). P. 279–294. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I. Integrated plant protection system for reproductive seed potato of harmful organism complex in North-West Region of the Russian Federation. / G.I. Sukhoruchenko, G.P. Ivanova, S.A. Volgarev, N.A. Vil'kova, S.R. Fasulati, A.B. Vereshchagina, M.N. Berim, A.V. Khyutti, T.S. Fominykh, F.B. Gannibal, V.A. Pavlyushin, L.G. Danilov, A.M. Lazarev, L.A. Burkova, O.V. Dolzhenko, L.D. Grishchikina, T.A. Makhankova, A.S. Golubev, A.K. Lysov, T.V. Kornilov, N.R. Goncharov, N.I. Naumova // Saint Petersburg – Pushkin: RT Tsarskoe Selo, 2016. 64 p. (In Russian).
- Svirezhev Yu.M. Stability of biological communities. / Yu.M. Svirezhev, D.O. Logofet // Moscow: Mir, 1978, 352 p. (In Russian).
- Sviridenko P.A. On a periodicity of mass emergences of mouse-like rodents. / P.A. Sviridenko // Mat. 2nd Ekol. Conf., Abstracts, Part II. Kiev: Publ. Kiev Univ., 1950. P. 79–83. (In Russian).
- Sviridenko P.A. Reproduction and death of mice rodents. / P.A. Sviridenko // Trudy Zash. Rast. Leningrad, 1934. IV(3). P. 11–21. (In Russian).
- Tansky V.I. Biological basis of harm of insects. / V.I. Tansky // Moscow: Agropromizdat, 1988. 180 p. (In Russian).
- Tansky V.I. Insect harmfulness and methods of its studying. / V.I. Tansky // Moscow: VNIITEISKh, 1975. 68 p. (In Russian).
- Tarasevich L.S. Macroeconomics: textbook for bachelors. / L.S. Tarasevich, P.I. Grebennikov, A.I. Leussky // Moscow: Publ. Yurait, 2012. 686 p. (In Russian).
- Tarchevskiy I.A. Warning systems of plant cells. / I.A. Tarchevskiy // Moscow: Nauka, 2002. 294 p. (In Russian).
- Tharp V. Trade your way to financial freedom. / V. Tharp // Saint Petersburg: Piter, 2005. 368 p. (In Russian).
- Trubetskov D.I. Turbulence and deterministic chaos. / D.I. Trubetskov // Soros Obrazovat. Zhurn. 1998. 1. P. 77–83. (In Russian).
- Tshernyshev W.B. Agricultural entomology: ecological approaches. / W.B. Tshernyshev // Moscow: Publ. Triumph, 2012. 232 p. (In Russian).
- Tshernyshev W.B. Ecological plant protection. Arthropods in agroecosystem. / W.B. Tshernyshev // Moscow: Publ. Moskovsk. Gos. Univ., 2001. 132 p. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Scientific basis of induced disease resistance of plants. / S.L. Tyuterev // Saint Petersburg: VIZR, 2002. 328 p. (In Russian).
- Vasiliev S.V. Algorithm for decision of forecasting tasks in multiple-factor process of population dynamics. / S.V. Vasiliev, I.Ya. Polyakov, M.I. Saulich, G.E. Sergeev // Trudy VIZR. 1975. 5. P. 139–165. (In Russian).
- Vasiliev S.V. Theory and methods of use modelling and computers in plant protection. / S.V. Vasiliev, I.Ya. Polyakov, G.E. Sergeev // Trudy VIZR. 1973. 39. P. 61–119. (In Russian).
- Viktorov G.A. Animal population dynamics and its management. / G.A. Viktorov // Zool. Zhurnal. 1975. 54(6). P. 804–821. (In Russian).
- Viktorov G.A. Problems of insect population dynamics exemplified by sunn pest *Eurygaster integriceps*. / G.A. Viktorov // Moscow: Nauka, 1967. 271 p. (In Russian).
- Viktorov G.A. Theory of insect population dynamics and practice of plant protection. / G.A. Viktorov // Zashchita Rastenii. 1968. 7. P. 9. (In Russian).
- Viktorov G.A. To a question of pest outbreak causes. / G.A. Viktorov // Zool. Zhurn. 1955. 34(2). P. 259–266. (In Russian).
- Vladimirskiy B.M. Influence of solar activity on biosphere and noosphere (heliobiology from Chizhevsky until recently). / B.M. Vladimirskiy, N.A. Temurians // Moscow: Publ. MNEPU, 2000. 374 p. (In Russian).
- Volterra V. Mathematical theory of struggle for life. / V. Volterra // Moscow: Nauka, 1976. 288 p.
- Watt K. Ecology and resource management. / K. Watt // Moscow: Mir, 1971. 463 p.
- Zhuravleva T.A. To a question on evaluation of influence of world cyclic development on the economy of Russia. / T.A. Zhuravleva, T.N. Yamshchikova, K.V. Pavlov, A.S. Bobkov // Konkurentnost v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. 2017. 6-3(51). P. 52–56. (In Russian).
- Zubkov A.F. Agrobiocenological modernization of plant protection. / A.F. Zubkov // Plant Protection News, Supplements, No. 12. St. Petersburg: VIZR, 2014. 116 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 5–21

POPULATION DYNAMICS AND FORECAST OF PEST OUTBREAKS: HISTORY AND WAYS OF DEVELOPMENT. ANALYTICAL SURVEY

A.N. Frolov

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Study of insect population dynamics developed more than century with sharp discussions concerning factors responsible for variation in population numbers. Periodic population fluctuations constitute a great challenge of modern population biology, and a lot of theories try to explain their nature. It is obvious that forecast of harmful arthropods as a basis to make optimal decisions in order to control harmful species needs in-depth study of the nature of population dynamics, and especially the nature of fluctuation recurrence. Mathematical modeling of population dynamics is considered to be one of the central problems of mathematical ecology and nonlinear models seem to be the most promising to find points of instability in a system as effective states from the viewpoint of their management.

Keywords: pest; periodicity; factor; mechanism; mathematical model.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Фролов Андрей Николаевич. Зав. лабораторией,
доктор биологических наук, профессор, e-mail: vizrspb@email.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Frolov Andrei Nikolaevich. Head of Laboratory, DSc in Biology, Professor,
e-mail: vizrspb@email.ru

УДК 632.937.14

ВОЗБУДИТЕЛИ МИКОЗОВ ЖУКОВ-КОРОЕДОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ДАННОЙ ГРУППЫ КСИЛОФАГОВ

Г.Р. Леднев¹, А.М. Успанов², М.В. Левченко¹, М.Н. Сабитова¹, А.С. Каменова²,
Р. Абдукерим³, Д.С. Конурова⁴, Б.А. Дуйсембеков², И.А. Казарцев^{1,5}

¹ *Всероссийский НИИ защиты растений, С.-Петербург, Россия*

² *Казахский НИИ защиты и карантина растений, Алма-Ата, Казахстан*

³ *Казахский национальный аграрный университет, Алма-Ата, Казахстан*

⁴ *Киргизский национальный аграрный университет им. К.И.Скрябина, Бишкек, Киргизия*

⁵ *Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Санкт-Петербург, Россия*

Таксономический состав энтомопатогенных анаморфных аскомицетов в популяциях жуков-короедов включает *Beauveria bassiana*, *B. pseudobassiana*, *Beauveria* sp., *Isaria farinosa*, *Paecilomyces* sp. и *Lecanicillium* sp. Выявлены значительные различия в структуре видового состава грибов в зависимости от места изоляции. В предгорьях Заилийского Алатау (Казахстан) обнаружены представители четырех таксонов – *B. pseudobassiana*, *B. bassiana*, *I. farinosa* и *Paecilomyces* sp., при существенном доминировании первого из них (69.7%), в Богемском лесу (Чехия) отмечено только два вида – *B. bassiana* (90%) и *I. farinosa* (4%). Азиатская саранча, короед-типограф и колорадский жук обладают высокой чувствительностью к культурам грибов, изолированных из жуков-короедов, а яблонная моль – повышенной устойчивостью к возбудителям микозов. Изоляты *B. bassiana* показали наибольшую устойчивость к повышенной температуре (30 °C), а у *I. farinosa* обнаружена тенденция к психрофильности.

Ключевые слова: энтомопатогенные анаморфные аскомицеты, видовой состав, вирулентность, термотолерантность.

Одной из наиболее опасных групп насекомых-ксилофагов хвойных лесов Евразии являются жуки-короеды (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Преимущественно они поражают ветровальные или ослабленные деревья, однако в периоды вспышек массового размножения способны на значительных площадях уничтожать и здоровые деревья. Так, только за последние несколько лет в Московской и Ленинградской областях, в период вспышки массового размножения короедов, погибли тысячи гектаров хвойных лесов [Малахова, 2015; Селиховкин, Поповичев, 2017]. Подобная ситуация сложилась и на некоторых территориях Казахстана. После сильнейших ураганов в 2011 г. в ущелье Медео (Заилийский Алатау) лесные насаждения были уничтожены на общей площади 480 га, что поспособствовало массовому размножению короедов [Исмухамбетов и др., 2013].

Одним из перспективных приемов снижения численности этой группы вредителей является использование биопрепаратов на основе энтомопатогенных аскомицетов из анаморфных родов (Ascomycota: Hymenocerales). Представители данной группы филаментных грибов, в первую очередь представители родов *Beauveria* и *Isaria*, достаточно широко распространены в популяциях различных видов жуков-короедов практически во всех лесных экосистемах Евразии [Novák, Samšínková, 1967; Wulf, 1983; Lutyk, Swiezynska, 1984; Wegensteiner et al., 1996; Wegensteiner, 2000]. Было показано, что *Beauveria bassiana* sensu lato (Bals.) Vuill. (Hymenocerales: Clavicipitaceae) является одним из ведущих факторов смертности значительного числа видов Scolytinae и, следовательно, способен выступать в качестве важного регулирующего фактора динамики их численности [Pora et al., 2012].

Исследования, направленные на разработку микоинсектицидов для контроля численности данной группы вредителей, широко проводятся во многих странах мира – Белоруссии, Болгарии, Германии, Грузии, Словакии

и др. [Прищепина и др., 2005; Takov et al., 2006, 2007; Чхубианишвили и др., 2003; Kreutz et al., 2004; Battay, 2007; Mudrončková et al., 2013]. Так, Л.И.Прищепиной с соавторами [2005] было показано, что препарат Боверин зерновой-БЛ, на основе гриба *B. bassiana* s.l., в условиях лесов Белоруссии обладает хорошей биологической активностью (до 90%) по отношению к различным стадиям развития короеда-типографа – от личинки до взрослого жука. Хорошие результаты получены в этой зоне и при совместном использовании этого вида гриба с химическим инсектицидом Каратэ Зеон [Малый, Севницкая, 2008; Севницкая, 2013]. Исследования, проведенные в Грузии показали, что при использовании местного штамма гриба *B. bassiana* итоговый уровень смертности имаго *Ips typographus* L. достигает 79.5–91.2% [Burjanadze, 2008]. Австрийскими исследователями было показано, что в ходе лабораторных тестов на имаго *Ips sexdentatus* Börner уровень биологической активности штаммов *B. bassiana*, изолированных из *I. typographus*, достигает 94% [Steinwender et al., 2010]. При этом проведенные опыты по оценке вирулентности на имаго хищника короеда жука-пестряка *Thanasimus formicarius* L. (Coleoptera: Cleridae) показали, что последний оказался значительно более устойчивым к грибу в сравнении со своей жертвой. Комплексные исследования по разработке микоинсектицидов для снижения численности короедов проведены и в Словакии [Jakuš et al., 2011; Mudrončková et al., 2013]. Авторами убедительно показана высокая биологическая эффективность грибов *B. bassiana* (до 99%) и *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. (до 97%) в борьбе с *I. typographus*. Есть сведения о разработке методов контроля численности с использованием грибов не только аборигенных видов, но и инвайдеров, в частности большого елового лубоеда *Dendroctonus micans* Kug. [Kocacevik et al., 2015].

В России и странах Центральной Азии до недавнего времени исследования такого рода практически не

проводились. В последние годы появились немногочисленные сообщения об энтомопатогенной микобиоте жуков-короедов в Западной Сибири (уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandf.) [Керчев и др., 2016] и Юго-Восточном Казахстане (короед Гаузера *Ips hauseri* Reitter) [Мухамадиев и др., 2012; Леднев и др., 2016].

Материалы и методы

Сбор патологического материала (трупы имаго короедов с признаками микозов) под корой на заселенных ксилофагом различных видах елей (ель европейская, тьянь-шаньская и др.) проводился в южной Чехии (Национальный парк “Шумава” (2016 г.)), в лесных массивах Ленинградской области и Карелии (2017 г.), в юго-восточном Казахстане (Заилийский Алатау, урочище Медео (2015 г.)) и на севере Киргизии (Бишкек, Ботанический сад (2016 г.)).

В качестве тест-объектов для оценки вирулентности природных изолятов использовали следующие виды насекомых: имаго короеда-типографа *I. typographus* (южная Чехия); личинки младших возрастов азиатской саранчи *Locusta migratoria migratoria* L. (Orthoptera: Acrididae), колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), и яблонной моли *Yponomeuta malinellus* Zeller (Lepidoptera: Yponomeutidae). Особей последних трех видов собирали из природных популяций в Алма-Атинской области.

Выделение и идентификация грибов

Изоляция грибов из трупов короедов проводилась по общепринятым методикам на модифицированную среду Сабуро [Леднев и др., 2003].

Идентификация по морфологическим признакам проводилась методом световой микроскопии [Коваль, 1974; Леднев и др., 2003]. Для уточнения таксономического статуса части изолированных культур был проведен молекулярно-генетический анализ по локусу ядерной ДНК – *tef* (фактор элонгации трансляции *Ef1a*) [Rehner et al., 2011] с последующим BLAST-анализом на сервере Генбанка [BLAST, 2016].

Оценка вирулентности

Для инокуляции тест-насекомых использовали конидии грибов, полученные путём смыва с поверхности мицелиально-конидиальной массы, выращенной на агаризованной среде Сабуро в течение трёх недель. Конидии суспендировали в воде

с добавлением эмульгатора твин-20 (0.03%). Титр рабочей суспензии – 1×10^7 конидий/мл.

Заражение насекомых проводилось путём погружения их в суспензию конидий на 5 с, из расчета 2 мл на 20 особей. Контрольные группы насекомых обмакивали в воде с добавлением твина (0.03%). Сразу после погружения тест-насекомых подсушивали на фильтровальной бумаге для удаления лишней влаги. В опытах с имаго короедов обработанные особи помещали в чашки Петри 60 мм с увлажненными дисками из фильтровальной бумаги (10 особей на чашку). В качестве корма использовали кору, взятую с заселенных короедами елей. Чашки Петри с насекомыми инкубировали в темноте при постоянной температуре 20 °С. Для других видов тест-насекомых применяли следующую методику: инокулированные особи помещали в пластиковые стаканы объемом 1000 мл, закрытые мельничным газом (5–10 особей на повторность) и инкубировали при температуре 25–30 °С и естественном освещении. Учёт смертности проводился ежедневно в течение 15 суток. Всех погибших особей отбирали и помещали во влажную камеру (чашка Петри со смоченным водой фильтром) с целью установления причины смерти и уровня обрастания погибших особей.

Оценка термических предпочтений

Определение влияния температуры воздуха (в диапазоне от 20 до 35 °С) на интенсивность радиального роста грибов проводилось в чашках Петри на модифицированной среде Сабуро (инокуляция уколом в центр чашки). В течение 30 дней, с интервалом 2-е суток, колонии измерялись в двух направлениях (крест-накрест) и определялся их диаметр. Повторность 5-кратная.

Статистическая обработка данных проводилась методом однофакторного дисперсионного анализа (One way ANOVA, Sigma Plot 12.5).

Результаты и обсуждение

В ходе проведенных полевых работ в лесных экосистемах Евразии (южная Чехия, Ленинградская и Московская обл., юго-восточный Казахстан, север Киргизии) на поврежденных ксилофагами елях было собрано более ста пятидесяти трупов имаго короедов с признаками микозов. При этом подавляющее большинство пораженных особей в европейских регионах принадлежали к *I. typographus*, а в азиатских – к *Ips hauseri*. Указанные виды являются доминантными для данных территорий. Из этого патологического материала было выделено в чистую культуру 130 изолятов энтомопатогенных анаморфных аскомицетов. Встречаемость погибших от микозов особей в значительной степени варьировала. Обычно в небольшом количестве, на многих проанализированных стволах под корой, где наблюдалась высокая плотность короедов, фиксировались имаго вредителей с явными признаками микоза. Массовый эпизоотический очаг был обнаружен только один раз (Ботанический сад г. Бишкек). В этом случае практически на всех поврежденных короедами елях (площадь

участка более 1 га) количество трупов короедов достигало 3–5 экз./дм².

Анализ группового состава изолированных культур по морфологическим признакам показал, что большая часть изолятов принадлежит к *Beauveria bassiana* sensu lato, другие культуры – к родам *Isaria* и *Lecanicillium*. При этом доля двух последних групп существенно варьирует в зависимости от региона выделения. Так, если в Казахстане и Чехии удельный вес грибов рода *Isaria* не превышал 15%, то в Киргизии, Карелии и Ленинградской области их доля превышала 25%. Грибы рода *Lecanicillium* были обнаружены только в последних двух регионах.

Поскольку в последнее время в связи с активным использованием молекулярно-генетических методов в систематике изучаемых грибов произошли значительные изменения, то для уточнения таксономического статуса природных изолятов, выделенных из имаго короедов казахского и чешского происхождения, был проведен ПЦР-анализ по локусу ядерной ДНК – *tef* (фактор элонгации трансляции *Ef1a*) (рис. 1, табл. 1).

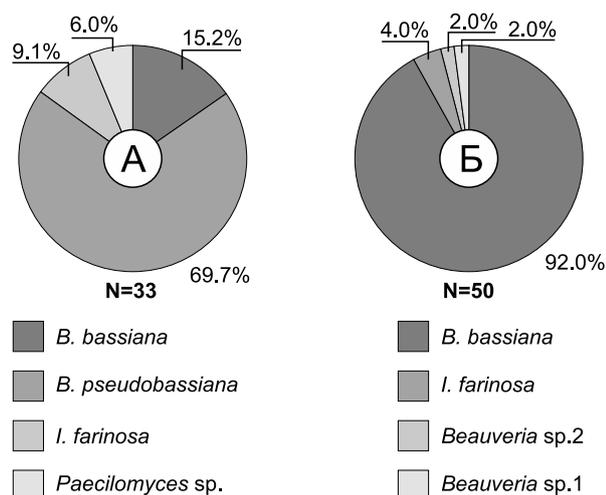


Рисунок 1. Структура видового состава энтомопатогенных анаморфных аскомицетов, изолированных из имаго жуков-короедов.

А – Заилийский Алатау (Казахстан); Б – Богемский лес (Чехия)

В результате были выявлены значительные различия в структуре видового состава грибов в зависимости от места изоляции. В предгорьях Заилийского Алатау обнаружены представители четырех таксонов – *Beauveria bassiana*, *Beauveria pseudobassiana*, *Isaria farinosa* Fr. и *Paecilomyces* sp. Подавляющее большинство культур относится к *B. pseudobassiana* (69.7%), на втором месте по встречаемости – *B. bassiana* (15.2%) (рисунок 1 А). В Богемском лесу четко дифференцировалось только два вида – *B. bassiana* и *I. farinosa*. При этом доля первого из них превышала 90% (рисунок 1 Б). Еще для двух изолятов принадлежащих, к роду *Beauveria*, видовую принадлежность установить не удалось, поскольку по локусу *tef* один из них показал 100%-е сходство одновременно с *B. bassiana* и *B. caledonica*, другой с *B. bassiana* и *B. pseudobassiana*. Это подтверждает данные Рехнера с соавторами [Rehner et al., 2011] о том, что данный локус не всегда подходит для четкой дифференциации видов в пределах рода *Beauveria*. Выбор данного локуса был обусловлен тем, что он лучше подходит для таксономического разделения на уровне родов грибов, обсуждаемых в настоящей работе. Для четкой верификации не идентифицированных до вида изолятов

Beauveria sp. в дальнейшем будет использован межгенный локус *Bloc*.

Эти результаты в значительной мере противоречат полученным нами ранее данным по стациальному распределению двух криптических видов рода *Beauveria*, где было показано, что *B. pseudobassiana* приурочена к лесной зоне, а *B. bassiana* – к степной [Lednev et al., 2014]. В данном случае культуры в обоих регионах были изолированы в горных районах по высотному градиенту, соответствующему зоне смешанных лесов. По всей видимости, распределение указанных таксонов обусловлено не только приуроченностью к конкретным станциям, но и связано с долготой места их обитания.

Оценка внутривидовой структуры выявленных таксонов показала, что вид *B. bassiana* sensu stricto представлен двумя гаплотипами, при этом в обоих местах совпадает только один из них (табл. 1). *B. pseudobassiana* в урочище Медео также представлен двумя гаплотипами, а *I. farinosa* – одним, одинаковым для обоих районов исследований.

Анализ высотного распределения выявленных таксонов показал, что в пределах Заилийского Алатау *B. bassiana* был обнаружен только в обследованных точках расположенных ниже 2000 м (1300 и 1900 м). Здесь доля данного вида составила 40.7%. На площадке, находящейся выше (2000 м), где было собрано наибольшее количество образцов (более 60%), среди грибов рода *Beauveria* был отмечен только *B. pseudobassiana*. Выявленная закономерность в данном случае подтверждается полученными нами ранее данными о том, что *B. pseudobassiana* приурочена к более влажным и психрофильным станциям по сравнению с *B. bassiana* [Lednev et al., 2014].

В целом полученные материалы соответствуют литературным данным по групповому составу энтомопатогенных анаморфных аскомицетов на жуках-короедах некоторых регионов Европы и Азии [Takov et al., 2006; Wegensteiner et al., 1989; Керчев и др., 2016].

На следующем этапе исследований для оценки специфичности тридцати двух природных изолятов грибов, выделенных из жуков-короедов, собранных в урочище Медео, в лабораторных условиях была определена их вирулентность на четырех видах тест-насекомых из разных отрядов: (азиатская саранча (Orthoptera), короед-ти-

Таблица 1. Каталог молекулярных гаплотипов *tef*, характеризующих штаммы анаморфных аскомицетов, изолированных из имаго жуков-короедов в урочище Медео (Заилийский Алатау) в 2015 г. и в национальном парке Шумава (Богемский лес) в 2016 г. в сравнении с записями, доступными в Генбанке

Вид гриба	Гаплотип	Типовой штамм в Генбанке	Номер доступа в Генбанке	Эталонный штамм рабочей выборки, кол-во		Уровень сходства с типовым штаммом из Генбанка, %
				Казахстан	Чехия	
<i>B. bassiana</i> sensu stricto	A (7518)	ARSEF 7518	HQ880975	BbSc1-15 (3)	0	100
	B (10/72)	EABb 10/72	KJ473860	BbSc2-15 (2)	0	100
	C (09/16)	EABb 09/16	KX911197.1	0	Bcz1 (45)	100
	D (492)	L492BA	JQ043236.1	0	Bcz35 (1)	100
<i>B. pseudobassiana</i>	A (2997)	ARSEF 2997	HQ881000	BpSc1-15 (15)	0	100
	B (6229)	ARSEF 6229	HQ881001	BpSc16-15 (8)	0	100
<i>Beauveria</i> sp.1	A (4302)	ARSEF 4302	HQ881014.1 AY531912.1	0	Inc2 (1)	100
<i>Beauveria</i> sp.2	A (09/05)	EABb 09/05	KJ536059.1 AY531911.1	0	Bcz31 (1)	100
<i>I. farinosa</i>	A (4029)	ARSEF 4029	HQ881019	ISc1-15 (3)	ISc1 (2)	100
<i>Paecilomyces</i> sp.	A (1849)	ARSEF 1849	KC242682	Inc1-15 (2)	0	100

пограф и колорадский жук (Coleoptera), яблонная моль (Lepidoptera)) (табл. 2).

Проведенные наблюдения показали высокую гетерогенность изучаемых культур грибов по признаку вирулентности на указанных видах вредителей. Итоговый уровень смертности личинок (13-е сутки после заражения) варьировал от 15 до 100%.

Наиболее однородными оказались изоляты, принадлежащие к *B. bassiana*. Для всех пяти протестированных культур этого вида, уровень смертности для первых трех указанных таксонов насекомых составил 95–100%. Наименьший уровень биологической активности показали культуры отнесенные к *Paecilomyces* sp. Для них уровень вирулентности варьировал в пределах от 15 до 73%.

В целом для азиатской саранчи, короеда-типографа и колорадского жука соотношение культур грибов по уровню вирулентности было примерно одинаковым (рис. 2). Доли их высоковирулентных форм были примерно равными (от 63 до 66%). Это свидетельствует о схожей восприимчивости этих видов вредителей к энтомопаразитическим грибам. Следовательно, значительная доля культур, изолированных из короедов, обладает высокой агрессивностью и в отношении представителей других таксонов насекомых. Принципиально другая картина наблюдалась на гусеницах яблонной моли. Здесь доля высоковирулентных форм была существенно ниже по сравнению с предыдущими видами и не превысила 22% (рис. 2 Г). Таким образом, яблонная моль обладает в сравнении с предыдущими тремя таксонами повышенной устойчивостью к возбудителям микозов. С прикладной точки зрения, в качестве перспективных штаммов-продуцентов для разработки новых микоинсектицидов широкого спектра действия можно рекомендовать пять изолятов *B. bassiana* и культуру ISc5-15 (*I. farinosa*).

Важным этапом при изучении биологических свойств микроорганизмов, и в частности энтомопатогенных грибов, является оценка их гидротермических предпочтений.

В связи с этим нами был проведен эксперимент, направленный на определение динамики радиального роста колоний 32 природных изолятов грибов, выделенных из имаго жуков-короедов (урочище Медео) в поверхностной культуре на модифицированной среде Сабуро при температуре воздуха (20, 25, 30 и 35 °С).

Для данной выборки изолятов, за исключением культур относимых к *I. farinosa*, максимальный рост колоний наблюдался при 25 °С. При 30 °С интенсивность радиаль-

Таблица 2. Биологическая активность природных изолятов энтомопатогенных анаморфных аскомицетов, изолированных из имаго жуков-короедов в отношении насекомых из различных систематических групп

Изолят	Смертность, %, 13-е сут.			
	Orthoptera	Coleoptera		Lepidoptera
	<i>Locusta migratoria</i>	<i>Ips typographus</i>	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	<i>Yponomeuta malinellus</i>
<i>B. bassiana</i>				
BSc1-15	100	95.0±5.0	100	55.0±20.6
BSc3-15	100	100	100	95.0±5.0
BSc6-15	100	100	100	95.0±5.0
BSc9-15	100	100	100	85.0±9.6
ISc4-15	100	100	100	35.0±9.6
<i>B. pseudobassiana</i>				
BSc2-15	60.0±11.6	77.5±10.3	95.0±5.0	40.0±14.1
BSc4-15	100	90.0±5.7	80.0±7.0	90.0±5.8
BSc5-15	93.3±6.7	85.0±9.5	95.0±5.0	100.0±0.0
BSc7-15	93.3±6.7	85.0±15.0	85.0±15.0	85.0±9.6
BSc8-15	100	92.5±4.7	67.5±10.3	25.0±5.0
BSc10-15	100	100	47.5±11.0	90.0±10.0
BSc11-15	100	80.0±16.8	50.0±12.9	90.0±10.0
BSc12-15	53.3±17.7	85.0±9.5	80.0±12.2	20.0±8.2
BSc13-15	73.3±6.7	95.0±5.0	95.0±5.0	60.0±18.3
BSc14-15	100	95.0±5.0	95.0±5.0	80.0±8.2
ISc1-15	100	80.0±14.1	80.0±14.1	45.0±12.6
ISc2-15	100	100	95.0±5.0	85.0±9.6
ISc3-15	100	75.0±25.0	75.0±25.0	100.0±0.0
ISc6-15	46.7±24.1	85.0±15.0	100	25.0±9.6
ISc7-15	73.3±6.7	100	100	40.0±20.0
ISc8-15	66.7±17.7	95.0±5.0	70.0±5.7	55.0±12.6
ISc9-15	93.3±13.3	90.0±5.7	85.0±15.0	60.0±8.2
ISc10-15	80.0±0.0	95.0±15.0	85.0±15.0	45.0±9.6
ISc11-15	100	100	95.0±5.0	85.0±9.6
ISc14-15	93.3±6.7	70.0±19.1	70.0±19.1	80.0±8.2
ISc15-15	100	100	95.0±5.0	60.0±8.2
ISc16-15	93.3±6.7	100	100	35.0±5.0
<i>I. farinosa</i>				
ISc5-15	100	100	100	20.0±14.1
ISc12-15	40.0±20.0	100	100	45.0±17.1
ISc13-15	60.0±11.6	70.0±12.9	95.0±5.0	30.0±12.9
<i>Paecilomyces</i> sp.				
InS1-15	53.3±13.3	32.5±8.5	47.5±11.0	15.0±5.0
InS2-15	73.3±13.3	45.0±20.0	37.5±12.5	15.0±9.6
Контроль	13.3±6.7	17.5±10.3	0.0	5.0±5.0
HCP ₀₅	26.96	13.5	13.4	30.32

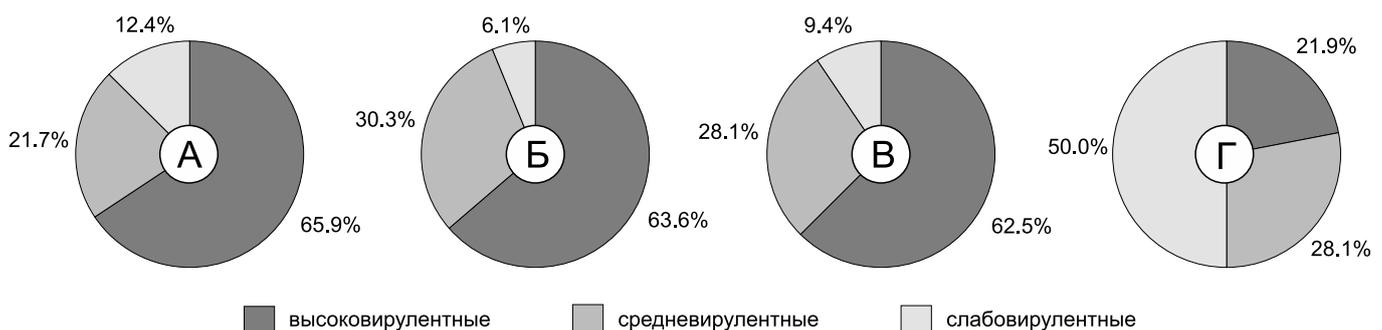


Рисунок 2. Соотношение культур энтомопатогенных анаморфных аскомицетов, выделенных из трупов жуков-короедов в 2015 г., по признаку вирулентности на личинках азиатской саранчи (А), короеда-типографа (Б), колорадского жука (В) и яблонной моли (Г)

ного роста у культур, принадлежащих к *B. bassiana* была существенно выше в сравнении с другими видами грибов (рис. 3). При 20 °С итоговый диаметр колоний у *I. farinosa* был существенно выше по сравнению с другими видами. При 35 °С ни у одного из изолятов мицелиального роста практически не наблюдалось.

Таким образом, проведенные исследования выявили значительную вариабельность изучаемых культур по признаку термотолерантности. Наибольшую устойчивость к повышенной температуре проявили культуры, относимые к *B. bassiana*, напротив, у *I. farinosa* обнаружена тенденция к психрофильности. Это в полной мере соответствует литературным данным о более высокой устойчивости к пониженным температурам *I. farinosa* в сравнении с *B. bassiana* [Doberski, 1981, Zimmermann, 2008, Керчев и др., 2016].

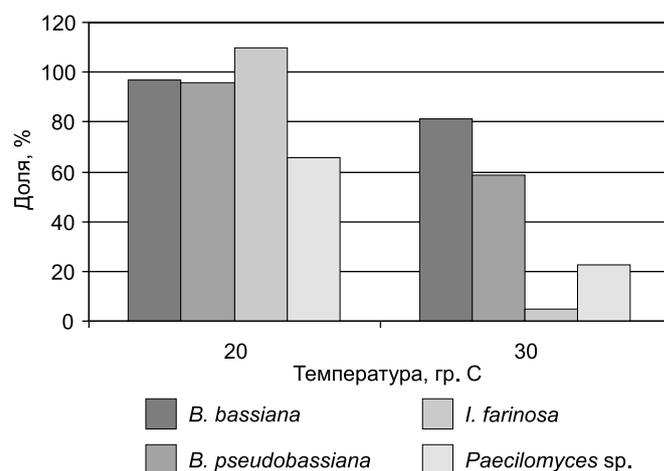


Рисунок 3. Интенсивность радиального роста при субоптимальных температурах в сравнении с 25 °С, в процентах (30-е сутки роста)

Заключение

Представленные данные показали, что групповой состав энтомопатогенных анаморфных аскомицетов в популяциях жуков-короедов достаточно беден и включает в себя только пять таксонов: *B. bassiana*, *B. pseudobassiana*, *I. farinosa*, *Paecilomyces sp.* и *Lecanicillium sp.* При этом выявлены значительные различия в структуре видового состава грибов в зависимости от места изоляции. В предгорьях урочище Медео (Казахстан) обнаружены представители четырех таксонов – *B. pseudobassiana*, *B. bassiana*, *I. farinosa* и *Paecilomyces sp.*, при существенном доминировании первого из них (69.7%), в Шумае (Чехия) от-

мечено только два вида – *B. bassiana* (90%) и *I. farinosa* (10%). Азиатская саранча, короед-типограф и колорадский жук обладают высокой чувствительностью к культурам грибов, изолированных из жуков-короедов (доля высоковирулентных изолятов – более 60%), а яблонная моль – повышенной устойчивостью к возбудителям микозов (слабовирулентные формы – 50%). Изоляты *B. bassiana* показали наибольшую устойчивость к повышенной температуре (30 °С), а у *I. farinosa* обнаружена тенденция к психрофильности (наиболее активный рост при 20 °С).

Представленные результаты получены при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 17-04-00474 «Биоразнообразие и функциональная роль микобиоты, ассоциированной с короедом-типографом в бореальных лесах Северо-Запада России») и Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант 3200/ГФ4)

Библиографический список (References)

- Исмухамбетов Ж.Д. Карантинные вредители в еловых лесах Тянь-Шаня / Ж.Д. Исмухамбетов, Н.С. Мухамадиев, Б.А. Дуйсембеков // Защита леса – инновации во имя развития: Бюллетень Пост. Комиссии ВПРС МОББ по биологической защите леса. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. Вып. 9. С. 49–53.
- Керчев И.А. Первые сведения о грибных патогенах (Ascomycota, Nurocreales) в инвазийных популяциях уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. / И.А. Керчев, В.Ю. Крюков, О.Н. Ярославцева, Г.П. Половинко, Ю.С. Токарев, В.В. Глухов // Российский Журнал Биологических Инвазий. 2016. N 4. С. 41–50.
- Коваль Э.З. Определитель энтомофильных грибов СССР. / Коваль Э.З. // Киев: Наукова Думка, 1974. 260 с.
- Леднев Г.Р. Возбудители микозов насекомых: Пособие по диагностике / Г.Р. Леднев, Б. А. Борисов, Г.В. Митина // СПб.: ВИЗР, 2003. 79 с.
- Леднев Г.Р. Энтомопатогенные грибы в популяции жуков-короедов в предгорьях Заилийского Алатау. / Г.Р. Леднев, Р. Абдукерим, А.М. Успанов, М.Н. Сабитова, А.С. Каменова, М.В. Левченко, Б.А. Дуйсембеков // Вестник защиты растений. Санкт-Петербург – Пушкин: 2016. N 3. С.93–94.
- Малахова Е.Г. Совершенствование лесоводственных мероприятий и государственного лесопатологического мониторинга в еловых лесах Московской области / Е.Г. Малахова // автореф. ... канд. дис. Мытищи: 2015. 18 с.
- Малый Л. П. Перспективы применения энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. в борьбе с короедом типографом (*Ips typographus* L.) / Л. П. Малый, Н. Л. Севницкая // Проблемы лесоведения и лесоводства. Гомель: 2008. Вып. 68. С.521–528.
- Мухамадиев Н.С. Насекомые-ксилофаги - основные объекты для изучения биоразнообразия и распространения патогенов в урочище Медео / Н.С. Мухамадиев, Н.Ж. Ашикбаев, Б.А. Дуйсембеков, А.М. Успанов, А. В. Лукина, Б.А. Куштанов // Материалы международной молодеж-
- ной конференции «Инфекционная патология членистоногих», 26–29 марта 2012 г., С.-Петербург, Пушкин. СПб. Пушкин. 2012. С. 46–47.
- Пашенова Н. В. Офиостомовые грибы в ходах большого листовичного короеда / Н. В. Пашенова, В. П. Ветрова, Р. М. Матренина, Е. Н. Сорокина // Лесоведение. Красноярск. 1995. N 6. С. 62–68.
- Пашенова Н. В. Перенос офиостомовых грибов уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Scolytidae) в Сибири / Н. В. Пашенова, В. М. Петько, И. А. Керчев, Н. С. Бабичев // Изв. СПбЛТА. 2012. Вып. 200. С. 114–120.
- Прищепа Л.И. Перспективы использования биопрепарата Боверин-БЛ в ограничении численности короеда-типографа (*Ips typographus* L.) / Л.И. Прищепа, Канапацкая В.А. // Устойчивое развитие лесов и рациональное использование лесных ресурсов: материалы Международной научно-практической конференции. Минск. 2005. С. 211–213.
- Севницкая Н.Л. Перспективы совместного использования энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. и химического инсектицида каратэ зеон против короеда типографа / Н.Л. Севницкая // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2013. N 1. С. 19–25.
- Селиховкин А.В. Короед типограф *Ips typographus* (L.) на Карельском перешейке и санитарные рубки / А.В. Селиховкин, Б.Г. Поповичев // Материалы XV съезда Русского энтомологического общества. Новосибирск. 2017. С. 445–446.
- Чхубианишвили Ц. К изучению грибной патологии жука короеда-типографа в Грузии / Ц. Чхубианишвили // Биологическая защита леса и лесопатологический мониторинг / Восточнопалеаркт. регион. секция Междунар. орг. по биол. борьбе с вред. животными и растениями. Пушкино, 2003. N 2. С. 177–180.
- Battay A. Biocontrol of almond bark beetle (*Scolytus amygdali* Geurin-Meneville, Coleoptera: Scolytidae) using *Beauveria bassiana* (Bals.)

- Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) / A. Battay // Journal of Applied Microbiology. 2007. V.103. N 5. P 140–141.
- Burjanadze M. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii* to the bark beetle *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) / M. Burjanadze // 41st Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology. Coventry: 2008.
- Doberski J.W. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle, *Scolytus scolytus*: Pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces farinosus* to larvae and adults of *S. scolytus* / J.W. Doberski // Journal of Invertebrate Pathology. 1981. N 37. P. 188–194.
- Faria M. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types / M. Faria, S.P. Wraight // Biological Control. 2007. P. 237–256.
- Jakuš R.M. Treatment of bark beetle attacked trees with entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin / R. M. Jakuš, B. Mudrončėková // Folia Forestalia Polonica. 2011. V. 53. N 2. P. 150–155.
- Jankevica L. Ecological associations between entomopathogenic fungi and pest insects recorded in Latvia / L. Jankevica // Latvijas Entomologs. 2004. N 41. P. 60–65.
- Kocacevik S. Molecular characterization, virulence and horizontal transmission of *Beauveria pseudobassiana* from *Dendroctonus micans* (Kug.) (Coleoptera: Curculionidae) / S. Kocacevik, A. Sevim, M. Eroglu, Z. Demirbag, I. Demir // Journal of Applied Entomology. 2015. V.139. P. 381–389.
- Kreutz J. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against the spruce bark beetle, *Ips typographus* L., in the laboratory under various conditions / J. Kreutz, O. Vaupel, G. Zimmermann // Journal of Applied Entomology. 2004. V. 128. N 6. P. 384–389.
- Lutyk P., Swiezynska H. Trials of control of the larger pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) with the use of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. on piles wood. / P. Lutyk, H. Swiezynska // Sylwan. 1984. V. 128. P. 41–45.
- Muchamadiev N. The historical role of *Ips hauseri* (Coleoptera: Curculionidae) in the spruce forest of Ile-Alatausky and Medeo national parks / N. Muchamadiev, A. Lyncy, C. O'Connor, A. Sagitov, N. Ashikbaev, I. Panyushkina // Information bulletin IOBC EPRS. V. 46. P. 92–94.
- Mudrončėková S. Entomopathogenic fungus species *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) used as mycoinsecticide effective in biological control of *Ips typographus* (L.). / S. Mudrončėková, M. Mazáň, M. Nemčovič, I. Šalamon // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2013. V. 2. N 6. P. 2469–2472.
- Novák V. Eine Methode zur integrierten Bekämpfung des Rüsselkäfers (*Hylobius abietis* L.) / V. Novák, A. Samšináková // Anz. Schädlingsk. 1967. N. 40. P. 22–27.
- Popa V., Dèziel E., Lavallée Baucé E., Guertin C. The complex symbiotic relationships of bark beetles with microorganisms: a potential practical approach for biological control in forestry / V. Popa, E. Dèziel, E. Lavallée Baucé, C. Guertin // Pest Management Science. 2012. V. 68. P. 963–975.
- Rehner S.A. Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria* / S.A. Rehner, A.M. Minnis, G.H. Sung, J.J. Luangsa-ard, L. Devotto, R.A. Humber // Mycologia. 2011. V. 103. N 5. P. 1055–1073.
- Sosnowska D. Biodiversity of arthropod pathogens in the Białowieża forest / D. Sosnowska, S. Balazy, L. Prishchepa, N. Mikulska // Journal of Plant Protection Research, 2004. V. 44. N 4. P. 313–321.
- Steinwender B. Different effects of the insect pathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota) on the bark beetle *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Curculionidae) and on its predator *Thanasimus formicarius* (Coleoptera: Cleridae) / B. Steinwender, H. Krenn, R. Wegensteiner // Journal Plant Diseases Protection. 2010. V. 117. P. 33–38.
- Takov D. Entomopathogens in *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) from several spruce stands in Bulgaria / D. Takov, D. Pilarska, R. Wegensteiner // Acta zoologica bulgarica. 2006. V. 58. N 3. P. 409–420.
- Takov D. Study of Bark Beetle (Coleoptera, Scolytidae) Pathogens from Coniferous stands in Bulgaria / D. Takov, D. Doychev, R. Wegensteiner, D. Pilarska // Acta zoologica bulgarica. 2007. V. 59. N 1. P. 87–96.
- Wegensteiner R. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch against the four eyed spruce bark beetle, *Polygraphus poligraphus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) / R. Wegensteiner // IOBC/WPRS Bulletin. 2000. V. 23. N 2. P. 161–166.
- Wegensteiner R. Observations on the occurrence of pathogens in the bark beetle *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae) / R. Wegensteiner, J. Weiser, E. Führer // Journal of Applied Entomology. 1996. V. 120. P. 199–204.
- Wulf A. Untersuchungen über den insektenpathogenen Pilz *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. als Parasit des Kupferstechers *Pityogenes Chalcographus* L. (Col., Scolytidae) / A. Wulf // Z. Angew. Entomol. 1983. V. 95. P. 34–46.
- Zimmermann G. The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (Formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control / G. Zimmermann // Biocontrol science and technology. 2008. V. 18. P. 865–901.
- <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov> (дата обращения: 20.11.2017)

Translation of Russian References

- Chkhubianishvili Ts. To studying of mushroom pathology of a bug of a bark beetle printer in Georgia / C. Chkhubianishvili // Biologicheskaya zashchita lesa i lesopatologicheskij monitoring / Vostochnopalearkt. region. sekciya Mezhdunar. org. po biol. bor'be s vred. zhivotnymi i rasteniyami. Pushkino, 2003. N 2. P. 177–180. (In Russian).
- Ismukhambetov Zh. D. Quarantine invaders in spruce forests of Tien Shan. / Zh.D. Ismukhambetov, N.S. Mukhamadiyev, B.A. Duysembekov // Forest protection – innovation for development: Bulletin Post. Komissii VPRS MOBB po biologicheskoy zashchite lesa. Pushkino: VNIILM, 2013. V. 9. P. 49–53. (In Russian).
- Kerchev I.A. The first data on pathogenic fungi (Ascomycota, Hypocreales) in the invasive populations of the *Polygraphus proximus* Blandf. / I.A. Kerchev, V.Yu. Kryukov, O.N. Yaroslavtseva, G.P. Polovinko, Yu.S. Tokarev, V.V. Glupov // Rossijskij Zhurnal Biologicheskikh Invazij. 2016. N 4. P. 41–50. (In Russian).
- Koval E.Z. Identification guide of entomophilous fungi of the USSR. / Koval E.Z. // Kiev: Наукова Думка, 1974. 260 p. (In Russian).
- Lednev G. R. Causative agents of mycoses of insects: A manual for diagnostics / G.R. Lednev, B.A. Borisov, G.V. Mitina // St. Petersburg.: VIZR, 2003. 79 p. (In Russian).
- Lednev G. R. Entomopathogenic fungi in population of bark beetles in the foothills of Trans-ili-Alatau. / G.R. Lednev, R. Abdukerim, A.M. Uspanov, M.N. Sabitova, A.S. Kamenova, M.V. Levchenko, B.A. Duysembekov // Plant Protection News. St. Petersburg – Pushkin: 2016. N 3. P. 93–94. (In Russian).
- Malakhova E.G. Advances of forest management and the state forest pathological monitoring in spruce forests of the Moscow region / E.G. Malakhova // avtoreferat dis. kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk: 06.03.02. Mytishchi: 2015. 18 p. (In Russian).
- Maly L. P. Prospects of application of an entomopathogenic fungi of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in fight against the European spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) / L.P. Maly, N.L. Sevnitskaya // Problemy lesovedeniya i lesovodstva. Gomel: 2008. V. 68. P. 521–528. (In Russian).
- Mukhamadiyev N.S. Xylophage insects - the main objects for studying of a biodiversity and distribution of pathogens in the natural boundary Medeu / N.S. Mukhamadiyev, N.Zh. Ashikbayev, B.A. Duysembekov, A.M. Uspanov, A.V. Lukina, B.A. Kushtanov // Materials of International Youth Conference «Infekcionnaya patologiya chlenistonogih», 26–29 march 2012 r., Sankt-Petersburg – Pushkin. St. Petersburg. Pushkin: 2012. P. 46–47. (In Russian).
- Pashenova N.V. Ophiostomoid fungi in the tunnels of a large larch bark beetle / N.V. Pashenova, V.P. Vetrova, R.M. Matrenina, E.N. Sorokina // Lesovedenie. Krasnoyarsk. 1995. N 6. C. 62–68. (In Russian).
- Pashenova N. V. Transfer of Ophiostomoid fungi by *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Scolytidae) in Siberia / N.V. Pashenova, V.M. Petko, I.A. Kerchev, N.S. Babichev // Izvestiya SPbLTA. 2012. V. 200. P. 114–120. (In Russian).
- Prishchepa L.I. The prospects of use of a biological product Boverin-BL in reduction of number of the European spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) / L.I. Prishchepa, Kanapatskaya V. A. // Ustojchivoe razvitie lesov i racional'noe ispol'zovanie lesnyh resursov: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Minsk: 2005. P. 211–213. (In Russian).
- Sevnitskaya N.L. Prospects of combine use of an entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and a chemical insecticide Karate Zeon against the European spruce bark beetle / N.L. Sevnitskaya // Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva. 2013. N 1. P. 19–25. (In Russian).
- Selikhovkin A.V. The European spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) on the Karelian Isthmus and sanitation cutting / A.V. Selikhovkin, B.G. Popovichev // Materialy XV s'ezda Russkogo ehntomologicheskogo obshchestva. Novosibirsk: 2017. P. 445–446. (In Russian).

CAUSATIVE AGENTS OF BARK BEETLE MYCOSES AND PROSPECTS FOR THEIR USE IN THE XYLOPHAGE POPULATION CONTROL

G.R. Lednev¹, A.M. Uspanov², M.V. Levchenko¹, M.N. Sabitova¹, A.S. Kamenova²,
R. Abdukerim³, D.S. Konurova⁴, B.A. Duisembekov², I.A. Kazartsev^{1,5}

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Pushkin, Russia

²Zh. Zhiembaev Kazakh Research Institute for Plant Protection and Quarantine, Almaty, Kazakhstan

³Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

⁴K.I. Skryabin Kyrgyz National Agrarian University, Bishkek, Kyrgyzstan

⁵Saint-Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russia

The entomopathogenic anamorphic ascomycetes in populations of bark beetles belong to the following taxa: *Beauveria bassiana*, *B. pseudobassiana*, *Beauveria* sp., *Isaria farinosa*, *Paecilomyces* sp. and *Lecanicillium* sp. Considerable variation was revealed in fungal taxonomical composition depending on isolation region. Representatives of four taxa (*B. pseudobassiana*, *B. bassiana*, *I. farinosa* and *Paecilomyces* sp.) were found at the foothills of the Trans-Ili Alatau (Kazakhstan) with the essential domination of the first species (69.7%). Only two species, *B. bassiana* (90%) and *I. farinosa* (4%), were noted in the Bohemian forest (Czech Republic). The migratory locust, the European spruce bark beetle and the Colorado potato beetle possessed high sensitivity to fungal cultures isolated from bark beetles, and the apple ermine possessed the increased resistance to above mentioned causative agents of mycoses. *B. bassiana* isolates showed the greatest resistance to the increased temperature (30 °C), and the psychrophilic properties were found in *I. farinosa*.

Keywords: entomopathogen, anamorphic Ascomycota, species composition, virulence, thermotolerance.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
*Леднев Георгий Рэмович. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: georgijled@mail.ru
Левченко Максим Владимирович. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: maxlevch@mail.ru
Сабитова Марина Николаевна. Младший научный сотрудник, e-mail: marina.putina@mail.ru
Казарцев Игорь Александрович. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: kazartsev@inbox.ru
Казахский НИИ защиты и карантина растений, ул. Казыбек би, 1, 050070, Алматы, Республика Казахстан
Успанов Алибек Маратович. Заведующий лабораторией, кандидат биологических наук, e-mail: u_alibek@mail.ru
Каменова Айжан Сагындыкызы. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: aizhankamenova@gmail.com
Дуйсембеков Бахытжан Алишерович. Заместитель генерального директора, кандидат биологических наук, e-mail: bduisembekov@mail.ru
Казахский национальный аграрный университет, пр. Абая, 8, 050010, Алматы, Республика Казахстан
Абдукерим Рауза. Аспирант, e-mail: rauza91@mail.ru
Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И.Скрябина, ул. Медерова, 68, 720005, Бишкек, Кыргызская Республика
Конурова Динара Сатыбалдыевна. Ассистент, e-mail: konurova.74@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Институтский пер., 5, 194021 Санкт-Петербург, Российская Федерация.
Казарцев Игорь Александрович. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: kazartsev@inbox.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
*Lednev Georgy Removich. Leading Researcher, PhD in Biology, associate professor, e-mail: georgijled@mail.ru
Levchenko Maxim Vladimirovich. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: maxlevch@mail.ru
Sabitova Marina Nikolaevna. Junior Researcher, e-mail: marina.putina@mail.ru
Kazartsev Igor Aleksandrovich. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: kazartsev@inbox.ru
Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine, Kazybek bi str., 1, 050070, Almaty, Republic of Kazakhstan
Uspanov Alibek Maratovich. Head of the Laboratory, PhD in Biology, e-mail: u_alibek@mail.ru
Kamenova Ayzhan Sagyndykyzy. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: aizhankamenova@gmail.com
Duysembekov Bakhytzhana Alisherovich. Deputy Director, PhD in Biology, e-mail: bduisembekov@mail.ru
Kazakh National Agrarian University, Abay av., 8, 050010, Almaty, Republic of Kazakhstan
Abdukerim Rauza. Graduate student, e-mail: rauza91@mail.ru
K.I. Skryabin Kyrgyz National Agrarian University, Mederov str., 68, 720005, Bishkek, Kyrgyz Republic.
Konurova Dinara Satybaldyevna. Assistant, e-mail: konurova.74@mail.ru
Saint-Petersburg State Forest Technical University, Institutskiy per., 5, 194021, Saint-Petersburg, Russian Federation
Kazartsev Igor Aleksandrovich. Senior Researcher, associate professor, PhD in Biology, e-mail: kazartsev@inbox.ru

* Responsible for correspondence

УДК 635.21:632.3

МОНИТОРИНГ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПСКОВСКОЙ И АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТЯХ РОССИИ

Т.С. Фоминых, Г.П. Иванова, К.Д. Медведева

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Вирусные болезни картофеля представляют наиболее проблемный комплекс фитопатогенов при выращивании семенного картофеля всех категорий. В статье приводятся результаты полевого мониторинга элитных и репродукционных посадок семенного картофеля на выявление вирусной инфекции в период 2016–17 гг. в двух регионах России: Северо-Западном (Псковская область) и Поволжье (Астраханская область). Распространенность вирусной инфекции на посадках картофеля разных категорий проводилась визуальным методом с последующей идентификацией видовой состава вирусов непосредственно в полевых или лабораторных условиях. Для этой цели использовали экспресс-метод ИФА на Y-, M-, S-, X-, L – вирусы картофеля, применяя иммунострипы фирмы Agdia (США) и НИИКХ им. А.Г. Лорха. Дополнительно в лабораторных условиях ВИЗР содержание антигенов вирусов в случайно отобранных образцах листьев растений определяли методом иммуноферментного анализа по сэндвич-варианту (ELISA-тест) с использованием реагентов, приобретенных в НИИКХ им. А.Г. Лорха. На посадках всех категорий в оба года исследований установлено преобладающее поражение растений Y- вирусом картофеля, однако отмечается снижение распространенности инфекции при соблюдении комплекса агротехнических и защитных мероприятий. При мониторинге численности тлей-переносчиков вирусной инфекции с использованием желтых водных ловушек Мерике уточнено влияние особенностей их размещения на уловистость насекомых. В случае размещения ловушки на свободном от сорняков пространстве на расстоянии 5 м от посадки, согласно существующей рекомендации, отлавливается в 1.5–2.5 раз больше тлей, при этом на растениях картофеля тли могут отсутствовать. Этот факт необходимо учитывать при применении инсектицидов с учетом пороговых уровней численности этих насекомых.

Ключевые слова: картофель, семенная посадка, категория посадки, вирусная инфекция, иммунострипы, метод ИФА, тли-переносчики, сорные растения-резервуары, желтые ловушки, инсектициды.

В последние десятилетия в России значительно возрос интерес к производству семенного картофеля. Это связано как с большой заинтересованностью в размножении собственного материала иностранными фирмами, так и отечественными производителями в разных регионах страны, поскольку потребность в качественном семенном материале высока для всех категорий хозяйств выращивающих картофель. В комплексе возбудителей болезней этой культуры особое место занимают вирусы. Большое число видов вирусов, постоянно обновляющийся состав вирулентных штаммов, изменчивый характер проявления моно- и комплексной патологии, зараженность в скрытой форме в течение ряда репродукций осложняют защиту семенных посадок от этой инфекции. Сложную проблему для семеноводства картофеля представляют также источники инфекции, среди которых основной – посадочный материал, а также большое количество активных переносчиков. Наиболее проблемным из них считается комплекс видов тлей, причем, не только питающихся на картофеле и формирующих на растениях полноценные колонии, но и случайно посещающих посадки в процессе миграций. Число последних видов очень высоко – свыше 50 и индивидуально для каждого массива посадок, изменяется как по годам, так и в период вегетации [Иванова, Берим, 2017]. Участие случайных для картофеля видов в процессе переноса вирусов строго не доказано, а поскольку их число указывается на основе данных по улавливанию тлей ловушками разных типов, то это не всегда, как показали результаты наших исследований, отражает реальную картину посещений большинством этих видов самих посадок картофеля.

Немаловажное значение имеет также характер передачи вирусной инфекции переносчиками: персистентный, когда патоген, при его попадании в организм переносчика, сохраняется в течение всей жизни, обеспечивая возмож-

ность постоянного инфицирования растений, и непersistентный, при котором вирус сохраняется на стилетах членистоногих переносчиков достаточно короткое время (максимально несколько часов), но увеличивается скорость передачи инфекции. Персистентный перенос характерен только для L-вируса картофеля (ЛВК). Учитывая, что ЛВК могут переносить многие виды тлей [Зыкин, 1970; Шпаар и др., 2007], это могло бы способствовать массовому распространению на посадках именно этого вируса. Тем не менее, в нашей стране ЛВК, если и диагностируется, то крайне редко [Федорова, 2011], а основными вирусами являются нестойкие вирусные патогены Y-, M-, S-, ХВК [Фоминых, Богоутдинов, 2017]. Причины этого явления на данный период не выяснены и, учитывая его сложность, однозначного объяснения, возможно, и нет. Как не выяснены и особенности вирофорности переносчиков, поскольку питание тлей даже на заведомо больном растении далеко не всегда приводит к переносу вирусов [Пазюк и др., 2016]. Таким образом, несмотря на изученность вопроса передачи вирусной инфекции как в нашей стране, [Анисимов, 2004, 2010], так и за рубежом [Halterman et al., 2012; Davidson et al., 2013; Milošević et al., 2014; Fageria et al., 2015], имеющихся материалов для практического использования в области реальной защиты посадок пока недостаточно. Следовательно, основой системы защиты семенного картофеля всех репродукций от вирусов является отсутствие или минимальное наличие инфицированных растений, что достигается, наряду с пространственной изоляцией и выделением особых зон для выращивания семенного картофеля [Анисимов, 2015], использованием здорового сертифицированного посадочного материала [Анисимов, 2015; Сухорученко и др., 2016]. Тем не менее, поскольку определенные допуски наличия больных клубней в стандартах всех репродукций имеются [ГОСТ Р, 2008, 2012], очаги инфекции в посадках будут формиро-

ваться с самого начала. Кроме того, как показывают наши наблюдения, сведения о реальном количестве инфицированного материала, как правило, в сертификатах качества на посадочный материал отсутствуют. В результате, достаточно часто стандартные допуски наличия вирусной инфекции не выдерживаются и производители приобретают зараженный семенной материал, даже элиты и высоких репродукций. В период вегетации число больных растений увеличивается, в том числе за счет визуального проявления симптомов на тех растениях, где в посадочном материале вирус находился в латентной форме, что ведет к накоплению инфекции в последующих репродукциях.

В настоящее время практически во всех хозяйствах, выращивающих посадочный материал картофеля, в период вегетации при фитопрочистках проводится первичная листовая диагностика вирусной инфекции. Она осложняется достаточно частым совпадением симптомов патологии неинфекционной природы, а также фитотоксическим эффектом при нарушениях технологии использования гербицидов и инсектицидов. Несмотря на наличие экспресс-диагностики с использованием иммунострипов,

позволяющей непосредственно в полевых условиях уточнить вирусную природу патологии, на практике пока это не находит должного применения как в силу экономических причин, так и необходимой квалификации работников. Кроме того, большую роль в постепенном накоплении инфекции на семенных посадках картофеля разных категорий имеет ее латентный характер, когда не только не наблюдается какого-либо визуального проявления, но и, в силу незначительного количества инфекции, она не улавливается традиционными методами диагностики.

В течение двух лет мы проводили изучение видового состава патогенных вирусов на посадках картофеля разных категорий и пораженности ими растений в хозяйствах Северо-Западного региона (Псковская область) и Поволжья (Астраханская область) с целью определения реальной пораженности растений в период вегетации на семенных посадках. При этом начального фона инфекции, в виде количества инфицированных клубней приобретенного семенного картофеля по сертификатам качества, установить ни в одном случае не удалось.

Материалы и методы исследований

Распространенность вирусной инфекции на посадках картофеля разных категорий проводилась визуальным методом с последующей идентификацией видового состава вирусов непосредственно в полевых или лабораторных условиях. Для этой цели использовали экспресс-метод ИФА на Y-, M-, S-, X-, L-вирусы, применяя иммунострипы фирмы Agdia (США) и НИИКХ им. А.Г. Лорха. Дополнительно в лабораторных условиях ВИЗР содержание антигенов вируса в случайно отобранных 10 образцах растений с гектара определяли методом иммуноферментного анализа по сэндвич-варианту (ELISA-тест) с использованием реагентов, приобретенных в НИИКХ им. А.Г. Лорха. Оценку результатов иммуноферментного анализа (ИФА) проводили визуально и с помощью вертикального фотометра (ELISA-ридера) при длине волны 450 нм., согласно существующей инструкции по применению иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля [ФГБНУ ВНИИКХ, 2016]. В анализ были включены образцы растений семенных посадок разных категорий: суперэлита (SE), элита (E), первая репродукция (PC₁), вторая репродукция (PC₂), третья репродукция (PC₃)

наиболее востребованных в настоящее время на рынке сортов картофеля голландской селекции из хозяйств Северо-Западного региона РФ (Сильвана, Астерикс, Ред Скарлетт, Лаббела, Королева Анна, Коломбо, Ред Соня, Эволюшн), и репродукционного картофеля (E, PC₁, PC₂, PC₃) из Харабалинского района Астраханской области (Импала, Ред Скарлетт, Эволюшн, Ривьера, Крона, Кураж). Практически все сорта по данным фирм-оригинаторов характеризуются средней или высокой устойчивостью к вирусной инфекции.

Мониторинг тлей-переносчиков вирусной инфекции в Астраханской области осуществляли с помощью учета численности насекомых на растениях картофеля методом «100 листьев» и отловом тлей желтыми водными ловушками. Для ловушек использовали круглые пластиковые сосуды желтого цвета, которые располагали как непосредственно в начале центральной борозды картофельного поля, так и на чистом от сорняков участке на расстоянии 5 м от посадки согласно традиционной схеме размещения [Зыкин, 1970]

Результаты исследований

Результаты двухлетнего полевого тестирования, подтвержденные лабораторными анализами, показывают достаточно пеструю, но, в целом, высокую пораженность семенных посадок картофеля разных категорий вирусной инфекцией в обоих регионах (табл. 1). В частности, в Псковской области в 2017 г. увеличилась пораженность растений на посадках категории SE и E по сравнению с 2016 г. В то же время на посадках более низких репродукций пораженные растения в 2017 г. практически отсутствовали. На наш взгляд, это связано с более высоким уровнем проводимых защитных мероприятий, в том числе повышающейся квалификацией кадров обследователей в хозяйствах при проведении фитопрочисток.

В Астраханской области, в отличие от Северо-Западного региона, в 2017 г. наблюдалась более высокая пораженность посадок вирусной инфекцией, несмотря на ее снижение, практически, в 2 раза в сравнении с 2016 г. (табл. 1). Это снижение связано с повышенным вниманием производителей к фитосанитарному состоянию поса-

док, которое наблюдается в настоящее время.

Анализ данных, полученных в Северо-Западном регионе свидетельствует практически о смене к 2016 г. видового состава этих патогенов, поскольку ни в одном случае не были обнаружены ХБК, SBK и АВК, ранее широко

Таблица 1. Видовой состав вирусов и пораженность вирусной инфекцией семенных посадок картофеля

Регион, область	Категории семенного картофеля	Поражено вирусами, %					
		YBK		SBK		MBK	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017
Северо-Западный, Псковская	SE	16.5	20.0	0	0	0	5.0
	E	4.0	22.5	0	3.7	0	3.7
	PC ₁	10.5	0	0	0	0.3	0
	PC ₂	45.0	-	0	-	0	-
Поволжье, Астраханская	E	-	22.9	-	0	-	0
	PC ₁	45.0	21.1	0.3	17.4	0.3	12.1
	PC ₂	95.0	50.0	0	20.0	0	3.3
	PC ₃	-	5.0	-	10.0	-	20.0

распространенные в картофелеводческих хозяйствах. Так, в этом году в 71 % случаев из отобранного материала выделялся YBK, в 7% – MBK и 22% были свободны от вирусной инфекции, других вирусов выделено не было. Преобладание инфицирования YBK – мировая тенденция, что связывают с активным формированием патогенных штаммов этого вируса и распространением сортов иностранной селекции, пораженных штаммами, не регистрируемыми при тестировании [Шпаар, 2007]. Однако в 2017 г. в Псковской области отмечено 3.7% образцов, пораженных SBK (табл. 1). Кроме этого, при маршрутных обследованиях полей картофеля на сорных растениях чертополохе (*Carduus crispus* L.) и мари белой (*Chenopodium album* L.) без симптомов вирусной патологии впервые на северо-западе был выделен SBK. Это свидетельствует, что вирус циркулирует в природе и может накапливаться в резервуарах, какими являются сорные растения. В то же время в Астраханской области при преобладании на репродукционном картофеле YBK, в 2017 г. в отобранных образцах было отмечено от 10 до 20% SBK и от 3.3 до 20% MBK, в то время как на сорных растениях вокруг полей проявления симптомов вирусной патологии не отмечено.

Репродукционный картофель в Северо-Западном регионе имел высокий уровень вирусного поражения и на некоторых сортах (Эволюшн, Астерикс) количество вирусных растений достигало 40–45%. С одной стороны, это вполне объяснимо, так как на семенных посадках этих категорий инфекция обычно и накапливается. Однако этот факт достаточно тревожный, так как на посадках высоких репродукций также было отмечено большое количество растений с вирусной патологией. Наиболее высокая пораженность YBK была на суперэлите сорта Ред Скарлетт (40%, табл. 2). Учитывая высокую пораженность этого сорта и в Астраханской области (85% в 2016 г., табл. 2), площади посадок этого сорта в 2017 г. значительно сократились.

Среди изученных 12 сортов только у двух, сравнительно недавно появившихся на рынке северо-запада РФ, сортов Королева Анна и Ред Соня, обладающих достаточно высокой степенью устойчивости к наиболее патогенным штаммам YBK, в 2016 г. не было обнаружено инфицированных растений. Во всех остальных случаях в этом году наличие вирусной инфекции определялось уже при визуальных обследованиях посадок в полевых условиях. Однако в 2017 г. на сорте Королева Анна было отмечено 30% пораженных растений YBK и 10% – MBK, что свидетельствует о более низкой устойчивости этого сорта в полевых условиях (табл. 2).

В Харабалинском районе Астраханской области на всех посадках раннего репродукционного картофеля, за исключением сорта Крона, также отмечена очень высокая пораженность Y – вирусом. Количество больных растений было особенно велико на сортах Импала (65–95%), Ред Скарлетт (85%), Кураж (60%). Другие виды (SBK и MBK) выявлялись в единичных случаях. В 2017 г. на сорте Импала при сохранении высокой пораженности YBK (60% растений) наблюдалось значительное поражение этого сорта (50% растений) SBK и MBK.

Таким образом, изучение видового состава вирусов и реальной пораженности ими сортов семенных посадок картофеля разных категорий в двух регионах картофелеводства России показало, что в хозяйствах обоих регио-

Таблица 2. Пораженность сортов картофеля в семенных посадках разных категорий

№ п/п	Сорт картофеля	Категория семенного картофеля, год анализа	Поражено вирусами, %		
			YBK	SBK	MBK
Северо-Западный регион					
1.	Эволюшн	PC ₁ 2016	40	0	0
		SE 2016	4	0	0
		E 2016	4-10	0	2
2.	Сильвана	E 2017	70	20	0
		E 2017	80	10	20
		PC ₂ 2016	10-20	0	0
3.	Коломба	SE 2016	2	0	0
		SE 2017	40	0	10
		E 2016	2	0	0
4.	Лабелла	PC ₁ 2016	0	0	2
		PC ₁ 2016	10-20	0	0
5.	Королева Анна	E 2017	30	0	10
		PC ₁ 2016	0	0	0
6.	Астерикс	PC ₁ 2017	0	0	0
		PC ₁ 2016	4-10	0	0
7.	Ред Скарлетт	PC ₂ 2016	45	0	0
		SE 2016	20-40	0	0
8.	Ред Соня	E 2016	0	0	0
		PC ₁ 2016	0	0	0
		PC ₁ 2017	0	0	0
Харабалинский район Астраханской области					
1.	Эволюшн	PC ₁ 2016	40	0	2
		PC ₂ 2016	10	20	10
2.	Ривьера	PC ₁ 2016	20	0	0
		PC ₂ 2017	0	10	0
3.	Импала	PC ₁ 2016	65	0	0
		PC ₁ 2017	60	50	50
		PC ₂ 2016	95	0	0
4.	Крона	PC ₂ 2017	40	20	0
		PC ₁ 2016	0	2	0
5.	Ред Скарлетт	PC ₁ 2016	85	0	0
6.	Кураж	PC ₁ 2016	60	0	0

нов наиболее широкое распространение в оба года наблюдений имеет YBK, потери урожая от которого могут достигать более 50% [Анисимов, 2010]. Однако следует отметить, что при высокой агротехнике и соблюдении всего комплекса защитных мероприятий (обязательная обработка инсектицидами посадочного материала, проведение афицидных обработок в период вегетации, использование подкормок, повышающих иммунитет растений к комплексу болезней разной этиологии) в обследуемых хозяйствах получали достаточно высокие (свыше 500 ц/га) урожаи картофеля всех репродукций. При этом достаточно часто на репродукционном картофеле снижалось количество инфицированных растений, в сравнении с приобретенным элитным посадочным материалом (табл. 2).

В мониторинге вирусных болезней важной составляющей являются наблюдения за динамикой численности основных переносчиков вирусов – комплексом тлей. При этом, как правило, основной упор делается на использование водных ловушек желтого цвета – сосудов Мерике. В 2017 г. в Астраханской области, где выращивается два оборота семенного картофеля (весенний и летне-осенний, для

которого хозяйства, как правило, используют собственный посадочный материал), мы проводили сравнительное изучение динамики численности тлей на обоих сроках посадки. В качестве ловушек использовали пластиковые круглые сосуды диаметром 25 см, глубиной 10 см, которые оказались наиболее удобными для полевых наблюдений. Ловушки устанавливали на двух сортах (Ред Скарлетт и Сильвана, которые выращивались в оба срока), располагая их в двух местах – у края борозды картофеля и на свободном от сорняков открытом участке поля на расстоянии 5 м от посадки как традиционно рекомендовано при использовании ловушек [Зыкин, 1970]. Одновременно с осмотром ловушек проводились учеты численности тлей на растениях картофеля методом «100 листьев» и визуальное выявление вирусной патологии.

Наблюдения за динамикой численности тлей на посадках весеннего оборота, показало, что в ловушки, расположенные на краю борозды картофельного поля отлавливалось меньшее количество тлей, в отличие от открыто расположенной ловушки. Тенденция была одинаковой для обоих сортов (табл. 3). Так суммарное количество тлей за период наблюдений составляло от 4 до 12 особей на ло-

вушку, в то время, как на чистом участке их количество было в 1.5–2.5 раз больше. Еще более наглядной эта разница была при наблюдениях на посадке летне-осеннего оборота: 62–81 особь в ловушках на краю поля и 182–261 особь на чистом участке, что связано с интенсивным размножением в этот период персиковой тли *Myzus persicae* Sulz. В то же время при учетах численности на растениях весеннего оборота картофеля тлей обнаружено не было, поскольку на посадках был проведен весь комплекс защитных мероприятий. Не было тлей и при учетах на растениях картофеля в 2016 г. В то же время в 2017 г. на летне-осенней посадке, при нарушении сроков проведения химических обработок в сентябре в период формирования клубней, наблюдалось краевое заселение растений персиковой тлей с численностью от 10 до 45 особей на 100 листьев, однако это не привело к увеличению пораженности растений вирусной инфекцией. Так, на сорте Ред Скарлетт в отобранных образцах листьев вирусов не диагностировали. На сорте Сильвана было отмечено единичное заражение УВК в латентной форме, выявленное при тестировании образцов ИФА.

Таблица 3. Уловистость тлей желтыми водными ловушками в зависимости от их расположения на посадке картофеля (Астраханская обл., 2017 г.)

Сорт картофеля	Расположение ловушки	Количество уловленных тлей, особей/ловушку		
		Посадка весеннего оборота (май)	Посадка летне-осеннего оборота (сентябрь)	Всего
Ред Скарлетт	На краю посадки картофеля	12	62	74
	Чистый от сорняков участок (5 м от посадки)	18	182	200
Сильвана	На краю посадки картофеля	4	81	85
	Чистый от сорняков участок (5 м от посадки)	10	261	271

Аналогичные результаты были получены в 2015–2016 гг. в Ленинградской области. В опытах С.А. Волгарева с соавторами [2017] наблюдения проводились на посадке картофеля без использования инсектицидов. Единичные особи тлей отлавливались в первой декаде июня желтой ловушкой, расположенной на открытом участке поля. На растениях картофеля (высота 10–15 см) в это время тлей не было обнаружено. Во вторую декаду июня, когда высота растений картофеля еще не превышала 20 см, и пространство было открытым как на самой посадке, так и на расстоянии 5 м от нее, на ловушки отлавливалось практически одинаковое количество тлей – 17 на посадке и 13 на открытом участке. В дальнейшем на все ловушки ежедневно отлавливались мигранты, и по мере роста растений их число возрастало: на открытом участке поля – 53, на посадке – 16. В то же время в этот период на 100 листьях растений картофеля наблюдалось по 1–2 крылатых особи, 9–16 бескрылых самок и личинок. Таким образом, желтые ловушки, расположенные на открытом и чистом от сорняков участке поля в большей степени привлекают крылатых тлей, что, на наш взгляд, может искажать фитосанитарную ситуацию на семенных посадках картофеля при применении средств защиты растений. Так, в 2015 г. в КХ «Витязь» Псковской области на 12 изолированных массивах семенных посадок картофеля при применении комплекса защитных мероприятий (предпосадочная обработка клубней, 3–5 обработок инсектицидами вегетирующих растений) в течение сезона тли на растениях либо не выявлялись, либо отмечались их единичные особи. В

то же время на желтые ловушки, установленные на этих посадках, постоянно отлавливалось от 1 до 81 особи мигрантов тлей, в зависимости от окружающей поля растительности и направления ветра [Волгарев и др., 2017].

При изучении видового состава афидофауны посадок картофеля в Вологодской, Псковской, Ленинградской областях и опытном поле ФГБНУ ВИЗР в исследованиях Г.П. Ивановой и М.Н. Берим [2017] также использовались желтые водные ловушки Мерике. Идентификация собранного материала показала достаточно сложный видовой состав тлей, число которых было индивидуально для каждого массива посадок и изменялось как по годам, так и в период вегетации. Например, на территории КХ «Витязь Псковской области в 2014 г. в массивах семенных посадок было зарегистрировано 28 видов тлей, в 2015 г. их число возросло до 42, что может быть связано с большим количеством установленных ловушек. На территории опытного поля ФГБНУ ВИЗР в 2015 г. отмечено 56 видов, привлекаемых желтыми ловушками, в 2016 г. их количество снизилось до 40 из-за неблагоприятных погодных условий (частые ливневые дожди). Однако во всех случаях в сборах присутствовали представители видов, связанных с картофелем пищевыми отношениями: *Aphis fabae* Scop., *Aphis nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt., *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, *Myzus persicae* Sulz. Состав и количество тлей этих видов, по отношению к общему сбору насекомых значительно варьировали – от 6 до 40%, в очень редких случаях их число достигало больше 50%. Другие виды, привлекаемые ловушками, связаны пищевыми от-

ношениями с овощными культурами и сорными растениями (8–15 видов), плодовыми и ягодными культурами (3–10 видов), древесной и кустарниковой растительностью (9–11 видов), окружающей территорию посадок. В то же время в сборах тлей с растений картофеля встречаются единичные крылатые особи видов, для которых картофель не является пищевой культурой, например, *Lipaphis erysimi* Kalt., *Myzaphis rosarum* Kalt., *Brachycaudus helichrysi* Kalt., некоторые другие виды. В связи с этим, для совершенствования системы защиты семенных посадок картофеля от вирусной инфекции, на взгляд авторов, чрезвычайно актуальными были бы исследования по установлению вирофорности полевых популяций тлей и их места в инфекционном процессе, однако эти исследования чрезвычайно сложны.

Следует отметить, что проведение мониторинговых наблюдений специалистами самих хозяйств затруднено, поскольку требует, помимо времени, определенной квалификации. При этом, как показывают результаты наших обследований, несмотря на наличие тлей в ловушках, на самих посадках в период вегетации тли практически отсутствуют, поскольку специалисты придерживаются требуемых региональными системами защиты мероприятий: обязательная обработка инсектицидами посадочного материала и проведение инсектицидных обработок в период вегетации. В этом плане необходимо, на наш взгляд, проанализировать ситуацию с тлями с учетом имеющихся данных по наличию пороговой численности тлей на семенных посадках, не приводящих к массовому распространению инфекции. Данные эти достаточно противоречивы. Так, по мнению белорусских ученых [Жукова и др., 2005] при обнаружении в середине июля до 20 тлей на 100 листьев картофель мало подвержен опасности вирусного заражения. Опасной становится эта ситуация только при численности 80 особей на 100 листьев. В нашей стране, согласно официальному изданию «Методические

указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве» [ВИЗР, МСХ России, 2009], для семенных посадок картофеля ориентировочной пороговой численности необходимости проведения афицидных обработок в течение вегетации являются 50–60 тлей на желтую ловушку и 5–10 тлей на 100 листьев, для других типов посадок – 20 тлей на 100 листьев. Для практического использования эти материалы достаточно сложны. В частности, такая численность в хозяйствах Северо-Западного региона наблюдается сравнительно редко и обязательная обработка инсектицидами посадочного материала уже может гарантировать лишь единичное количество этих насекомых на семенной посадке. Наиболее целесообразно придерживаться оценки фитосанитарной ситуации в отношении тлей-переносчиков вирусной инфекции, обозначенной в «Системе интегрированной защиты репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации» [Сухорученко и др., 2016]: при обследованиях семенных посадок обнаружение первых особей тлей (крылатых или бескрылых) является сигналом проведения обработок и учет прекращается. Кроме того, на реальную эффективность в значительной мере должно оказать положительное влияние обязательное наличие в сертификатах качества на посадочный материал для семенных посадок любой репродукции показателей количества инфицированных клубней вирусной инфекцией. В этом плане необходимо приветствовать решение Россельхознадзора по Ростовской и Астраханской области о проведении анализа семенного материала не только на выявление карантинных объектов, но и на наличие основных вирусов картофеля методом ИФА. Это позволит сельхозпроизводителям до посадки иметь данные пораженности и своевременно отрегулировать систему защитных мероприятий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

Библиографический список (References)

- Анисимов Б.В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в системе семеноводства (Практическое руководство). М: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 80 с.
- Анисимов Б.В. Вирусные болезни и их контроль в семеноводстве картофеля // Защита и карантин растений. 2010. № 5. С. 12–18.
- Анисимов Б.В. Специальные зоны семеноводства картофеля // Картофель и овощи. 2015. № 4. С. 30–33.
- ГОСТ Р 53136-2008. Семенной картофель. Технические условия. 62 с.
- Жукова М.И. Картофель /М.И. Жукова, Г.М. Середя, С.В. Сорока, Н.В. Петрашкевич и др. // В сборнике рекомендаций: Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков. Минск. 2005. С. 255.
- Зыкин А.Г. Тли - переносчики вирусов картофеля. Издательство «Колос», Л., 1970. 72 с.
- Волгарев С.А. Положение с тлями-переносчиками вирусных заболеваний картофеля в северо-западном регионе РФ / С.А. Волгарев, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко // Вестник защиты растений. СПб. № 4 (90). 2016, С. 87–89.
- Волгарев С.А. Особенности мониторинга численности тлей (Homoptera, Aphididae) - переносчиков вирусной инфекции на семенных посадках картофеля в Северо-Западном регионе РФ/ С.А. Волгарев, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко // В сборнике: XV Съезд Русского энтомологического общества Материалы съезда. 2017. С. 113–114.
- Иванова Г.П. Афиофауна (Hemiptera: Aphididae) агробиоценозов картофеля Северо-Запада России / Г.П.Иванова, М.Н. Берим //В сборнике: XV Съезд Русского энтомологического общества Материалы съезда. 2017. С. 218–219
- Инструкция по применению иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля / ФГБНУ ВНИИКС: Коренево, 2016. 8 с.
- Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. ВИЗР, МСХ России. СПб. 2009. С. 22.
- Пазюк И. М., Оценка возможности переноса у вируса картофеля хищным клопом *Orius majusculus* Reuter (Hemiptera, Anthocoridae) и обыкновенной злаковой тлей *Schizaphis graminum* Rondani (Homoptera: Aphididae) / И. М. Пазюк, Т. С. Фоминых, К.М. Медведева // Вестник защиты растений 1(91). 2017, С. 26–33.
- Сухорученко Г.И Система интегрированной защиты репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации /Разработчики – сотрудники ФГБНУ ВИЗР: Г.И. Сухорученко, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев, Н.А. Вилкова, С.Р.Фасулати, О.В.Иванова, А.Б.Верещагина, М.Н. Берим, А.В. Хьютти, Т.С. Фоминых, Ф.Б.Ганнибал, В.А. Павлошин, Л.Г. Данилов, А.М. Лазарев и др. СПб – Пушкин, 2016. 64 с.
- Федорова Ю.Н. Распространение вирусных болезней картофеля в Псковской области//Защита и карантин растений. 2011. № 5. С. 53–54.
- Фоминых Т.С. Диагностика вирусных, вирусных и фитоплазменных болезней овощных культур и картофеля / Т.С. Фоминых, Д.З. Богоутдинов. СПб - Пушкин, 2017. С. 44–59.
- Шпаар Д., Быкин А., Дрегер Д. и др. Картофель / Д.Шпаар, А.Быкин, Д. Дрегер, А. Захаренко, В. Иванюк, С. Каленская, В. Кюрцингер и др.// М.: ООО «ДЛВ Агрodelo», 2007. С. 234–251.
- Davidson R.D., Houser A.J., Sather K., Haslar R. Controlling PVY in Seed: What Works and What Does Not. Am. J. Potato Res. (2013) 90: P. 28–32.

- Fageria M., Nie X., Gallacher A., Singh M. Mechanical Transmission of Potato Virus Y (PVY) Through Seed Cutting and Plant Wounding. *Am. J. Potato Res.* (2015) 92: P. 143–147.
- Halterman D., Charkovski A., Verchot J/ Potato, Viruses, and Seed Certification in the USA to Provide Healthy Propagated Tubers. *Pest Technology 6* (Special Issue 1). Global Science Books. 2012: P. 1–14.
- Milošević D., Mienković S., Perić P., Stamenović S. The effect of monitoring the abundance and species composition of aphids as virus vectors on seed potato production in Serbia. *Pestic. Phytomed. (Belgrade)* / 2014, 29(1), P. 9–19.

Translation of Russian References

- Anisimov B.V. Phytopathogenic viruses and their control in the system of seed production (Practical manual). Moscow: Rosinformagrotech. 2004. 80 p. (In Russian).
- Anisimov B.V. Special zones of potato seed growing. *Kartofel i ovoschi.* 2015. N 4. P. 30–33. (In Russian).
- Anisimov B.V. Viral diseases and their control in seed potatoes. *Zaschita i karantin rasteniy.* 2010. N 5. P. 12–18. (In Russian).
- Fedorova Yu.N. The spread of viral diseases of potatoes in the Pskov region // *Zaschita i karantin rasteniy.* 2011. N 5. P. 53–54. (In Russian).
- Fominykh T.S., Bogoutdinov D.Z. Diagnostics of viral, viroid and phytoplasma diseases of vegetable crops and potatoes. SPb-Pushkin. 2017. P. 44–59. (In Russian).
- GOST R 53136-2008. Seed potatoes. Technical conditions. 62 p. (In Russian).
- Instructions for the use of an enzyme immunoassay for the detection of potato viruses. Korenevo. 2016. 8 p. (In Russian).
- Ivanova G.P., Berim M.N. Aphidofauna (Hemiptera: Aphididae) of potato agroecosystems in North-West Russia. V sbornike: XV S'ezd Russkogo entomologicheskogo obshchestva. Materialy s'ezda. 2017. P. 218–219. (In Russian).
- Methodical instructions on registration trial of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture. St. Petersburg: VIZR. 2009. 22 p. (In Russian).
- Pazyuk I.M., Fominykh T.S., Medvedeva K.D. Assessment of *Orius majusculus* (Hemiptera, Anthocoridae) and *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) as possible vectors of potato virus Y. *Vestnik zachcity rasteniy.* 2017. N 1 (91). P. 26–33. (In Russian).
- Shpaar D., Bykin A., Dreger D. and others. Potatoes. Moscow: DLV Agrodello. 2007. P. 234–251. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A. and others. The integrated defense system of reproduction of seed potatoes from the complex of pests in Northwest region Russian Federation. St. Petersburg: VIZR. 2016. 64 p. (In Russian).
- Volgarev S.A., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.A. Peculiarities of abundance monitoring of viral infection carrier aphids (Hemiptera: Aphididae) in seed potato plantations in the North-West region of Russia. V sbornike: XV S'ezd Russkogo entomologicheskogo obshchestva. Materialy s'ezda. 2017. P. 113–114. (In Russian).
- Volgarev S.A., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I. Situation with aphid vectors of viral potato diseases in the Northwest of Russia. *Vestnik zachcity rasteniy.* 2016. N 4 (90). P. 87–89. (In Russian).
- Zhukova M.I., Sereda G.M., Soroka S.V., Petrashevich N.V. and others. Potatoes. In the compilation of recommendations: Integrated systems for the protection of crops from pests, diseases and weeds. Minsk. 2005. P. 255. (In Russian).
- Zykin A.G. Aphids – vectors of potato viruses. Leningrad: Kolos. 1970. 72 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 29–34

MONITORING OF VIRAL DISEASES OF POTATOES IN THE PSKOV AND ASTRAKHAN REGIONS OF RUSSIA

T.S. Fominykh, G.P. Ivanova, K.D. Medvedeva

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Viral diseases of potato represent the most problematic complex of phytopathogens in the cultivation of seed potatoes of all categories. The article presents the results of field monitoring of elite and reproductive plantings of seed potato for the detection of viral infection in 2016–2017 in two regions of Russia: the North-West (Pskov Region) and the Lower Volga (Astrakhan Region). The prevalence of viral infection in plantings of potato of different categories was studied by a visual method with subsequent identification of the virus species composition directly in field or laboratory conditions. For this purpose, the express ELISA method was used for potato viruses Y, M, S, X, and L, using immunodrips from Agdia (USA) and A.G. Lorkh NIIKH (Russia). Additionally, the virus antigen content in randomly selected plant leaf samples determined under laboratory conditions in VIZR by the ELISA assay using reagents purchased at the A.G. Lorkh NIIKH. The prevailing damage of plants by the potato virus Y was established on plantings of all categories, but the infection prevalence decrease was noted at the regular agrotechnical and protective measures. The monitoring of aphid vectors of viral infection using the Merike yellow water traps revealed 1.5–2.5 times increase of caught aphids in traps placed on weed-free plots at 5 m from the potato, while aphids were sometimes absent on potato plants.

Keywords: potato, seed planting, virus infection, immunostrip, ELISA method, aphid, weed, yellow trap, insecticide.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
*Фоминых Татьяна Сергеевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: fominykh.tatjana@yandex.ru.
Иванова Галина Петровна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru.
Медведева Ксения Дмитриевна. Лаборант-исследователь, магистрант кафедры защиты и карантина растений Санкт - Петербургского Аграрного Университета, e-mail: medved-ksu@rambler.ru.

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
*Fominykh Tatyana Sergeevna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: fominykh.tatjana@yandex.ru
Ivanova Galina Petrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
Medvedeva Kseniya Dmitriyevna. Laboratorian Researcher, master of the Department of protection and quarantine of plants St. Petersburg State Agrarian University, e-mail: medved-ksu@rambler.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 633/635.21:595.762.12

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) АГРОЦЕНОЗА КАРТОФЕЛЯ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**А.Г. Коваль***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Изучение комплексов карабид в агроценозе картофеля различных агроклиматических зон проводилось в период с 1979 по 2008 год в 9 географических регионах 3 стран. Основным методом сбора проб являлись почвенные ловушки. Максимальное количество видов и максимальные показатели биоразнообразия этих жесткокрылых отмечены в агроценозах, находящихся в регионах с показателем увлажнения – гидротермическим коэффициентом (ГТК) Селянинова – 0.8–1.3, что соответствует засушливой и слабо засушливой зонам увлажнения (степной и лесостепной природным зонам).

Ключевые слова: поля картофеля, комплексы жужелиц, показатели биоразнообразия, агроклиматические зоны, увлажненность территорий.

Одними из самых сложных компонентов наземной фауны агроценозов являются комплексы жужелиц (карабид) [The agroecology ..., 2002]. Большинство видов этих жуков известны как энтомофаги, имеющие существенное значение в снижении численности многих вредителей сельскохозяйственных культур. Среди таких вредителей есть и опасный вредитель картофеля и других пасленовых культур – колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say), которого уничтожают многие виды жужелиц [Коваль, 2009; Гусева, Коваль, 2010]. Поэтому необходимо знать распре-

деление карабид как по полям какой-либо одной агроклиматической зоны, так и в более широком диапазоне – по полям различных агроклиматических зон. Зональные особенности энтомоценозов, в частности изменение биоразнообразия наземной фауны, на примере комплекса этих жесткокрылых прослеживаются очень наглядно. Сравнение таких комплексов в различных агроклиматических зонах, на полях занятых одной культурой – картофелем, позволило исследовать их зональные особенности.

Методы исследований

Работа велась в агроценозе картофеля девяти различных регионов. Ранее это была территория СССР, а ныне – территории трех стран СНГ. Географически эти регионы расположены в европейской части России и сопредельны с другими российскими регионами (Черноморским побережьем Кавказа и пр.), также – на территориях Украины и Молдавии. Основные полевые исследования были проведены в трех агроклиматических зонах (называемых также агроклиматическими районами) Закарпатской области (Закарпатье), в Северном Крыму, в Центральной Молдавии, на Черноморском побережье Кавказа (на территории Краснодарского края – гор. Сочи), в Западном Предкавказье (в Ростовской области), в Нечерноземной зоне России: Центральной Нечерноземье (в Ивановской обл.) и на Северо-Западе (в Ленинградской обл.).

На каждом из базовых полей было установлено по 20 ловушек типа Барбера–Гейдемманна [Barber, 1931; Heydemann, 1955, 1956], на 1/2–1/3 объема наполненных 4% раствором формалина. В качестве ловушек использовались стеклянные банки [Heydemann, 1955; Skuhrauvý, 1957] емкостью 0.5 литра и диаметром отверстия 72 мм. По мнению С.Ю. Грюнталя [1982], применение в качестве ловушек таких банок, используемых многими исследователями, позволяет сопоставлять получаемые ими результаты. А в нашей работе применение их в течение длительного периода позволило сравнивать полученные результаты по различным регионам.

Для полностью изученных сообществ лучшей мерой видового богатства является количество видов. Однако обычно в распоряжении исследователей имеются данные только по отдельным выборкам, причем по мере увеличения объема выборки увеличивается и количество видов. Поэтому при оценке биоразнообразия приходится опираться на индексы, которые различным образом связывают объем выборки N с количеством видов S [Оценка биоразнообразия ..., 2012]. В качестве показателя видового богатства были использованы индекс Шеннона $H = -\sum p_i \log(p_i)$, где p_i

– доля особей i -го вида (p_i/N), \log – десятичный логарифм, а также показатель концентрации доминирования Симпсона $C = \sum p_i^2$. [Песенко, 1982]. Эти показатели отражают, насколько благоприятны для изучаемого сообщества те или иные условия обитания.

Анализ видового разнообразия жужелиц, проводился также на основе стандартных матриц, в которых строки соответствуют регионам исследований, колонки – видам, а в ячейках приведены данные встречаемости каждого вида в соответствующем регионе. Матрицы содержали данные по наличию и обилию 232 видов жужелиц в 9 регионах. Вычисления на основе матриц проводились в статистической среде R (<http://www.r-project.org/>) с использованием стандартных и специализированных экологических пакетов. Данная статистическая среда постепенно становится общепризнанным мировым стандартом при проведении различных научно-технических расчетов [Шитиков, Розенберг, 2013]. Применение функции рарефакции (*rarecurve()*) из пакета *vegan* среды R позволило провести сравнительный анализ видового богатства жужелиц в агроценозах картофеля различных регионов и построить кривые разрежения – графики функций, описывающих зависимости числа обнаруженных видов от объема выборки. Построение кривых разрежения для оценки биоразнообразия напочвенных хищников проводилось и ранее [Duelli et al., 1999; Оценка биоразнообразия ..., 2012, 2016; Гусева, Коваль, 2015].

Увлажненность (влагообеспеченность) территорий оценивалась по такому показателю влагообеспеченности как гидротермический коэффициент Селянинова – ГТК [Метеорологический словарь, 1974].

Считаю своим приятным долгом выразить искреннюю признательность И.А. Белоусову и О.Г. Гусевой (Санкт-Петербург, ВИЗР) за помощь в статистической обработке полученных материалов.

Результаты исследований

На полях картофеля европейской части России и сопредельных территорий отмечено 232 вида карабид из

54 родов. Наибольшее число видов включают следующие роды: *Harpalus* – 33 вида, *Amara* – 22, *Carabus* – 16,

Bembidion – 15, *Pterostichus* – 13, *Agonum* – 11, *Chlaenius* – 10. Остальные роды включают меньшее количество видов. Минимальное число видов – 30 зарегистрировано на картофельных полях Северного Крыма, а максимальное – 111 в низинном агроклиматическом районе Закарпатья. Промежуточные цифры между этими крайними значениями получены для агроценоза картофеля других точек. При этом большое видовое разнообразие карабид – 76 было отмечено для картофельных полей Центральной Молдавии и в Западном Предкавказье (в Ростовской области) – 61 вид [Коваль, 2009].

Показатели концентрации доминирования Симпсона и общего разнообразия Шеннона рассматривались в увязке с увлажненностью различных территорий, так как влажность играет ведущую роль при распределении по биотопам насекомых-герпетобионтов [Гринфельд, 1948; Белоусов, 1987]. Как видно из рисунка 1, по мере роста ГТК выше 1.2 наблюдается стремительный рост показателя концентрации доминирования (столбиковая диаграмма), что связано со сверхдоминированием немногих, как правило, эврибионтных видов. Например, в 2-х самых влажных регионах наших исследований – Черноморском побережье Кавказа и горном районе Закарпатья на картофельных полях доминируют по 3 вида жуков, которые концентрируют соответственно 81 и 77% особей этих жуков.

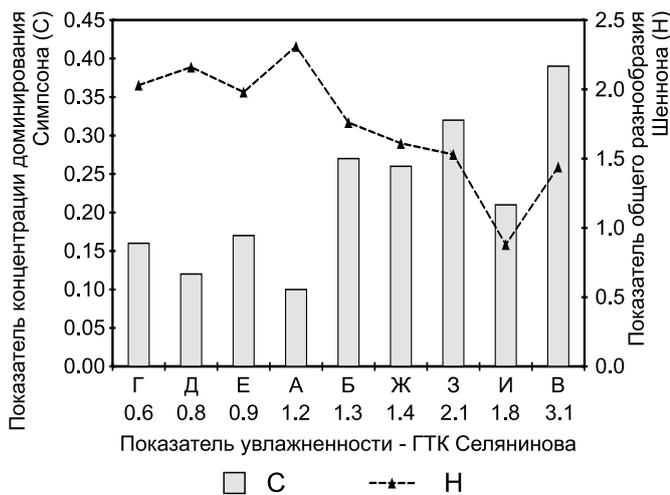


Рисунок 1. Влияние влагообеспеченности различных регионов на некоторые показатели структуры комплексов жужелиц агроценоза картофеля. А, Б и В – низинный, предгорный и горный агроклиматические районы (зоны) Закарпатья; Г – Северный Крым; Ж – Западное Предкавказье; Д – Центральная Молдавия; З – Центральное Нечерноземье; Е – Черноморское побережье Кавказа; И – Северо-Запад России.

Показатель общего разнообразия Шеннона объединяет в своем выражении видовое разнообразие и равномерность распределения особей между видами. Максимальное значение показателя разнообразия Шеннона отмечено в низинной зоне Закарпатья. При увеличении ГТК более 1.2 этот показатель снижается (рис. 1).

Анализ кривых разрежения также подтверждает, что по видовому разнообразию жужелиц агроценоза картофеля первое место занимает предгорная зона Закарпатья (рис. 2). Для этой зоны характерен интенсивный начальный рост числа зарегистрированных видов с увеличением объема выборки, однако при больших объемах выборки

(более 5000) рост числа зарегистрированных видов резко уменьшается в связи с численным преобладанием особей отдельных массовых видов.

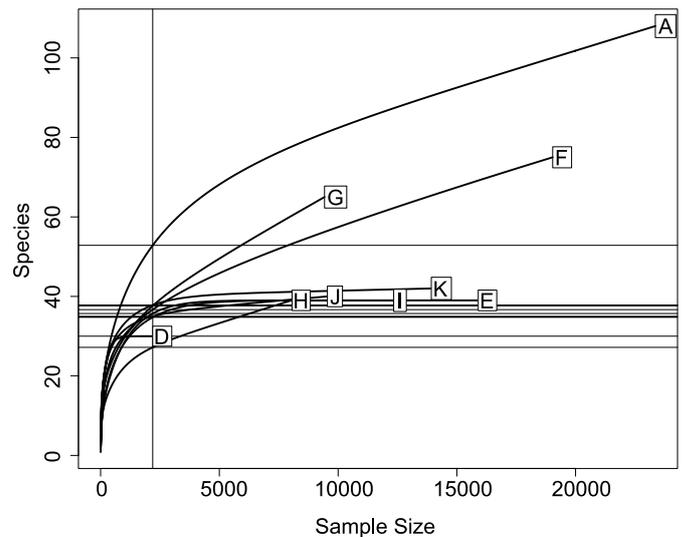


Рисунок 2. Кривые разрежения для комплексов жужелиц агроценоза картофеля низинных зон различных регионов. Species – количество видов жужелиц; Sample Size – объем выборки, экз.; А – низинный агроклиматический район Закарпатья; Д, Е – Северный Крым (богарный и орошаемый участки); F – Центральная Молдавия; G – Западное Предкавказье; H – Черноморское побережье Кавказа; I – Центральное Нечерноземье; J, K – Северо-Запад (суглинки и супеси).

Кроме того, следует отметить, что сообщества жужелиц низинной зоны Закарпатья имеют свою специфику формирования. Высокие показатели плотности карабид и видовое разнообразие их комплексов в этой зоне Закарпатья связано, на наш взгляд, еще и с тем, что в этом регионе в связи с большой пересеченностью местности происходит наложение двух элементов – зонального ландшафта с интразональным. Последний представляет собой огромную сеть дренажных каналов и заболоченных мест – следствие высокого уровня грунтовых вод в Закарпатской (Притисенской) низменности. А, по мнению известного энтомолога и зоогеографа И.К. Лопатина (2004), интразональные участки фаунистически гораздо богаче и разнообразнее (иногда в 4–5 раз) плакорных. Именно с интразональных участков – гидрофитных биотопов идет обогащение жужелицами (в основном гидрофильными и мезогидрофильными видами) различных агроценозов, в том числе и картофеля, в низинной зоне Закарпатья.

Наименьшее видовое богатство комплексов жужелиц отмечено на Черноморском побережье Кавказа (рис. 1, 2). Характерной особенностью фауны жужелиц этой части Кавказа является слабое представительство степных мезофилов [Заматайлов, 1989]. Представителем этой группы является такой широко известный энтомофаг, как красотел *Calosoma maderae* (F.) [= *Calosoma auro-punctatum* (Hbst.), см.: Catalogue ..., 2017]. Указанный вид в наших исследованиях встречался в агроценозе картофеля Крыма, Молдавии, Ростовской области (Западного Предкавказья), но отсутствовал в соответствующих ценозах Черноморского побережья Кавказа. Это, на наш взгляд, объясняется тем, что в приморской полосе (взморье) и низовьях речных долин Черноморского побережья Кавказа, где и расположено

подавляющее большинство обрабатываемых земель этого региона, площадь остепненных участков очень мала. К тому же возраст большинства агроценозов побережья не превышает двух столетий и их площадь невелика. Кроме того, на формирование комплекса видов жуужелиц региона, на основе которого и складываются карабидокомплексы агроценозов, могут влиять и другие причины – исторические факторы [Белоусов, 1987], к числу которых могут быть отнесены и некоторые из вышеназванных.

Сравнение комплексов карабид на полях, занятых одной культурой, характеризующейся относительно стабильной агротехникой, в различных агроклиматических зонах, позволило исследовать зональные особенности комплексов жуужелиц агроценозов. Эти комплексы формируются в зависимости от агроклиматических условий региона и зависят от режима увлажнения. В приведенной таблице показано влияние влагообеспеченности (режима увлажнения), рассчитанной по гидротермическому коэффициенту Селянинова – ГТК, различных регионов на видовое разнообразие жуужелиц агроценоза картофеля.

Таблица. Влияние влагообеспеченности (по гидротермическому коэффициенту – ГТК) различных регионов на видовое разнообразие жуужелиц агроценоза картофеля

Регион		ГТК	Количество видов жуужелиц
Закарпатье, агроклиматический район	низинный	1.2	111
	предгорный	1.3	66
	горный	3.1	41
Центральная Молдавия		0.9	76
Северный Крым		0.6	30
Западное Предкавказье		0.8	61
Черноморское побережье Кавказа		2.1	45
Центральное Нечерноземье		1.4	44
Северо-Запад		1.8	42

Максимальное количество видов и максимальные показатели плотности этих жесткокрылых отмечены в агроценозах, находящихся в регионах с показателем увлажнения – гидротермическим коэффициентом – 0.8–1.3, что соответствует засушливой и слабо засушливой зонам увлажнения. А эти две зоны увлажнения в местах с хорошо выраженной широтной зональностью совпадают со степной и лесостепной природными зонами, а также зоной перехода между ними. Эти данные по картофельным полям коррелируют с материалами, полученными в середине прошлого века известным энтомологом К.В. Арнольди (1965), изучавшим энтомофауну, в том числе и жуужелиц, различных природных зон Русской равнины. По данным этого исследователя, максимальные количественные характеристики комплекса насекомых, равно как и наиболь-

шая фаунистическая насыщенность ценозов, свойственны степной и особенно лесостепной зонам. Низинная зона Закарпатья и Центральная Молдавия, где нами в агроценозе картофеля и зарегистрировано максимальное количество видов жуужелиц (соответственно 111 и 76), как раз и находятся в лесостепной зоне или на границе лесостепной и степной зон. С последним мы сталкиваемся в центральной части Молдавии, в районе Центральных Кодр.

При аридизации климата (снижении увлажненности территорий по сравнению с указанными выше регионами), что можно наблюдать в Западном Предкавказье – зоне типичных степей на черноземах, было отмечено снижение на картофельных полях по сравнению с лесостепью количества видов карабид (до 61). В Северном Крыму – зоне степей на каштановых почвах, с еще большей аридизацией климата, в агроценозе картофеля (богарного участка) нами фиксировалось уже резкое снижение (до 30) числа видов этих жесткокрылых.

При гумидизации климата (росте увлажненности территорий), что наблюдается при передвижении в Закарпатье от низинной зоны – лесостепи к горной зоне – поясу широколиственных лесов, наблюдается аналогичная тенденция – снижение на полях картофеля числа видов жуужелиц. И если в низинной зоне было отмечено 111 видов этих жесткокрылых, в предгорной – 66, то в горной – 41 вид. Именно в Закарпатье мы встречаемся с высотной поясностью – дериватом горизонтальной зональности [Чернов, 1975]. Близкая тенденция наблюдается и при перемещении в широтном направлении на север. При таком перемещении параллельно с гумидизацией климата идет и снижение видового разнообразия и числа обнаруженных видов карабид в агроценозе картофеля. Так, в Центральном Нечерноземье – зоне смешанных лесов нами отмечено 44 вида жуужелиц, а на Северо-Западе – зоне южной тайги – 41 и 42 вида (соответственно на суглинистой и супесчаных почвах). К числу регионов с повышенной увлажненностью следует отнести и Черноморское побережье Кавказа – территорию, которую можно отнести к лесной зоне. Список карабид картофельных полей тут тоже невелик и насчитывает 45 видов.

Таким образом, на примере агроценоза картофеля было изучено видовое разнообразие жуужелиц в различных агроклиматических зонах. Это разнообразие зависело от увлажненности этих территорий. Максимальное количество видов и максимальные показатели биоразнообразия изучаемых жесткокрылых отмечены в агроценозах, находящихся в регионах с показателем увлажнения – гидротермическим коэффициентом (ГТК) Селянинова – 0.8–1.3, что соответствует засушливой и слабо засушливой зонам увлажнения (степной и лесостепной природным зонам).

Библиографический список (References)

- Арнольди К.В. Лесостепь Русской равнины и попытка ее зоогеографической и ценологической характеристики на основании изучения насекомых / К.В. Арнольди // Тр. Центр.-Черноземн. гос. заповед. им. проф. В.В. Алехина. Вып. 8. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1965. С. 138–166.
- Белоусов И.А. Факторы, определяющие карабидокомплексы в агроценозах и пути их обогащения / И.А. Белоусов // Интродукция, акклиматизация и селекция энтомофагов: сб. науч. тр. Л.: Всесоюз. НИИ защиты растений, 1987. С. 55–64.
- Гринфельд Э.К. Наблюдения над распределением жуужелиц (Carabidae), мертвоедов (Silphidae) и некоторых наземных насекомых по биотопам / Э.К. Гринфельд // Энтномол. обзор. 1948. Т. 30, N 1/2. С. 154–156.
- Грюнталь С.Ю. К методике количественного учета жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) / С.Ю. Грюнталь // Энтномол. обзор. 1982. Т. 61, вып. 1. С. 201–205.
- Гусева О.Г. Пищевые связи жуужелиц *Pterostichus melanarius* и *Poecilus cupreus* (Coleoptera, Carabidae) / О.Г. Гусева, А.Г. Коваль // Вестн. защиты растений. 2010. N 1. С. 61–63.
- Гусева О.Г. Влияние окультуривания дерново-подзолистой почвы на структуру комплексов и обилие напочвенных хищных жесткокрылых (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) на Северо-Западе России / О.Г. Гусева, А.Г. Коваль // Энтномол. обзор. 2015. Т. 94, вып. 4. С. 519–531.

- Замотайлов А.С. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) Северо-Западного Кавказа (фауна, экология, зоогеография) / А.С. Замотайлов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1989. 25 с.
- Коваль А.Г. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) агроценоза картофеля европейской части России и сопредельных территорий / А.Г. Коваль. СПб.: Русск. энтомот. общество, 2009. 112 с. (Чтения памяти Н.А. Холдковского. Вып. 61, N 2)
- Лопатин И.К. Интразональность как способ преодоления климатических рубежей и расширения ареалов насекомых // Динамика биологического разнообразия фауны, проблемы и перспективы устойчивого использования и охраны животного мира Беларуси: тез. докл. IX Зоол. науч. конф. Минск: НАН Беларуси и др., 2004. С. 53–54.
- Метеорологический словарь / сост. С.П. Храмов, Л.И. Мамонтова. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 568 с.
- Оценка биоразнообразия жуков семейства жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Восточного Кавказа на основе индексов видового богатства с использованием баз данных / И.А. Белоусов, И.И. Кабак, Г.М. Нахибашева, Г.М. Мухтарова // Науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2012. N 9 (83). С. 377–401.
- Оценка биоразнообразия жужелиц (Coleoptera, Carabidae) острова Чечень в Каспийском море / И.А. Белоусов, И.И. Кабак, Г.М. Абдурахманов, Г.М. Мухтарова, Г.М. Нахибашева // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11, N 4. С. 9–45.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко. М.: Наука, 1982. 282 с.
- Чернов Ю.И. Природная зональность и животный мир суши / Ю.И. Чернов. М.: Мысль, 1975. 224 с.
- Шитиков В.К. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг. Тольятти: Кассандра, 2013. 314 с.
- The agroecology of carabid beetles; ed. J.M. Holland. Andover: Intercept, 2002. 356 p.
- Barber H.S. Traps for cave-inhabiting insects / H.S. Barber // J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 1931. Vol. 46. P. 259–266.
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1: Archostemata – Myxophaga – Adephegata, revised and updated edition; eds. I. Löbl, D. Löbl. Leiden; Boston: Brill, 2017. 1443 p.
- Duelli P. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects / P. Duelli, M.K. Obrist, D.R. Schmatz // Agr., Ecosyst. Environ. 1999. Vol. 74, iss. 1/3. P. 33–64.
- Heydemann B. Carabiden der Kulturfelder als ökologische Indikatoren / B. Heydemann // Wanderversammlung Deut. Entomol.: Ber. über die 7 (Berlin, 8–10 Sept. 1954). Berlin: Deut. Akad. d. Ldwiss. zu Berlin, 1955. S. 172–185.
- Heydemann B. Über die Bedeutung der «Formalinfallen» für die zoologische Landesforschung / B. Heydemann // Faun. Mitt. N. dtsh. 1956. H. 6. S. 19–24.
- Skuhravý V. Metoda zemnich pastí / V. Skuhravý // Čas. Čs. Spol. entomol. 1957. R. 54, č. 1. S. 27–40.

Translation of Russian References

- Arnoldi K.V. Forest-steppe of the Russian Plain and its zoogeographical and cenological characteristics on the basis of insect studies / K.V. Arnoldi // Tr. Tsentr.-Chernozemn. gos. zapoved. im. prof. V.V. Alekhina. Vyp. 8. Voronezh: Izd-vo Voronezh. un-ta, 1965. S. 138–166. (In Russian).
- Belousov I.A. The factors determining of ground beetles complexes in agroecosystems and the ways of their enrichment / I.A. Belousov // Introduktsiya, akklimatizatsiya i selektsiya entomofagov: sb. nauch. tr. Leningrad: Vsesoyuz. NII zashchity rasneniy, 1987. S. 55–64. (In Russian).
- Chernov Yu.I. The natural zoning and the animal world of earth / Yu.I. Chernov. Moskva: Mysl, 1975. 224 s. (In Russian).
- Greenfeld E.K. Observations on the distribution of ground beetles (Carabidae), burying beetles (Silphidae), and some epigeic insects in the biotopes / E.K. Greenfeld // Entomol. obozr. 1948. T. 30, N 1/2. S. 154–156. (In Russian).
- Grüntal S.Yu. To the method of quantification of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) / S.Yu. Grüntal // Entomol. obozr. 1982. T. 61, vyp. 1. S. 201–205. (In Russian).
- Guseva O.G. Food connections of ground beetles *Pterostichus melanarius* and *Poecilus cupreus* (Coleoptera, Carabidae) / O.G. Guseva, A.G. Koval // Vestn. zashchity rasteniy. 2010. N 1. S. 61–63. (In Russian).
- Guseva O.G. Influence of soddy-podzolic soil improvement on the abundance and structure of complexes of epigeic predatory beetles (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) in Northwestern Russia / O.G. Guseva, A.G. Koval // Entomol. obozr. 2015. T. 94, vyp. 4. S. 519–531. (In Russian).
- Koval A.G. Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) of potato crops in European part of Russia and adjacent territories / A.G. Koval. St. Petersburg: Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 35–38
- Petersburg: Russk. entomol obshchestvo, 2009. 111 s. (Meeting in memory of N.A. Cholodkovsky. Vyp. 61, N 2). (In Russian).
- Lopatin I.K. Intrazonality as a way of overcoming climatic boundaries and expanding the range of insects / I.K. Lopatin // Dinamika biologicheskogo raznoobraziya fauny, problemy i perspektivy ustoychivogo ispolzovaniya i okhrany zhivotnogo mira Belarusi: tez. dokl. IX Zoool. nauch. konf. Minsk: NAN Belarusi i dr., 2004. S. 53–54. (In Russian).
- Meteorological dictionary / compilers S.P. Khramov, L.I. Mamontova. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. 568 s. (In Russian).
- Pesenko Yu.A. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies / Yu.A. Pesenko. Moskva: Nauka, 1982. 282 s. (In Russian).
- Shitikov V.K. Randomization and bootstrap: a statistical analysis in biology and ecology with using R / V.K. Shitikov, G.S. Rozenberg. Tolyatti: Kassandra, 2013. 314 s. (In Russian).
- The assessment of biodiversity of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in the East Caucasus based on species richness indices with use of the database system / I.A. Belousov, I.I. Kabak, G.M. Nakhibasheva, G.M. Mukhtarova // Nauch. zhurn. Kuban. gos. agrar. un-ta. 2012. N 9 (83). S. 377–401. (In Russian).
- The assessment of biodiversity of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Tshetshen Island in the Caspian Sea / I.A. Belousov, I.I. Kabak, G.M. Abdurakhmanov, G.M. Mukhtarova, G.M. Nakhibasheva // Yug Rosii: ekologiya, razvitie. 2016. T. 11, N 4. S. 9–45. (In Russian).
- Zamotajlov A.S. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the North-West Caucasus (fauna, ecology, zoogeography) / A.S. Zamotajlov. PhD Thesis. Leningrad, 1989. 25 s. (In Russian).

SPECIES DIVERSITY OF CARABID BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) ON POTATO CROPS IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA AND ADJACENT TERRITORIES

A.G. Koval

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Carabid beetles were studied over the past 30 years (1979–2008) on potato crops in 9 geographic regions of 3 countries. Pitfall trapping was the main method used for sampling carabids. Maximum species diversity has been shown to correlate with the Selyaninov's hydrothermal coefficient (HTC) 0.8–1.3. This range corresponds to dry and insufficiently wet conditions in the steppe and forest-steppe zones.

Keywords: potato field, carabid beetle complex, biodiversity indicator, agroclimatic zone, moistened territory.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Коваль Александр Георгиевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: agkoyal@yandex.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Koval Alexandr Georgiyevitch. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: agkoyal@yandex.ru

УДК 595.763.33:631.95(470.2)

СТАФИЛИНИДЫ (COLEOPTERA, STAPHYLINIDAE) В АГРОЛАНДШАФТЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Г. Гусева

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В агроландшафте Ленинградской области на суглинистой почве с помощью учетов почвенными ловушками отмечено 68 видов стафилинид. Наиболее характерны для всех агроценозов следующие виды: *Anotylus rugosus*, *Gyrohypnus angustatus scoticus*, *Philonthus carbonarius*, *Tachyporus chrysolinus*, *Aloconota gregaria* и *Dinaraea angustula*. Более сухая и рыхлая почва профилированной поверхности оказалась благоприятной для многих видов стафилинид, в том числе для *Aleochara bilineata*.

Ключевые слова: агроценозы, почвенные ловушки, стафилиниды, *Aleochara*.

Стафилиниды (Coleoptera, Staphylinidae) в агроландшафтах относятся к числу наиболее распространенных и недостаточно изученных напочвенных хищников. Среди них наиболее известен вид *Aleochara bilineata* (Gyll.), личинки которого паразитируют в пупариях (куколках) весенней (*Delia radicum* L.) и летней (*Delia floralis* Fall.) капустных мух, а имаго уничтожают яйца и личинок этих вредителей. Проводились многочисленные работы по изучению возможностей массового размножения и выпусков указанных энтомофагов [Адашкевич, 1970; Бакасова, 1984; Mass-rearing ..., 1985; и др.]. Также были исследованы возможности применения в борьбе с весенней капуст-

ной мухой и другого вида из рода *Aleochara* – *A. bipustulata* (L.), и было признано целесообразным использовать потенциал природных популяций данных энтомофагов [Life history ..., 2000].

В агроландшафтах распределение видов рода *Aleochara*, как и других стафилинид, очень неравномерно, так как большинство представителей этих жесткокрылых имеют узкий спектр требований к условиям окружающей среды. Изучение особенностей указанного распределения необходимо для выявления условий, способствующих увеличению обилия стафилинид.

Методы исследований

Комплекс стафилинид (стафилинов) изучали в агроландшафте филиала Всероссийского НИИ защиты растений (ВИЗР) «Тосненская опытная станция защиты растений», в пос. Ушаки Тосненского района Ленинградской области на среднесуглинистой почве. Во время проведения исследований на полях выращивались различные культуры: подсолнечник (1983 г.), яровой рапс при сплошном и широкорядном способах сева (1984–1985 гг.), картофель и козлятник восточный (2003–2005 гг.). Дополнительные учеты проводились также на примыкающих к полям опушках соснового леса (2004–2005 гг.). Для оценки обилия напочвенных хищников в экспериментальных биотопах использовали почвенные ловушки [Barber, 1931; Heydemann, 1955, 1956], в качестве которых использовались 0.5-литровые стеклянные банки, на 1/2–1/3 объема заполненных 4% раствором формалина. На полях рапса проводился также разбор почвенных проб и ручной сбор стафилинид.

Определение видовой принадлежности стафилинид и проверка наших определений указанных жесткокрылых проводилось В.И. Гусаровым (Музей естественной истории Университета Осло, Норвегия), определение представителей рода *Tetartopeus* – А.В. Ковалевым (ВИЗР), которым автор выражает свою искреннюю благодарность. Были использованы определители [Freude et al., 1964, 1974] и каталог [Catalogue of Palaearctic Coleoptera ..., 2004].

Результаты исследований и обсуждение

За весь период исследований в агроландшафте Тосненской опытной станции ВИЗР отмечено 68 видов стафилинид, относящихся к 40 родам (табл. 1). Наибольшее число видов включают следующие роды: *Philonthus* (7), *Tachyporus* (5) и *Aleochara* (5 видов).

Характерное для стафилинид неравномерное распределение в данном агроландшафте проявилось особенно сильно: из 68 видов ни один не встречался во всех исследованных биотопах (табл. 1).

Большие различия были выявлены при сравнении комплексов стафилинов полей и окружающих их биотопов. На всех полях встречались *Anotylus rugosus*, *Gyrohypnus*

на основе полученных данных были составлены матрицы, в которых строки соответствуют биотопам, колонки – видам, а в ячейках приведены данные по уловистости каждого вида в соответствующем биотопе. Вычисления на основе матриц проводились в среде языка программирования R (<http://www.r-project.org/>). Сравнение сборов стафилинид из различных биотопов между собой проводилось путем вычисления дистанционной матрицы и ее кластеризации различными методами (single, complete). Применение функции rareфакции (*rarecurve()*) из пакета *vegan* среды R позволило построить кривые разрежения – графики функций, описывающих зависимости числа обнаруженных видов от объема выборки.

Для сравнительной оценки биоразнообразия жужелиц и стафилинид на полях и примыкающих к ним биотопах был проведен также подсчет различных широко используемых показателей: видового богатства Маргалефа D_{mg} ($D_{mg} = (S-1)/\ln N$, где S – число выявленных видов, а N – общее число особей всех видов); показателя разнообразия Шеннона H ($H = -\sum p_i \log(p_i)$, где p_i – доля особей i -го вида (n_i/N), \log – десятичный логарифм); показателя концентрации доминирования Симпсона C ($C = \sum p_i^2$); индекса доминирования Бергера – Паркера d ($d = N_{max}/N$, где N_{max} – число особей наиболее массового вида, N – суммарное число особей) [Песенко, 1982].

angustatus scoticus, *Philonthus carbonarius*, *Tachyporus chrysolinus*, *Aloconota gregaria* и *Dinaraea angustula*. При этом ни один из этих видов не был отмечен на примыкающих к полям опушках лесов (табл. 1).

Кластерный анализ, проведенный различными методами (рис. 1 и 2), также показал сильную обособленность комплексов стафилинид, формирующихся на полях Тосненской опытной станции ВИЗР, и населения этих жуков на примыкающих к полям опушках лесов.

На примыкающих к полям опушках лесов встречаются преимущественно мирмекофилы из родов *Drusilla* и *Zyras*. На опушке леса в 2003 году доминировали стафилины

Таблица 1. Видовой состав и биотопическая приуроченность стафилинид (Coleoptera, Staphylinidae) в агроландшафте Тосненской опытной станции ВИЗР (пос. Ушаки Ленинградской области)

Род	Вид	Подсолнечник	Рапс	Картофель	Козлятник	Опушки леса
<i>Megarctus</i>	<i>denticollis</i> (Beck)				+	+
<i>Proteinus</i>	sp.				+	
<i>Olophrum</i>	<i>assimile</i> (Pk.)	+	+			+
<i>Arpedium</i>	<i>quadrum</i> (Grav.)			+		+
<i>Eucnecosum</i>	<i>brachypterum</i> (Grav.)					+
<i>Acidota</i>	<i>crenata</i> (F.)					+
<i>Anotylus</i>	<i>nitidulus</i> (Grav.)		+	+		
<i>Anotylus</i>	<i>rugosus</i> (F.)	+	+	+	+	
<i>Stenus</i>	<i>biguttatus</i> (L.)	+		+		
<i>Stenus</i>	<i>clavicornis</i> (Scop.)					+
<i>Stenus</i>	<i>comma</i> Lec.			+		
<i>Rugilus</i>	<i>angustatus</i> (Geof.)			+	+	
<i>Rugilus</i>	<i>erichsoni</i> (Fauvel)				+	+
<i>Rugilus</i>	<i>orbiculatus</i> (Pk.)				+	
<i>Lathrobium</i>	<i>fulvipenne</i> Grav.		+	+		
<i>Lathrobium</i>	<i>geminum</i> Kraatz			+		
<i>Tetartopeus</i>	<i>zetterstedti</i> (Rye)				+	
<i>Ochtheophilum</i>	<i>fracicorne</i> (Pk.)	+		+		+
<i>Gyrohypnus</i>	<i>angustatus scoticus</i> Joy	+	+	+	+	
<i>Othius</i>	<i>punctatulus</i> (Goese)					+
<i>Gabrius</i>	<i>breviventer</i> (Sperk)		+	+	+	
<i>Philonthus</i>	<i>atratus</i> (Grav.)	+	+	+	+	
<i>Philonthus</i>	<i>carbonarius</i> (Grav.)	+	+	+	+	
<i>Philonthus</i>	<i>cognatus</i> Steph.	+			+	
<i>Philonthus</i>	<i>laminatus</i> (Creutz.)	+			+	
<i>Philonthus</i>	<i>mannerheimi</i> Fauvel			+		
<i>Philonthus</i>	<i>succicola</i> C.G. Thoms.			+		
<i>Philonthus</i>	<i>rubripennis</i> Steph.	+				
<i>Ontholestes</i>	<i>murinus</i> (L.)		+			+
<i>Platydracus</i>	<i>latebricola</i> (Grav.)					+
<i>Staphylinus</i>	<i>caesareus</i> Ced.	+		+		
<i>Staphylinus</i>	<i>pubescens</i> DeGeer	+				
<i>Ocyopus</i>	<i>fuscatus</i> Grav.	+	+			+
<i>Euryporus</i>	<i>picipes</i> (Pk.)					+
<i>Quedius</i>	<i>fulvicollis</i> (Steph.)				+	
<i>Quedius</i>	<i>molochinus</i> (Grav.)					+
<i>Heterothops</i>	sp.			+		
<i>Mycetoporus</i>	<i>glaber</i> (Sperk)	+		+		
<i>Lordithon</i>	<i>humulatus</i> L.					+
<i>Lordithon</i>	<i>thoracicus</i> (F.)					+
<i>Bolitobius</i>	<i>formosus</i> (Grav.)				+	+
<i>Ischnosoma</i>	<i>splendida</i> (Grav.)			+	+	+
<i>Sepedophilus</i>	<i>immaculatus</i> (Steph.)					+
<i>Sepedophilus</i>	<i>marschami</i> (Steph.)					+
<i>Tachinus</i>	<i>corticinus</i> Grav.			+		+
<i>Tachinus</i>	<i>rufipes</i> (L.)				+	+
<i>Tachyporus</i>	<i>chrysolinus</i> (L.)	+	+	+	+	
<i>Tachyporus</i>	<i>dispar</i> (Pk.)				+	
<i>Tachyporus</i>	<i>nitidulus</i> (F.)	+	+		+	
<i>Tachyporus</i>	<i>pusillus</i> Grav.				+	
<i>Tachyporus</i>	<i>transversalis</i> Grav.			+		
<i>Drusilla</i>	<i>canaliculata</i> (F.)				+	+
<i>Zyras</i>	<i>cognatus</i> (Märk.)					+
<i>Zyras</i>	<i>humeralis</i> Grav.					+
<i>Illyobates</i>	sp.				+	
<i>Amischa</i>	<i>analisis</i> (Grav.)	+	+	+		
<i>Aloconota</i>	<i>gregaria</i> (Er.)	+	+	+	+	
<i>Aloconota</i>	sp.					+
<i>Atheta</i>	<i>laticollis</i> (Steph.)			+	+	
<i>Atheta</i>	<i>sodalis</i> (Er.)					+
<i>Acrotona</i>	<i>fungi</i> (Grav.)		+	+	+	+
<i>Dinaraea</i>	<i>angustula</i> (Gyll.)	+	+	+	+	
<i>Geostiba</i>	<i>circellaris</i> (Grav.)	+		+		
<i>Aleochara</i>	<i>bilineata</i> (Gyll.)	+	+			
<i>Aleochara</i>	<i>bipustulata</i> (L.)	+	+	+		
<i>Aleochara</i>	<i>brevipennis</i> (Grav.)	+		+		
<i>Aleochara</i>	<i>curtula</i> (Gz.)	+		+		
<i>Aleochara</i>	<i>laevigata</i> (Gyll.)	+		+		

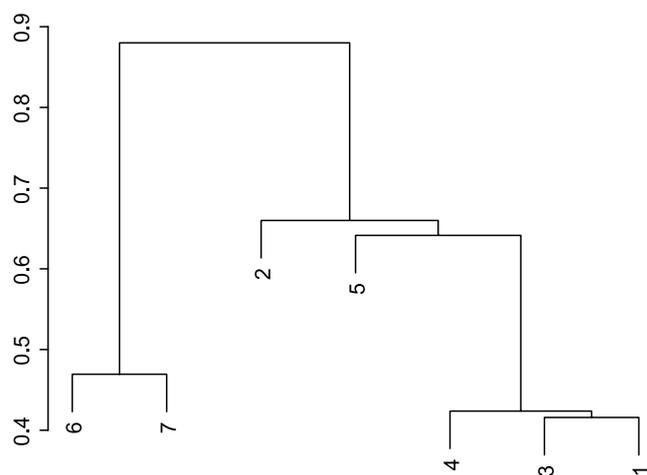


Рисунок 1. Дендрограмма сходства комплексов стафилинид различных участков агроландшафта Тосненской опытной станции ВИЗР. Дистанционная матрица получена с помощью индекса Брея. Кластеризация проведена методом single. 1 – поле подсолнечника; 2 – поле рапса; 3 и 4 – поля картофеля; 5 – поле козлятника; 6 и 7 – опушки леса.

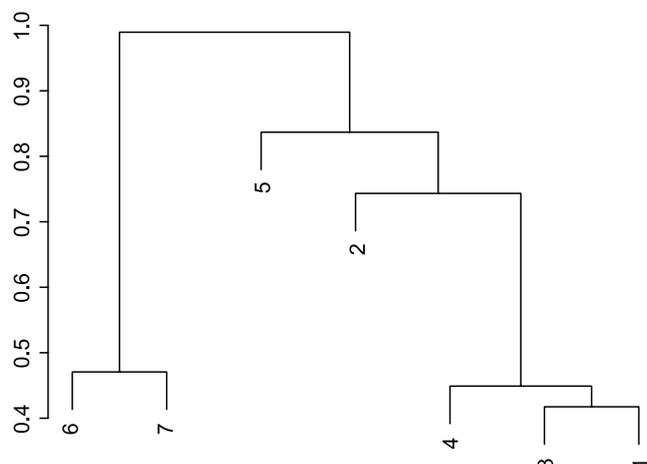


Рисунок 2. Дендрограмма сходства комплексов стафилинид различных участков агроландшафта Тосненской опытной станции ВИЗР. Дистанционная матрица получена с помощью индекса Брея. Кластеризация проведена методом complete. Обозначения – см. рис. 1.

Drusilla canaliculata и *Eucnecosum brachypterum* (соответственно 43.9 и 9.8% от общего количества собранных особей стафилинидов), а в 2004 году – *D. canaliculata* (40.0%), *Tachinus corticinus* (10.9%), *Sepedophilus marschami* (10.9%) и *Acrotona fungi* (7.3%) (табл. 2). При этом за все годы исследований на полях пос. Ушаки не было отмечено ни одного экземпляра доминирующих на опушках леса *E. brachypterum* и *S. marschami*. В этих условиях на полях регистрировались только отдельные представители *T. corticinus* и *D. canaliculata*. Следует также заметить, что на опушках леса за весь период наблюдений не было отмечено ни одного экземпляра *Tachyporus chrysolinus*, *Philonthus atratus* и *Anotylus rugosus*, которые являются доминирующими видами на полях. Таким образом, комплекс стафилинид, формирующийся на опушках леса, не может быть источником увеличения численности стафилинид на полях.

На суглинистых почвах в условиях избыточного увлажнения для стафилинид, использующих для обитания и передвижения почвенную скважность, складываются неблагоприятные условия. Это связано с длительным за-

Таблица 2. Средняя динамическая плотность (особей на 10 л.-с.) и видовое разнообразие стафилинид в агроландшафте Тосненской опытной станции ВИЗР (пос. Ушаки Ленинградской области)

	Подсолнечник,	Рапс,	Опушка леса,	Опушка леса,	Козлятник,	Картофель	
	1983	1984	2003	2004	2005	2003	2005
<i>Eucnecosum brachypterum</i>	0	0	0.18	0.04	0	0	0
<i>Anotylus rugosus</i>	0.27	0.05	0	0	0.52	0.07	0.14
<i>Stenus biguttatus</i>	0.02	0	0	0	0	0.02	0.06
<i>Rugilus erichsoni</i>	0	0	0.09	0.04	0.01	0	0
<i>Philonthus atratus</i>	0.12	0.02	0	0	0	0.10	0.10
<i>Philonthus carbonarius</i>	0.10	0.02	0	0	0.01	0	0.06
<i>Ischnosoma splendida</i>	0.02	0	0.09	0.02	0.02	0.03	0
<i>Sepedophilus immaculatus</i>	0	0	0.09	0.04	0	0	0
<i>Tachinus corticinus</i>	0	0	0.09	0.12	0	0.01	0
<i>Tachyporus chrysomelinus</i>	0.08	0.08	0	0	0	0.12	0.20
<i>Drusilla canaliculata</i>	0	0	0.81	0.43	0.01	0	0
<i>Aloconota gregaria</i>	0.02	0.06	0	0	0.05	0.05	0.04
<i>Acrotona fungi</i>	0	0.02	0.04	0.08	0.05	0.04	0
<i>Aleochara bilineata</i>	0.02	1.16	0	0	0	0	0
Другие виды	0.38	0.22	0.41	0.31	1.11	0.44	0.59
Суммарная уловистость	1.03	1.63	1.80	1.08	1.78	0.88	1.19
Всего видов	24	16	16	16	23	26	25
Видовое богатство, Dmg	4.97	3.24	3.71	3.74	4.87	5.58	5.02
Показатель разнообразия Шеннона, H	1.14	0.61	0.91	0.96	0.94	1.30	1.24
Показатель концентрации доминирования Симпсона, C	0.11	0.48	0.23	0.18	0.20	0.06	0.07
Индекс доминирования Бергера-Паркера, d	0.26	0.71	0.45	0.38	0.29	0.14	0.17

топлением почвенных скважин при высокой влагоудерживающей способности почвы. Поэтому обилие данных энтомофагов на полях Тосненской опытной станции ВИЗР невелико (табл. 2). В агроценозе картофеля на супесчаной почве в д. Меньково Гатчинского района Ленинградской области в 2003–2006 годах средняя уловистость стафилинид составила 5.6 особей на 10 ловушко-суток (л.-с.), что в 5.4 раза превышало соответствующий показатель на полях в пос. Ушаки [Гусева, 2008].

В изученном агроландшафте на многих полях показатели видового богатства Маргалефа Dmg и разнообразия Шеннона H для комплексов стафилинид были выше, чем на примыкающих к этим полям опушках лесов (табл. 2). Самые высокие показатели видового разнообразия отмечены на поле картофеля в 2003 году (табл. 2). Анализ кривых разрежения, отражающих рост числа видов с увеличением объема выборки, также показал, что видовое богатство сообществ стафилинид на полях картофеля Тосненской опытной станции ВИЗР (кривые 3 и 4), а также подсолнечника (кривая 1) выше, чем в других биотопах (рис. 3). Более высокие показатели видового разнообразия на полях картофеля на суглинистой почве объясняются наличием гребней, создающих более благоприятные условия для обитания стафилинид при избыточном увлажнении. Низкие показатели биоразнообразия стафилинид в агроценозе рапса объясняются преобладанием *Aleochara bilineata* (71% от общего количества собранных стафилинид).

Обилие *A. bilineata*, развитие которой связано с капустными мухами, сильно зависит от численности этих насекомых [Гусева, 2017; Гусева, Коваль, 2017]. На посевах рапса, заселенных капустными мухами, динамическая плотность *A. bilineata* многократно возрастала. Самый высокий показатель (1.8 особей на 10 л.-с.) отмечен в 1984 году на поле рапса, посеянного ширококядным способом,

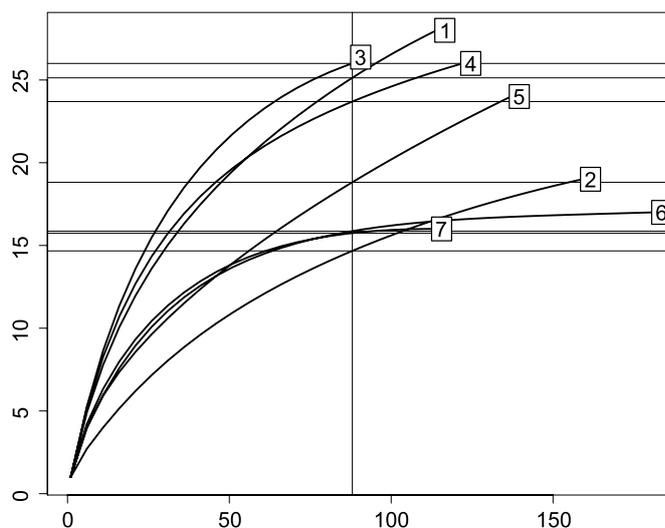


Рисунок 3. Кривые разрежения для комплексов стафилинид различных участков агроландшафта Тосненской опытной станции ВИЗР. По оси абсцисс – объем выборки, экз. По оси ординат – количество видов стафилинид.

1 – поле подсолнечника; 2 – поле рапса; 3 и 4 – поля картофеля; 5 – поле козлятника; 6 и 7 – опушки леса.

на котором проводилось рыхление междурядий. Это в 19 раз превышало обилие *A. bilineata* на том же поле, засеянном подсолнечником, в предыдущем году, и в 2 раза превышало их обилие на соседнем поле рапса, посеянного сплошным способом. Учеты, проведенные на тех же полях, но занятых картофелем, через 20 лет (в 2003–2005 гг.), не выявили ни одного экземпляра этого вида. Связь *A. bilineata* с наличием капустных мух и их кормовых растений отмечалась и ранее. Так, было установлено, что заселенность пупариев (куколок) этих вредителей алеохарой увеличивается при высадке на полях капусты по капусте [Сторожков, 1974].

Таким образом, за весь период исследований в агроландшафте Тосненской опытной станции ВИЗР (пос. Ушаки Ленинградской области) отмечено 68 видов стафилинид. Комплекс, характерный для всех полей, включал следующие виды: *Anotylus rugosus*, *Gyrophypnus angustatus scoticus*, *Philonthus carbonarius*, *Tachyporus chrysomelinus*, *Aloconota gregaria* и *Dinaraea angustula*. На примыкающих к полям опушках лесов формируются обособленные комплексы стафилинид, состоящие преимущественно из мирмекофилов из родов *Drusilla* и *Zyras*.

В условиях избыточного увлажнения в агроландшафте на суглинистой почве более сухая и рыхлая почва греб-

ней создает благоприятные условия для обитания многих видов стафилинид, что способствует увеличению их биоразнообразия и обилия. Так, самый высокий показатель обилия *A. bilineata* в агроландшафте Тосненской опытной станции ВИЗР был отмечен на поле рапса, высеянного широкорядным способом с последующей культивацией междурядий, при котором сформировалась профилированная поверхность почвы.

Обилие *Aleochara bilineata* – наиболее известного среди стафилинид энтомофага, развитие которого тесно связано с капустными мухами, зависит от наличия данных вредителей на полях крестоцветных культур.

Библиографический список (References)

- Адашкевич Б.П. Разведение *Aleochara bilineata* Gyll. (Coleoptera: Staphylinidae) в лаборатории / Б.П. Адашкевич // Зоол. журн. 1970. Т. 49, вып. 7. С. 1081–1083.
- Бакасова Н.Ф. Особенности непрерывного разведения *Aleochara bilineata* Gyll., паразита капустных мух, в лабораторных условиях / Н.Ф. Бакасова // Массовое разведение насекомых. Кишинев: Штиинца, 1984. С. 70–75.
- Гусева О.Г. Влияние почвенных условий на видовой состав жужелиц и стафилинидов (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) в агроценозах Северо-Запада России / О.Г. Гусева // Современные средства, методы и технологии защиты растений: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 10–11 июля 2008 г.). Новосибирск, 2008. С. 56–59.
- Гусева О.Г. Напочвенные хищные членистоногие в агроценозе ярового рапса на Северо-Западе России / О.Г. Гусева // Защита и карантин растений. 2017. N 8. С. 45–47.
- Гусева О.Г., Коваль А.Г. Алеохарины (Staphylinidae, Aleocharinae) в агроландшафтах с различными почвами на Северо-Западе России / О.Г. Гусева, А.Г. Коваль // Информ. бюл. ВПРС МОББ. 2017. N 52. С. 99–103.
- Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко. М.: Наука. 1982. 282 с.
- Сторожков Ю.В. Заселенность энтомофагами пупариев капустных мух в различных условиях выращивания капусты в Ленинградской области / Ю.В. Сторожков // Биол. метод в защите растений: тез. докл. I конф. молодых ученых. Кишинев: [б. и.], 1974. С. 65–67.
- Adashkevich B.P. Rearing *Aleochara bilineata* Gyll. (Coleoptera: Staphylinidae) in the laboratory / B.P. Adashkevich // Zool. zhurn. 1970. T. 49, vyp. 7. S. 1081–1083. (In Russian).
- Bakasova N.F. Features continuous rearing *Aleochara bilineata* Gyll., parasite of cabbage root flies, in a laboratory conditions / N.F. Bakasova // Massovoe razvedenie nasekomykh. Kishinev: Shtiintsa, 1984. S. 70–75. (In Russian).
- Guseva O.G. Effect of soil conditions on species composition and abundance of ground beetles and rove beetles (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) in agrocenosis of Northwestern Russia / O.G. Guseva // Sovremennye sredstva, metody i tekhnologii zashchity rasteniy: materialy Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. (g. Novosibirsk, 10–11 iyulya 2008 g.). Novosibirsk, 2008. S. 56–59. (In Russian).
- Barber H.S. Traps for cave-inhabiting insects / H.S. Barber // J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 1931. Vol. 46. P. 259–266.
- Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 2: Hydrophiloidea – Histeroidea – Staphylinidae; eds. I. Löbl, A. Smetana. Stenstrup: Apollo Books, 2004. 942 p.
- Freude H. Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 4. / H. Freude, K.W. Harde, G.A. Lohse. Krefeld: Goecke & Evers Verl., 1964. 264 S.
- Freude H. Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 5. / H. Freude, K.W. Harde, G.A. Lohse. Krefeld: Goecke & Evers Verl., 1974. 381 S.
- Heydemann B. Carabiden der Kulturfelder als ökologische Indikatoren / B. Heydemann // Wanderversammlung Deut. Entomol.: Ber. über die 7 (Berlin, 8–10 Sept. 1954). Berlin: Deut. Akad. d. Ldwwiss. zu Berlin, 1955. S. 172–185.
- Heydemann B. Über die Bedeutung der «Formalinfallen» für die zoologische Landesforschung / B. Heydemann // Faun. Mitt. N. dtsh. 1956. H. 6. S. 19–24.
- Life history comparison between two competitive *Aleochara* species in the cabbage root fly, *Delia radicum*: implications for their use in biological control / S. Fournet, J.O. Stapel, N. Kasem, J.P. Nenon, E. Brunel // Entomol. Exp. Appl. 2000. Vol. 96, N 3. P. 205–211.
- Mass-rearing techniques for *Aleochara bilineata* (Coleoptera: Staphylinidae) / J.W. Whistlecraft [et al.] // J. Econ. Entomol. 1985. Vol. 78. P. 995–997.
- Guseva O.G. Epigeic predatory invertebrates in spring rape agrocenoses in Northwestern Russia / O.G. Guseva // Zashchita i karantin rasteniy. 2017. N 8. S. 45–47. (In Russian).
- Guseva O.G. Aleocharines (Staphylinidae, Aleocharinae) in agricultural landscapes with different soils in Northwestern Russia / O.G. Guseva, A.G. Koval // Inform. byul. VPRS MOOB. 2017. N 52. S. 99–103. (In Russian).
- Pesenko Yu.A. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies / Yu.A. Pesenko. Moskva: Nauka. 282 s. (In Russian).
- Storozhkov Yu.V. The parasitism of entomophages of the cabbage root flies pupae in various conditions of cultivation of cabbage in the Leningrad Region / Yu.V. Storozhkov // Biol. metod v zashchite rasteniy: tez. dokl. I konf. molodykh uchenykh. Kishinev: [s. n.], 1974. S. 65–67. (In Russian).

Translation of Russian References

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 39–42

ROVE BEETLES (COLEOPTERA, STAPHYLINIDAE) IN AGRICULTURAL LANDSCAPE OF LENINGRAD REGION

O.G. Guseva

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

In all, 68 staphylinid species were collected by pitfall traps in the agricultural landscape of the Leningrad Region on the loamy soil. The most common staphylinid beetles on all agricultural lands appeared to be *Anotylus rugosus*, *Gyrophypnus angustatus scoticus*, *Philonthus carbonarius*, *Tachyporus chrysomelinus*, *Aloconota gregaria* and *Dinaraea angustula*. Drier and looser soil of profiled surface is shown to be more favorable for many species of rove beetles including *Aleochara bilineata*.

Key words: agrocenosis, soil trap, rove beetle, *Aleochara*.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Гусева Ольга Геннадьевна. Старший научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: olgaguseva-2011@yandex.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Guseva Olga Gennadyevna. Senior Researcher, DSc in Biology, e-mail: olgaguseva-2011@yandex.ru

УДК 595.42

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ВИДОВОЙ ДИАГНОСТИКИ *TETRANYCHUS URTICAE* И *T. ATLANTICUS* (ACARI: TETRANYCHIDAE) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МТ-ГЕНА COI**Н.Д. Коноплев¹, А.Н. Игнатов^{2,3}, С.Я. Попов¹**¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, www.timacad.ru, Москва²ООО Исследовательский центр “ФитоИнженерия”, www.phytoengineering.ru, с. Рогачево, Московская обл.³Российский университет дружбы народов, www.rudn.ru, Москва

В последние 10–15 лет при проведении видовой диагностики членистоногих широко используют молекулярные методы. Они показали особенно значимыми при работе с представителями паутиных клещей рода *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae) в связи с высокой сложностью их видовой идентификации традиционным, морфологическим способом. Тем не менее, в ряде случаев при проведении диагностики близких видов паутиных клещей с помощью ПЦР случаются сбои, связанные с несовершенством применяемых методик. Для оценки возможностей видовой идентификации при помощи ПЦР проведен анализ доминирующей в подобных исследованиях методики молекулярной диагностики по гену цитохром-С оксидазы-I (гену COI). Исследование проводилось на примере широко распространенных на евроазиатском континенте значимых видов фитофагов – обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus urticae* Koch, 1836, и атлантического паутинового клеща *Tetranychus atlanticus* McGregor, 1941 (именуемого в мировой сводке зоологической номенклатуры *Tetranychus turkestanii* Ugarov et Nikolski, 1937). Использовались образцы, отобранные из 29 различных мест России и одной японской популяции. Достаточно большая часть тестируемого материала была предварительно подвергнута видовому анализу по значимым морфологическим признакам (форме и размеру эдегуса самца). ПЦР-анализ показал, что особи каждой протестированной популяции паутиных клещей принадлежали одному из двух упомянутых видов, однако различия в последовательностях исследуемого гена между данными видами оказались столь малыми, что не позволили разделить их на обособленные таксономические единицы. Полученные результаты подтвердили ранее выдвинутые рядом зарубежных исследователей предположения о несостоятельности использования гена COI при идентификации паутиных клещей видов *T. urticae* и *T. atlanticus*. В то же время приведенная методика позволила достоверно определить принадлежность тестируемых клещей к роду *Tetranychus*.

Ключевые слова: Tetranychidae, *Tetranychus urticae*, *Tetranychus atlanticus*, *Tetranychus turkestanii*, COI, видовой диагностика.

Видовая идентификация организмов – первый шаг в биологических исследованиях. Традиционная видовой диагностика насекомых и клещей основана преимущественно на морфологических различиях. Однако у ряда членистоногих различия в пределах рода немногочисленны и выражены слабо. В связи с этим в последние десятилетия широко используются методы видовой диагностики, основанные на ПЦР.

К членистоногим, морфологическая диагностика которых затруднена, относятся паутиные клещи рода *Tetranychus* (Acariiformes: Tetranychidae), включающие ряд экономически важных видов, распространенных на больших территориях земного шара. Среди них своей значимостью выделяются следующие виды: обыкновенный паутиный клещ – *Tetranychus urticae* Koch, 1836; туркестанский паутиный клещ – *Tetranychus turkestanii* Ugarov et Nikolski, 1937 и атлантический паутиный клещ *Tetranychus atlanticus* McGregor, 1941 (sensu Mitrofanov et al., 1987). Необходимо отметить, что название последнего вида нами сохранено согласно “Определителю тетраниховых клещей фауны СССР и сопредельных стран” [Митрофанов и др., 1987], однако в мировой сводке зоологической номенклатуры он именуется как *Tetranychus turkestanii* Ugarov et Nikolski, 1937, и *T. atlanticus* сведен к нему в синоним.

Паутиные клещи рода *Tetranychus* преимущественно являются полифагами, что в совокупности с высокими темпами размножения делает их серьезными вредителями ценных сельскохозяйственных растений как в открытом, так и защищенном грунте. Представители рода

Tetranychus распространены очень широко, различные виды могут встречаться во всех регионах мира. К примеру, один из наиболее важных видов – *T. urticae*, является безусловным космополитом. *T. atlanticus* обнаружен в широком поясе от стран Западной Европы на Восток до Омска [Попов, 2013].

Традиционные методы идентификации паутиных клещей, основанные на морфологических признаках, трудоемки и требуют большого опыта из-за сравнительно небольшого числа признаков в пределах одного вида и сложности их выявления. В последнее время для видовой дифференциации паутиных клещей все чаще используются методы генетического анализа, которые не требуют специальных знаний и навыков относительно изучаемых объектов, а также неспецифичны к полу и стадии развития анализируемых особей. В качестве маркера для генетического анализа членистоногих и, в частности, паутиных клещей, широко используется ген митохондриальной ДНК, кодирующий цитохром-С оксидазу-I (далее – ген COI). Последовательность пар нуклеотидов в локусе этого гена отличается большими различиями между видами и, одновременно, небольшой внутривидовой вариацией, что должно предполагать относительно высокую точность идентификации паутиных клещей.

Целью данной работы является оценка возможностей молекулярной видовой диагностики по гену COI на примере особей двух достоверно различаемых морфологически видов паутиных клещей – *T. urticae* и *T. atlanticus*, отобранных в России.

Материалы и методы

Паутинные клещи

Список популяций паутиновых клещей, использовавшихся в данном исследовании, с указанием мест отбора и растений-хозяев, представлен в таб. 1. Часть образцов (№1–6) была собрана в ходе обследований, проведенных С.Я. Поповым (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), а образцы №7–30 были предоставле-

ны в виде секвенированных нуклеотидных последовательностей сотрудниками ФГБУ “Россельхозцентр” и сотрудниками ряда частных сельскохозяйственных предприятий. Маточные колонии клещей первой группы популяций (№1–6) поддерживаются на кафедре защиты растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Таблица 1. Список популяций паутиновых клещей, используемых в исследовании

№	Вид (по морф. признакам)	Дата сбора, год	Место сбора	Растение-хозяин
1	<i>T. atlanticus</i>	2010	Краснодарский край, г. Краснодар	Дурнишник (<i>Xanthium</i> sp.)
2	<i>T. atlanticus</i>	2010	Омская обл., г. Омск	Земляника (<i>Fragaria</i> sp.)
3	<i>T. atlanticus</i>	2010	Московская обл., г. Москва, РГАУ-МСХА	Борщевик (<i>Heracleum</i> sp.)
4	<i>T. urticae</i>	2013	Волгоградская обл., Новоаннинский р-н, у лесной опушки	Кирказон (<i>Aristolochia</i> sp.)
5	<i>T. urticae</i>	2001	Япония, префектура Хоккайдо, г. Такикава	Арбуз обыкновенный (<i>Citrullus lanatus</i>)
6	<i>T. atlanticus</i>	2012	Волгоградская обл., г. Новоаннинский, 15–20 м вглубь леса от опушки	Кирказон (<i>Aristolochia</i> sp.)
7	<i>T. urticae</i>	2009	Московская обл., с. Дубки, ВНИИССОК	Баклажан (<i>Solanum melongena</i>)
8	<i>T. urticae</i>	2009	Московская обл., с. Дубки, ВНИИССОК	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)
9	<i>T. urticae</i>	2009	Московская обл., с. Дубки, ВНИИССОК	Баклажан (<i>Solanum melongena</i>)
10	<i>T. urticae</i>	2009	Московская обл., г. Москва, ГБС им. Цицина РАН	Роза (<i>Rosa</i> sp.)
11	<i>T. urticae</i>	2010	Костромская обл., с. Минское	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)
12	<i>T. urticae</i>	2010	Тверская обл., г. Лихославль, частные теплицы	Фасоль (<i>Phaseolus</i> sp.)
13	<i>T. urticae</i>	2010	Владимирская обл., г. Суздаль, частные теплицы	Баклажан (<i>Solanum melongena</i>)
14	<i>T. urticae</i>	2010	Псковская обл., д. Опочицы	Земляника (<i>Fragaria</i> sp.)
15	<i>T. urticae</i>	2010	Ленинградская обл., Гатчинский р-н	Роза (<i>Rosa</i> sp.)
16	<i>T. urticae</i>	2011	Московская обл., г. Ступино	Земляника (<i>Fragaria</i> sp.)
17	<i>T. urticae</i>	2011	Тамбовская обл., г. Мичуринск, открытый грунт	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)
18	<i>T. urticae</i>	2011	Воронежская обл., г. Борисоглебск	Борщевик (<i>Heracleum</i> sp.)
19	<i>T. urticae</i>	2011	Саратовская обл., г. Балашев	Баклажан (<i>Solanum melongena</i>)
20	<i>T. urticae</i>	2011	Саратовская обл., г. Саратов	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)
21	<i>T. urticae</i>	2011	Волгоградская обл., г. Камышин	Фасоль (<i>Phaseolus</i> sp.)
22	<i>T. urticae</i>	2011	Волгоградская обл., г. Волгоград	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)
23	<i>T. urticae</i>	2011	Волгоградская обл., г. Волгоград	Перец (<i>Capsicum</i> sp.)
24	<i>T. urticae</i>	2011	Волгоградская обл., г. Волгоград	Арбуз обыкновенный (<i>Citrullus lanatus</i>)
25	<i>T. urticae</i>	2011	Волгоградская обл., г. Волгоград	Огурец (<i>Cucumis sativus</i>)
26	<i>T. urticae</i>	2011	Ростовская обл., г. Волгодонск	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)
27	<i>T. urticae</i>	2011	Ростовская обл., г. Волгодонск	Роза (<i>Rosa</i> sp.)
28	<i>T. urticae</i>	2011	Ростовская обл., г. Волгодонск	Земляника (<i>Fragaria</i> sp.)
29	<i>T. urticae</i>	2011	Ростовская обл., г. Волгодонск	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)
30	<i>T. urticae</i>	2011	Ростовская обл., г. Волгодонск	Томат (<i>Solanum lycopersicum</i>)

Маточные колонии культивировались на срезанных листьях фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*), помещенных на ватные колобки в кюветах с водой при следующих условиях: температуре – 17–22 °С, относительной влажности – 70±10%, фотопериод (L:D) – 16:8 час.

Морфологический анализ *T. urticae* и *T. atlanticus*

Видовая принадлежность каждой самки, включаемой в маточные колонии №1–6, тестировалась по ее потомству – самцам, помещаемым в постоянные препараты с модифицированной жидкостью Свана, с последующим высушиванием и микроскопированием при фазовом контрасте при 800–1200-кратном увеличении. Морфологический анализ паутиновых клещей рода *Tetranychus* проводился по форме и размеру эдеагуса самцов.

Самцы *T. urticae* имеют эдеагус с рукояткой и крючком, образующими тупой угол. Рукоятка эдеагуса без бульбообразного утолщения в основании и уменьшается к бородке почти равномерно, передний и задний отростки бородки явственные, более-менее симметричные, несколько заострены. Дорсальная поверхность бородки округлая с наиболее высокой точкой в

середине. Диаметр бородки эдеагуса равен в среднем 2.49 µm, варьируя от 2.4 до 2.6, редко до 2.7 µm [Попов, 2013].

Самцы *T. atlanticus* имеют эдеагус с рукояткой и крючком, образующими тупой угол. Рукоятка эдеагуса без бульбообразного утолщения в основании. Дорсальная поверхность бородки эдеагуса тупоугольная с закругленной вершиной, смещенной к заднему отростку. Передний и задний отростки бородки примерно равны по длине, причем передний – с явственной закругленной вершиной, задний – клювовидный, заостренный. Диаметр бородки – в среднем 4.48 µm, варьируя от 4.4 до 4.6 µm, редко достигая значений с одной стороны до 4.8 µm (рис. 1) [Попов, 2013].

Таким образом, самостоятельность *T. atlanticus* и *T. urticae* по морфологическому видовому критерию не подлежит сомнению.

Образцы №7–30, предоставленные в виде секвенированных последовательностей ДНК, были изначально обозначены как *T. urticae*.

Выделение ДНК и условия ПЦР

С целью исключения действия различных размеров тел самок и самцов, ДНК выделялась путем гомогенизации одиноч-

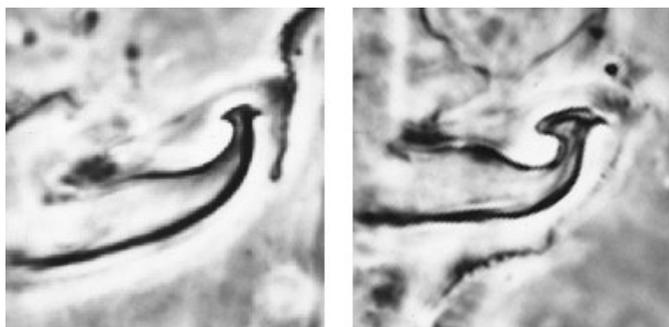


Рисунок 1. Эдегус самцов *T. urticae* (слева) и *T. atlanticus* (справа) [Попов, 2013].

ных взрослых клещей в 15 мкл (самцы) или в 25 мкл (самки) смеси STE буфера (100 ммоль NaCl, 10 ммоль Tris-HCl, 1 ммоль EDTA, pH 8.0) и протеиназы К (10 мг/мл, 2 мкл) в 1.5 мл пробирке Eppendorf. Смесь инкубировалась 30 минут при 37 °С, а затем – 5 минут при 95 °С [Multiple Infections with *Cardinium*..., 2013]. Амплификация проводилась с использованием комплекта реактивов “Epcyclo Plus PCR kit” (Евроген, Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Для амплификации фрагментов гена COI использовались стандартные праймеры, они представлены в таб. 2. Общий протокол амплификации: предварительная денатурация – 4 мин при 94 °С, затем 35 циклов по 1 мин при 94 °С, 1 мин при 48 °С, 1 мин при 72 °С, и финальная элонгация – 4 мин при 72 °С. Протокол амплификации оптимизировался при необходимости. Продукты ПЦР визуализировались на 1.5% агарозном геле в 0.5X TAE буфере.

Секвенирование и филогенетический анализ

При подготовке к секвенированию продукты ПЦР были очищены комплектом “Cleanup Standard” (Евроген, Россия) и

Результаты и их обсуждение

Проблема дискриминации морфологически достоверно различающихся видов *T. urticae* и *T. turkestanii* на основе последовательности гена COI возникла почти с самого начала использования ПЦР-методики. В частности, Навайас и Бурсо [Navajas, Boursot, 2003] обнаружили, что эти два вида полифилетичны по митохондриальной ДНК (COI), но монофилетичны по ядерной рибосомальной ДНК (ITS2). Авторы смогли разделить данные виды на основе последовательностей ITS2, однако различия были основаны только на трёх диагностических сайтах. Позднее Рос и Брееувер [Ros, Vreeuwer, 2007], используя ген COI, подтвердили, что указанные два вида не образуют отдельные монофилетические клады и поставили под сомнение существование *T. turkestanii* как отдельного вида. Мацуда с соавторами [DNA-Based Identification of Spider Mites..., 2013] в обзоре, проведя анализ 13 видов рода *Tetranychus*, отметил, что все эти виды могут быть идентифицированы на основе последовательности гена COI, однако годом позже [Phylogenetic analysis of the spider mite..., 2014] уточнил, что *T. urticae* и *T. turkestanii* можно разделить при помощи генов 18S и 28S рРНК.

Заключение

Нами на материале российского происхождения показано, что методика видовой диагностики паутинных клещей по гену COI несовершенна и не позволяет различать

Таблица 2. Список праймеров, используемых в исследовании

Название	Последовательность
mite1	GGAGGATTTGGAAATTGATTAGTTC
mite2	AAWCCTCTAAAAATRGCAATACRGC
mite3	TGATTTTTTGGTCACCCAGAAG
mite4	TACAGCTCCTATAGATAAAAC

повторно визуализированы на агарозном геле. Секвенирование проводили по методу Сэнгера [Sanger, Coulson, 1975] на автоматическом секвенаторе “ABI PRISM 3730” (Applied Biosystems, США). Использовался набор реактивов “BigDye Terminator v.3.1 Cycle Sequencing Kit” (Applied Biosystems, США) согласно инструкции по применению. Каждая последовательность была секвенирована с использованием прямых праймеров по меньшей мере дважды. Первичный анализ полученных последовательностей проводили с помощью пакета BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). Выравнивание гомологичных последовательностей проводили с помощью программы CLUSTALW v 1.75 [The CLUSTAL_X windows interface..., 1997]. Проверку и редактирование последовательностей вручную проводили с помощью редактора BioEdit v 7 [Hall, 1999]. Построение филогенетических деревьев проводили с использованием алгоритмов ME (minimum evolution) [Saitou, Nei, 1987], реализованного в пакете программ MEGA 5.0 [Nei, Kumar, 2000]. Статистическая достоверность полученных деревьев рассчитывалась с помощью бутстреп (“bootstrap”)-анализа путем построения 100 альтернативных деревьев и дана в процентах от исходного значения. Все полученные последовательности гена COI были депонированы в GenBank NCBI (The National Center for Biotechnology Information, США) под номерами KX648257-KX648290.

Для оценки принадлежности полученных последовательностей ДНК клещей тем или иным видам, из GenBank NCBI были отобраны последовательности гена COI различных видов паутинных клещей, а также более отдаленных представителей членистоногих. По полученной совокупности последовательностей построено филогенетическое дерево (рис. 2).

Как видно из рис. 2, все полученные последовательности гена COI сгруппировались с *T. urticae* / *T. turkestanii* (= *T. atlanticus*), полученными из GenBank, что указывает на принадлежность клещей всех исследуемых популяций одному из данных видов. При этом не наблюдается явной видовой дифференциации между нуклеотидными последовательностями, чего не происходит с образцами других видов. Таким образом, мы удостоверяем, что и образцы *T. urticae* и *T. atlanticus*, полученные из России, не разделяются по изучаемой последовательности.

Необходимо отметить, что филогенетическое дерево, полученное для гена COI, отражает эволюцию данного конкретного гена, а не организма в целом, и может вступать в противоречия с результатами морфологического анализа или анализа полного генома исследуемого объекта.

два массовых вида – *T. urticae* и *T. atlanticus*. В то же время данная методика может служить способом точной родовой идентификации данных видов паутинных клещей.

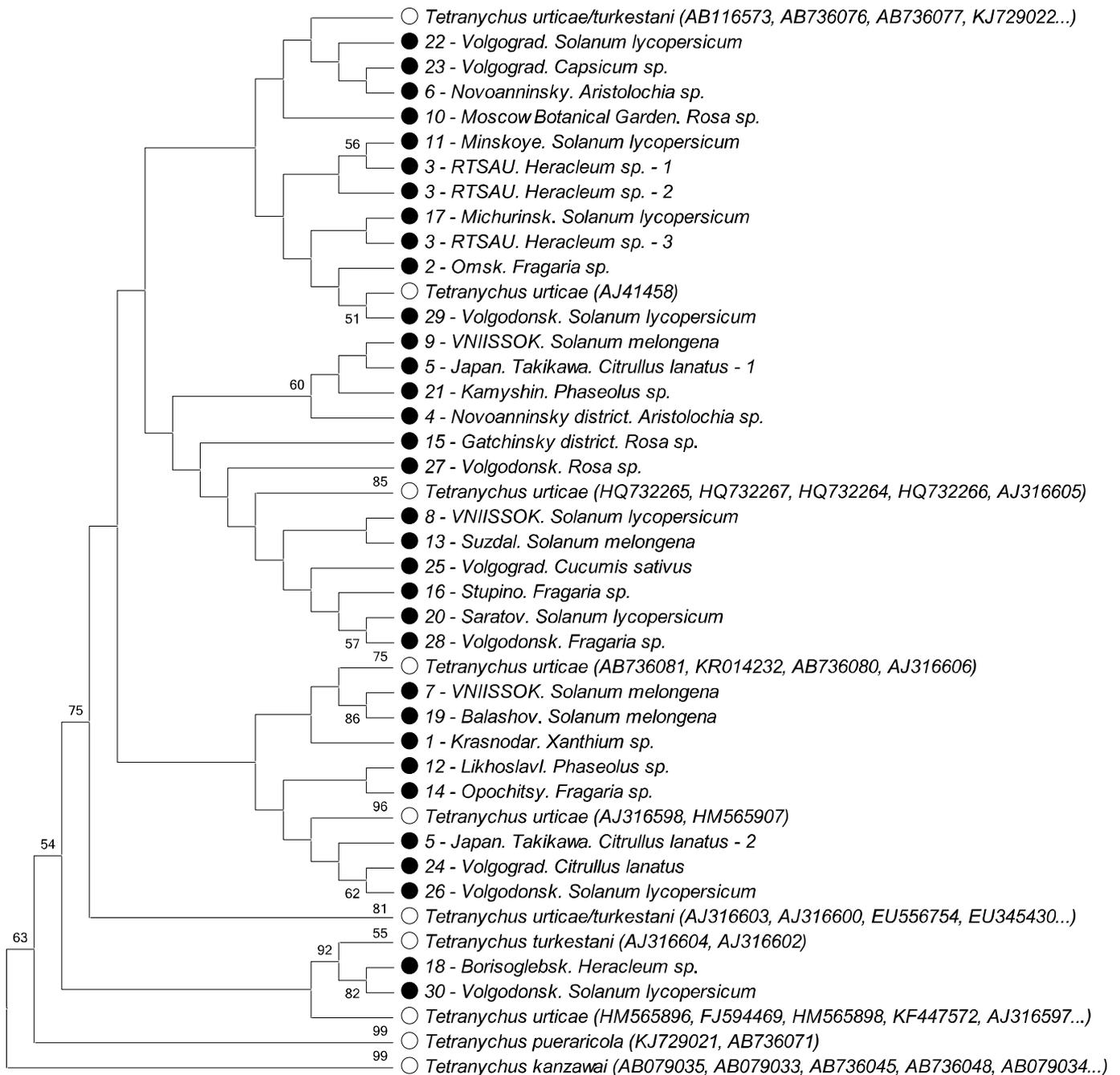


Рисунок 2. Анализ сходства фрагментов ДНК паутиных клещей исследуемых популяций (чёрные маркеры) с гомологичными фрагментами гена COI паутиных клещей, отобранными из GenBank NCBI (белые маркеры).

Рядом с ветвями показан процент повторяющихся деревьев, в которых сопряженные таксоны объединены при бутстреп-тесте.

Библиографический список

- Митрофанов В.И. Определитель тетраниховых клещей фауны СССР и сопредельных стран (Tetranychidae, Bryobiidae) / В.И. Митрофанов, З.И. Стрункова, И.З. Лившиц; ред. В.Г. Бабаева. Душанбе: Дониш. 1987. 223 с.
- Попов С.Я. Таксономический статус ряда видов паутиных клещей рода *Tetranychus* (Acari, Tetranychidae) и репродуктивные барьеры при скрещивании морфологически близких и отдаленных видов / С.Я. Попов // Экологические аспекты ограничения вредоносности популяций насекомых и клещей: сборник статей. М.: Издательство РГАУ-МСХА. 2013. С. 224–259.
- DNA-Based Identification of Spider Mites: Molecular Evidence for Cryptic Species of the Genus *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae) / T. Matsuda et al. // Journal of Economic Entomology. 2013. Vol. 106. N1. P. 463–472.
- Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT / T.A. Hall // Nucleic Acids Symp. Ser. 1999. Vol. 41. P. 95–98.
- Multiple Infections with *Cardinium* and Two Strains of *Wolbachia* in The Spider Mite *Tetranychus phaseolus* Ehara: Revealing New Forces Driving the Spread of *Wolbachia* / D.-X. Zhao et al. // PLoS ONE. 2013. Vol. 8. N 1. P. 1–9.
- Navajas M. Nuclear ribosomal DNA monophyly versus mitochondrial DNA polyphyly in two closely related mite species: the influence of life history and molecular drive / M. Navajas, P. Boursot // Proceedings. Biological sciences / The Royal Society. 2003. Vol. 270. N1. P. 124–127.
- Nei M. Molecular Evolution and Phylogenetics / M. Nei, S. Kumar. New York: Oxford University Press. 2000. 333 p.
- Phylogenetic analysis of the spider mite sub-family Tetranychinae (Acari: Tetranychidae) based on the mitochondrial COI gene and the 18S and the 5' end of the 28S rRNA genes indicates that several genera are polyphyletic / T. Matsuda et al. // PLoS one. 2014. Vol. 9. N10. P. 1–12.
- Ros V.I.D. Spider mite (Acari: Tetranychidae) mitochondrial COI phylogeny reviewed: host plant relationships, phylogeography, reproductive parasites and barcoding / V.I.D. Ros, J. a J. Breeuwer // Experimental & applied acarology. 2007. Vol. 42. N4. P. 239–262.

Saitou N. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees / N. Saitou, M. Nei // Molecular biology and evolution. 1987. Vol. 4. N 4. P. 406–425.

Sanger F. A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase / F. Sanger, A.R. Coulson // Journal of molecular biology. 1975. Vol. 94. N 3. P. 441–418.

The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools / J.D. Thompson et al. // Nucleic acids research. 1997. Vol. 25. N 24. P. 4876–4882.

Translation of Russian References

Mitrofanov V.I. The determiner of the Tetranychoida mites of the USSR and neighboring countries fauna (Tetranychidae, Bryobiidae) / V.I. Mitrofanov, Z.I. Strunkova, I.Z. Livshits; ed. V.G. Babaeva. Dushanbe: Donish. 1987. 223 p. (In Russian).

Popov S.Ya. Taxonomic status of some spider mites species of the genus

Tetranychus (Acari: Tetranychidae) and reproductive barriers in crossings between morphologically adjacent and distant species / S.Ya. Popov // Ecological aspects of limiting the harmfulness of insects and mites populations: a collection of articles. Moscow: Izdatel'stvo RGAU-MSKha. 2013. P. 224–259. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 43–47

TO QUESTION OF OPPORTUNITY OF *TETRANYCHUS URTICAE* AND *T. ATLANTICUS* (ACARI: TETRANYCHIDAE) IDENTIFICATION USING MTDNA COI GENE

N.D. Konoplev¹, A.N. Ignatov^{2,3}, S.Ya. Popov¹

¹Russian State Agrarian University, Moscow, Russia

²“Phytoengineering” R&D Center, Rogachevo, Moscow Region, Russia

³Peoples' Friendship University, Moscow, Russia

Cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene-based polymerase chain reaction (PCR) was used to estimate opportunity of *Tetranychus* species identification. The study was carried out using the example of widespread on the Eurasian continent and important phytophagous species, two-spotted spider mites *T. urticae* Koch, 1836 and *T. atlanticus* McGregor, 1941. Mite individuals were collected from 29 different places in Russia and from one Japanese population. A sufficiently large part of the test material was preliminarily subjected to a species analysis by significant morphological traits (the shape and size of male aedeagus). PCR-analysis showed that individuals of all the investigated spider mites belong to the two mentioned species, but differences in the sequences of analyzed gene between these species were small to divide the specimens into separate taxonomic units. Obtained results confirmed the previously advanced assumptions of a number of foreign researchers on the inadequacy of COI gene for identification of *T. urticae* and *T. atlanticus*.

Keywords: Tetranychidae; *Tetranychus urticae*; *Tetranychus atlanticus*; *Tetranychus turkestani*; COI; species diagnostics.

Сведения об авторах

РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49.

*Коноплев Никита Дмитриевич. Аспирант каф. защиты растений, e-mail: konoplev.nd@gmail.com

Попов Сергей Яковлевич. Зав. каф. защиты растений, д.б.н., профессор, e-mail: sergei_ya_popov@timacad.ru

Исследовательский центр “ФитоИнженерия”, 141080, Россия, Московская обл. Дмитровский р-н. с. Рогачево, ул. Московская, 58.

Игнатов Александр Николаевич. Зам. генерального директора, д.б.н., профессор, e-mail: an.ignatov@gmail.com

Information about the authors

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya street, 49.

*Konoplev Nikita Dmitrievich. Postgraduate student of plant protection department, e-mail: konoplev.nd@gmail.com

Popov Sergei Yakovlevich. Head of plant protection department, DSc in Biology, professor, e-mail: sergei_ya_popov@timacad.ru

“Phytoengineering” R&D Center, 141880, Russia, Moscow Region, Dmitrov district, Rogachevo, Moskovskaya street, 58.

Ignatov Alexander Nikolaevich. Deputy general director, DSc in Biology, professor, e-mail: an.ignatov@gmail.com

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 635.21:632.952

ДЕЙСТВИЕ ФУНГИЦИДОВ НА АФИДОФАГОВ, ВЫПУСКАЕМЫХ В ТЕПЛИЦЫ ПРОТИВ ТЛЕЙ-ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

С.А. Волгарев, Е.Г. Козлова, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко, Н.А. Белякова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Получены данные по действию фунгицидов танос, ширлан и ХОМ, применяемых в теплицах для защиты микрорастений картофеля от фитофтороза и альтернариоза, на афидофагов – сирфа перевязанного и хищную галлицу афидимизу. Установлено, что опрыскивание яиц сирфа перевязанного фунгицидами в производственной концентрации снижает число отрождающихся из них личинок, что сказалось на численности последующих фаз развития афидофага и имаго нового поколения. Личинки второго возраста афидофага были более устойчивы к токсическому действию препаратов – снижение численности образовавшихся имаго во всех вариантах не превышало 20%. При посадке имаго галлицы афидимизы на обработанные фунгицидами растения снижается жизнеспособность имаго и всех фаз развития дочернего поколения хищника. Таким образом, применение фунгицидов оказывает негативное влияние на развитие и численность обоих исследованных видов афидофагов. В связи с этим возникает необходимость в определении безопасных сроков выпуска афидофагов после обработок микрорастений фунгицидами, при которых эти негативные явления будут нивелироваться.

Ключевые слова: картофель, микрорастения, вирусная инфекция, тли-переносчики, афидофаги, фунгициды, токсическое действие.

Одним из наиболее эффективных современных методов получения здорового посадочного материала картофеля является оздоровление сортов на основе меристемной культуры, так как считается, что при выходе микрорастений из меристемных лабораторий они максимально свободны от вирусной инфекции [Анисимов, 2010]. Однако визуальное проявление вирусной инфекции в первом полевом поколении, полученном из мини-клубней, позволяет предположить наличие в микрорастениях ее латентной формы в количествах, не улавливаемых методами современной диагностики.

В этой связи важным элементом борьбы с вирусными болезнями семенного картофеля является минимизация их распространения уже на первом этапе первичного семеноводства. Особенно это касается тлей – важнейших переносчиков вирусной инфекции, в борьбе с которыми в семеноводческих хозяйствах Ленинградской области, выращивающих меристемный картофель, например в ЗАО «Октябрьский», число обработок в теплицах достигает 6–7 и более [Степанова, 2013; Волгарев и др., 2016]. Ча-

сто опрыскивание вегетирующих растений против тлей совмещается с применением фунгицидов против альтернариоза и фитофтороза.

В настоящее время в защищенном грунте особое значение придается санитарно-гигиенической и экологической безопасности систем защиты растений, что достигается использованием биологических средств [Белякова, Павлюшин, 2013]. В этой связи для ограничения использования химических средств в первичном семеноводстве необходима разработка системы защиты, базирующейся на максимальном применении энтомофагов и микробиологических препаратов с афидицидным эффектом. При этом важно знать, как препараты другого фитосанитарного назначения, в частности фунгициды, на фоне которых будут выпускаться энтомофаги, влияют на их жизнеспособность и эффективность. Это требует оценки влияния фунгицидов, применяемых для защиты микрорастений от болезней, на ряд видов афидофагов (сирфид, галлицы афидимизы, кокцинеллид и др.), планируемых для выпуска в теплицы в борьбе с тлями.

Материалы и методы исследований

Оценивали токсичность для афидофагов фунгицидов, применяемых в борьбе с альтернариозом и фитофторозом: танос, ВДГ (250 г/кг фамоксадона + 250 г/кг цимоксанила); ХОМ, СП (861 г/кг хлорокиси меди); ширлан, СК (500 г/л флуазинама). В исследованиях использовали сирфа перевязанного (*Syrphus ribesii* L., сем. Syrphidae) и хищную галлицу афидимизу (*Aphidoletes aphidimyza* Rond., сем. Cecidomyiidae) отряда Diptera, являющихся активными хищниками различных видов тлей. Жизненный цикл этих видов включает яйцо, личинку, куколку, формирующуюся в коконе (галлица афидимиза) или pupарий (сирф перевязанный) и имаго. Хищничают личинки. При массовом расселении обоих видов в теплицах под обработки фунгицидами попадают все фазы их развития. В связи с этим важно знать действие препаратов не только на личинок, как фазу, обеспечивающую эффективность биологической защиты, но и на другие фазы, определяющие численность личинок.

Опыты проводили согласно разработанным методикам [Сухорученко, Толстова, 1990]. Фунгициды применяли в производственных концентрациях, создающих в лабораторных условиях жесткий токсический фон, позволяющий выявить максимальную степень опасности того или иного препарата для афидофагов. Опыты проводили по 25–30 однодневных яиц и по 20 личинок второго возраста сирфа перевязанного в каждой из 4 повторностей. В качестве корма использовали викоковую тлю, разводимую на бобах. В случае с хищной галлицей афидимизой по 3 пары однодневных имаго подсаживали на обработанные вместе с кормом (персиковая тля) бобы через 30 мин. после высыхания рабочего раствора. Опыты закладывали в 6–7 повторностях. После обработок фиксировали количество выживших особей каждой фазы развития насекомых, а также число образовавшихся имаго нового поколения в сравнении с контролем. Данные обрабатывали с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследований

Влияние фунгицидов на развитие сирфа перевязанного. Оценка токсического действия фунгицидов на яйца сирфа перевязанного не выявила у изучаемых препаратов ови-

цидных свойств, так как в течение 2 суток после обработки их численность не отличалась от таковой контрольного варианта. Однако у всех препаратов было обнаружена

псевдоовицидная активность, которая проявлялась в гибели отрождающихся из яиц личинок 1 возраста вследствие кишечного действия (табл.1). Об этом свидетельствует снижение числа отродившихся из обработанных яиц личинок в сравнении с необработанными, отличавшиеся от контроля на 10% в варианте с ширланом, на 19% – в варианте с ХОМ, на 23% – в варианте с таносом (табл. 1). Дальнейшее развитие выживших личинок практически мало отличалось от необработанных, В результате этого число образовавшихся из личинок пупариев было близким во всех вариантах опыта. Однако было выявлено снижение на 69.9% относительно контроля числа имаго нового поколения в варианте с применением контактного фунгицида на основе меди ХОМ, в то время как в вариантах с таносом и ширланом снижение численности имаго наблюдалось на уровне 24–35.4% (табл. 1).

При обработке фунгицидами личинок 2 возраста сирфа перевязанного снижение числа образовавшихся личинок 3 возраста колебалось в пределах 5–20% во всех вариантах с их применением. В этих же пределах происходило снижение численности пупариев, а также имаго нового поколения (табл. 2). Вместе с тем необходимо отметить увеличение длительности развития обработанных фунгицидами личинок сирфа перевязанного до фазы пупария на 1.3–1.8 дня, задержку вылета имаго на 0.9–1 день и снижение про-

должительности их жизни на 0.9–1.2 дня в сравнении с контролем.

Влияние фунгицидов на развитие хищной галлицы афидимизы. Результаты оценки контактной токсичности фунгицидов для имаго галлицы афидимизы после их подсадки через 30 мин на обработанные растения свидетельствуют о наличии достаточно выраженного токсического действия препаратов на жизнеспособность имаго. Это проявляется как в сокращении продолжительности их жизни так и снижении продуктивности (табл. 3).

Наиболее значительное токсическое действие было выражено у фунгицида танос, что сказалось как на продолжительности жизни имаго, так и числе отложенных яиц, которое в этом варианте составило только 27.2% от числа яиц в контроле. Наименьший, но достаточно высокий негативный эффект (55.3% снижение численности отложенных яиц относительно контроля) был отмечен у фунгицида ширлан (табл. 3).

Эта же тенденция сохранялась на протяжении всего периода развития хищной галлицы афидимизы, вплоть до вылета из коконов имаго нового поколения. Наибольшее снижение всех фаз развития афидофага в сравнении с контролем наблюдалось в варианте с применением таноса, наименьшее – в варианте с ширланом, вариант с ХОМ занимал промежуточное положение (табл. 4).

Таблица 1. Влияние фунгицидов на развитие сирфа перевязанного после обработки яиц

Препарат, производственная концентрация, %	Число разных фаз развития афидофага после обработки яиц, % от исходного количества яиц				Снижение численности имаго относительно контроля, %
	Личинки 1 возраста	Личинки 3 возраста	Пупарии	Имаго нового поколения	
Танос, 0.3	48±9.6	30±8.8	30±8.8	14.8±3.0	35.4
ХОМ, 0.4	52±9.3	31±8.6	24±7.9	6.9±1.2	69.9
Ширлан, 0.15	61±10.2	39±10.2	26±9.2	17.4±3.7	24.0
Контроль	71±8.2	49±8.7	36±7.9	22.9±6.2	–

Таблица 2. Влияние фунгицидов на развитие сирфа перевязанного после обработки личинок 2 возраста

Препарат, производственная концентрация, %	Число разных фаз развития афидофага после обработки личинок 2 возраста, % от исходного количества личинок			Снижение численности имаго относительно контроля, %
	Личинки 3 возраста	Пупарии	Имаго нового поколения	
Танос, 0.3	80±8.9	45±10.7	40±11.0	20.0
ХОМ, 0.4	85±8.0	50±11.0	42±11.0	16.0
Ширлан, 0.15	95±4.9	65±10.7	45±10.7	10.0
Контроль	100.0	69±11.0	50±11.0	–

Таблица 3. Влияние фунгицидов на жизнеспособность имаго хищной галлицы афидимизы

Препарат, производственная концентрация, %	Продолжительность жизни имаго, подсаженных на растения сразу после обработки, дней		Число отложенных яиц, шт./повторность всего	Снижение численности яиц относительно контроля, %
	самка	самец		
Танос, 0.3	1.6 ± 0.4	1.0 ± 0	27.0 ± 4.7	72.8
ХОМ, 0.4	1.9 ± 0.4	1.0 ± 0	31.8 ± 5.4	67.9
Ширлан, 0.15	2.3 ± 0.5	1.0 ± 0	44.4 ± 6.7	55.3
Контроль	3.0 ± 0.4	2.3 ± 0.3	99.3 ± 17.8	–

Таблица 4. Токсичность фунгицидов для разных фаз развития хищной галлицы афидимизы

Препарат, производственная концентрация, %	Число разных фаз развития афидофага, образовавшихся после подсадки одно- дневных имаго на обработанные растения, особей/на повторность			Снижение численности имаго относительно контроля, %
	Личинки	Пупарии	Имаго нового поколения	
Танос, 0.3	26.8±3.6	12.6±3.4	10.0±3.3	78.6
ХОМ, 0.4	26.4±5.5	22.6±4.4	18.6±3.7	60.3
Ширлан, 0.15	40.4±6.4	25.8±5.4	21.8±5.0	53.5
Контроль	78.9±15.4	54.7±9.8	46.9±7.2	–

Анализ данных по изучению токсичности фунгицидов (ширлан, танос, ХОМ), используемых для защиты микрорастений картофеля от болезней в теплицах, для двух видов афидофагов (сирфа перевязанного и галлицы афидимизы), выпускаемых против тлей-переносчиков вирусной инфекции, свидетельствует о наиболее сильном снижении численности сирфа перевязанного (69.9%) при использовании фунгицида ХОМ в период откладки яиц. Личинки второго возраста афидофага были более устойчивы к токсическому действию препаратов – снижение

численности образовавшихся имаго во всех вариантах не превышало 20%. Для галлицы афидимизы установлен более выраженный токсический эффект у всех исследованных препаратов как на жизнеспособность имаго, так и другие фазы развития хищника. Полученные материалы свидетельствуют о необходимости определения длительности токсического действия изученных фунгицидов с целью максимального снижения негативного их влияния на энтомофагов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

Библиографический список (References)

- Анисимов Б.В. Вирусные болезни и их контроль в семеноводстве картофеля // Защита и карантин растений. 2010. N 5. С. 12–18.
- Белякова Н. А., Павлюшин В. А. Концепция развития биологической защиты растений /Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: Мат. Третьего Всероссийского съезда по защите растений. СПб., 2013. т. II. С. 7–10.
- Волгарев С.А., Иванова Г.П., Сухорученко Г.И. Положение с тлями-переносчиками вирусных заболеваний картофеля в Северо-Западном
- регионе РФ. Вестник защиты растений. СПб. 2016. N 4(90). С. 87–89.
- Степанова Н.Г. Система защиты семенного картофеля от болезней и вредителей в Северо-Западном регионе /Материалы Третьего Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». 2013. Т.1. С. 183–185.
- Сухорученко Г.И., Толстова Ю.С. Методические рекомендации по селективности действия современных инсектоакарицидов на членистоногих. Л.: ВИЗР. 1989. 24 с.

Translation of Russian References

- Anisimov B. V. Virus diseases and their control in seed potatoes // Zashchita i karantin rastenii. 2010. N 5. P. 12–18. (In Russian).
- Belyakova N. A., Pavlyushin V. A. The Concept of development of biological plant protection /Phytosanitary optimization of agroecosystems: Mat. The third all-Russian Congress on plant protection. St. Petersburg. 2013. vol. II. P. 7–10. (In Russian).
- Stepanova N. G. The system of protection of seed potatoes from diseases and pests in the North-West region / Materialy Tret'ego Vserossiiskogo s'ezda po zashchite rastenii «Fitosanitarnaya optimizaciya agroekosistem». 2013. T. 1. P. 183–185. (In Russian).
- Sukhoruchenko G. I., Tolstov Y. S. Methodical recommendations for the selective action of modern insectoacaricides on arthropods. Leningrad: VIZR. 1989. 24 p. (In Russian).
- Volgarev S.A., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I. Situation with aphid vectors of viral potato diseases in the northwest of Russia. Vestnik zashchity rastenii. St. Petersburg. 2016. N 4(90). P. 87–89. (In Russian).
- Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 48–50

THE EFFECT OF FUNGICIDES ON APHIDOPHAGES RELEASED IN GREENHOUSES AGAINST APHIDS CARRYING VECTORS OF A VIRAL INFECTION

S.A. Volgarev, E.G. Kozlova, G.P. Ivanova, G.I. Sukhoruchenko, N.A. Belyakova

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

The fungicides Tanos, Shirlan and COM used in greenhouses to protect potato plantlets from late blight and alternaria were tested for their influence on predators of aphids, *Syrphus ribesii* and *Aphidoletes aphidimyza*. It was established that spraying of *Syrphus* eggs with fungicides at the production concentration reduced the number of larvae and imagoes of the new generation. The aphidophage larvae of the second instar were more resistant to the toxic effects of drugs; decrease in the number of adults did not exceed 20%. *Aphidoletes* imagoes on fungicide treated plants decreased their viability and viability of all phases of development of the filial generations.

Keywords: potato; plantlet; virus infection; aphid; aphidophage; fungicide; toxic effect.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 *Волгарев Сергей Анатольевич. Зав. лабораторией, кандидат биологических наук. e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru
 Козлова Екатерина Геннадьевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: kategen_vizr@mail.ru
 Иванова Галина Петровна. Ведущий научный сотрудник кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 Сухорученко Галина Ивановна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
 Белякова Наталья Александровна. Зав. лабораторией, кандидат биологических наук, e-mail: belyakovana@yandex.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 *Volgarev Sergey Anatolyevich. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru
 Kozlova Ekateryna Gennadiyevna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: kategen_vizr@mail.ru
 Ivanova Galina Petrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru
 Suhoruchenko Galina Ivanovna. Principal Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
 Belyakova Nataliya Aleksandrovna. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: belyakovana@yandex.ru

* Responsible for correspondence

УДК 632.4:632.51

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА МИЦЕЛИЯ ФИТОПАТОГЕНОГО ГРИБА *STAGONOSPORA CIRSII* C-163 НА СОХРАННОСТЬ ЕГО МИКОГЕРБИЦИДНЫХ СВОЙСТВ ПРИ ВЫСУШИВАНИИ

Н.А. Павлова, С.В. Сокорнова, А.О. Берестецкий

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

Фрагменты мицелия *Stagonospora cirsii* C-163 при невысокой инфекционной нагрузке могут вызывать заболевание пятнистости листьев многолетнего корнеотпрыскового сорного растения бодяк полевой. Ранее было показано, что максимальная агрессивность инфекционного материала достигается в экспоненциальной фазе роста при глубинной ферментации на сахарозо-соевой среде. В то же время жизнеспособность и агрессивность полученного таким образом вегетативного мицелия катастрофически падает при высушивании. Целью работы стала оценка влияния возраста мицелия фитопатогенного гриба *S. cirsii* C-163 на сохранность его микогербицидных свойств при высушивании. Сравнение жизнеспособности и вирулентности мицелия *S. cirsii* C-163, находящегося в различных фазах роста, после высушивания показало, что наименьшее воздействие на микогербицидные свойства отмечается у мицелия в начале стационарной фазы роста. Мы полагаем, что он может быть использован как основа при разработке препаративной формы в виде смачивающегося порошка. Такая форма обычно применяется при разработке биогербицидов, которые могут храниться.

Ключевые слова: *Stagonospora cirsii*, бодяк полевой, микогербицидные свойства, инфекционный материал, мицелий, стационарная фаза роста, высушивание, жизнеспособность, агрессивность.

Несмотря на большое количество известных потенциальных микогербицидов, на настоящий момент в мире зарегистрировано не более 20 препаратов, большинство из которых появились на рынке в последние 5 лет [Cordeau et al., 2016; Берестецкий, 2017]. Это связано прежде всего с тем, что эффективность микогербицидов находится в сильной зависимости от климатических условий, в том числе от относительной влажности воздуха и температуры [TeBeest, Templeton, 1985; Greaves et al., 1989; Сокорнова, 2014]. Кроме того, препараты на основе патогенных грибов сложно стабилизировать и зачастую они не подлежат долгому хранению [Берестецкий, Сокорнова, 2009]. Исторически микогербициды выпускаются двух типов: для непосредственного применения, сразу или через короткое время после получения (суспензии, пасты), и предназначенные для применения через какое-то время (смачивающиеся порошки, гранулы). При разработке микогербицидов, подлежащих хранению, в качестве инфекционного начала преимущественно используются конидии, так как они более устойчивы к высушиванию, чем вегетативный мицелий [Гасич, Берестецкий, 2007; Берестецкий, Сокорнова, 2009]. В то же время для фомидных микромицетов в ряде случаев заражение мицелием происходит быстрее и менее зависимо от температурно-влажностных условий в первые часы после заражения [Сокорнова и др., 2011]. Преимущества использования

мицелия в качестве инфекционного материала ранее были показаны в таких патосистемах как *Alternaria cassiae* Jurair & Khan / *Cassia obtusifolia* L. [Stowell et al., 1989], *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler / *Eupatorium adenophorum* Spreng. [Qiang et al., 2006], *Chondrostereum purpureum* (Pers. ex Fr.) Pouzar / *Prunus serotina* Erhr. [Scheepens & Hoogerbrugge 1989], *Phoma herbarum* Westend / *Taraxacum officinale* G.H. Weber ex Wiggers [Steward-Wade, Boland 2000], *Sphaceloma poinsettiae* Jenkins & Ruehle / *Euphorbia heterophylla* L. [de Lima Nechet et al., 2004]. Более того, фитопатоген *Stagonospora cirsii* C-163 (потенциальный микогербицид бодяка полевого) способен образовывать конидии только при периодическом освещении в ближнем УФ (350 нм) [Berestetskiy et al., 2005], что усложняет технологию получения инфекционного материала. По этим причинам для разработки препарата против бодяка полевого в качестве инфекционной основы был предложен мицелий гриба *S. cirsii* C-163 [Берестецкий и др., 2014]. Хорошо известно, что в процессе роста и старения изменяются биохимические характеристики вегетативного мицелия, поэтому мы предположили, что сохранность микогербицидных свойств мицелия при высушивании также будет зависеть от возраста инфекционного материала. Целью работы стала оценка влияния возраста мицелия фитопатогенного гриба *S. cirsii* C-163 на сохранность его микогербицидных свойств при высушивании.

Материалы и методы

В работе использован штамм *S. cirsii* C-163 из рабочей коллекции лаборатории фитотоксикологии и биотехнологии ВИЗР. Гриб хранили при 5 °С в пробирках на скошенном картофельно-глюкозном агаре (КГА). Для получения посевного материала гриб культивировали 2 недели на КГА при 24 °С в темноте. Мицелий выращивали в 250 мл колбах Эрленмейра, содержащих 50 мл сахарозо-соевой питательной среды (СС) следующего состава: сахароза – 30 г/л, соевая мука – 14 г/л, KH_2PO_4 – 1 г/л, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5 г/л. Посев производили 2-мя блоками двухнедельной посевной культуры диаметром 5 мм. Культивирование

осуществляли на орбитальной качалке при 180 об/мин и температуре 24±2 °С. Агрессивность определяли на листовых высечках [Berestetskiy et al., 2007], выход биомассы и количество жизнеспособных единиц (КОЕ/г) оценивали общепринятыми микологическими методами [Методы..., 1982]. Высушивание биомассы в тонком слое осуществляли в термостате с циркуляцией воздуха (ТСО-200 СПУ) при температуре 33 °С в течение 5 ч.

Обработку данных проводили классическими статистическими методами [Доспехов, 1979].

Результаты и обсуждение

При культивировании *S. cirsi* C-163 на среде СС в колбах на орбитальной качалке середина экспоненциальной фазы роста мицелия наступает на 3-и сутки, начало стационарной фазы роста приходится на 6-е, а поздняя стационарная фаза на 9-е сутки роста. Выход сырого мицелия в стационарной фазе роста составляет 131 г/л (табл. 1), что сопоставимо с выходом мицелия в условиях жидкофазной глубинной ферментации, используемого в качестве инфекционной основы различных потенциальных микогербицидов [Stowell et al. 1989; Qiang et al., 2006; Scheepens, Hoogerbrugge, 1989; Steward-Wade, Boland 2000; de Lima Nechet et al., 2004]. В тоже время сравнение значений КОЕ сырого мицелия показывает, что наиболее жизнеспособным является мицелий в экспоненциальной фазе роста (табл.1). Наиболее агрессивным в отношении бодяка полевого также является сырой мицелий в экспоненциальной фазе роста (табл. 1), что согласуется с ранее полученными данными [Berestetskiy et al., 2005; Сокорнова и др., 2011]. Таким образом, в качестве инфекционной основы для препарата не подлежащего хранению целесообразно использовать молодой мицелий *S. cirsi* C-163.

Высушивание различным образом влияет на микогербицидные свойства мицелия *S. cirsi* C-163 разного возраста. Сравнение КОЕ и патогенности суспензии на основе сухого мицелия достоверно показывает, что наилучшими микогербицидными свойствами обладает 6-суточный мицелий *S. cirsi* C-163 (табл.), а не 3-суточный, как в случае с сырым мицелием. Анализ количества жизнеспособных

единиц на грамм материала после сушки показал, что потери жизнеспособности мицелия в целом высоки. В тоже время зрелый мицелий, находящийся в начале стационарной фазы, в 2 раза более устойчив к температурному воздействию, чем молодой. С учетом того, что выход мицелия в начале стационарной фазы роста в 2 раза выше, чем в середине экспоненциальной фазы роста, использование такого мицелия для высушивания представляется технологически обоснованным. К недостаткам можно отнести более длительное время культивирования и более низкую агрессивность инфекционного материала по сравнению с мицелием в фазе активного роста (табл.).

Таким образом, при разработке различных по срокам хранения типов препаратов на основе мицелия *S. cirsi* C-163 целесообразно в качестве инфекционной основы использовать мицелий разного возраста. В случае препаратов, непосредственно применяемых после получения, это может быть молодой мицелий, находящийся в экспоненциальной фазе роста. Для препаратов, которые предполагается стабилизировать и хранить, необходимо использовать более зрелый мицелий, находящийся в стационарной фазе роста. В дальнейшем, на наш взгляд, необходимо выявить биохимические показатели (например, концентрация олигосахаров, полиолов, липидов в мицелии), коррелирующие с жизнеспособностью мицелия, что упростит процесс оптимизации условий культивирования и сушки.

Таблица. Характеристика вегетативного мицелия *S. cirsi* C-163

Сутки	Фаза роста мицелия	Характеристика сырого мицелия				Характеристика сухого мицелия	
		Выход, г/л	КОЕ/г, *10 ⁴	Относительная влажность, %	Агрессивность (50 мг/мл), % ¹	КОЕ/г, *10 ³	Агрессивность (7.5 мг/мл ²), % ²
3	Середина экспоненциальной фазы	70.9	211.0	85.8	100	27.6	18
6	Начало стационарной фазы	130.9	201.9	86.0	82	52.2	26
9	Конец стационарной фазы	114.8	200.0	89.0	68	18.4	12
НСР _{0.05}		15.8	5.9	1.9	12	1.2	12

¹Площадь некроза относительно общей площади листового диска

²Инфекционная нагрузка увеличена с учетом потерь жизнеспособности при высушивании

Работа выполнена при поддержке гранта РФ №16-16-00085 «Разработка технологий получения и применения микогербицидов для борьбы с трудноискоренимыми сорными растениями».

Библиографический список (References)

- Берестецкий А.О., Сокорнова С.В. Получение и хранение биопестицидов на основе микромицетов / А.О. Берестецкий, С.В. Сокорнова // Микология и фитопатология. 2009. Том 43. Вып. 6. С. 473–489.
- Берестецкий А.О. Штамм гриба *Stagonospora cirsi* Davis 1.41, обладающий гербицидной активностью против бодяка полевого / Берестецкий А.О., Кашина С.А., Сокорнова С.В. // 2014. Патент РФ № 2515899.
- Берестецкий А.О. Перспективы разработки биологических и биорациональных биогербицидов / А.О. Берестецкий // Вестник защиты растений. 2017, N 1. С. 5–12.
- Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Справочник / В.И. Билай // Киев: Наукова Думка, 1982. 550 с.
- Гасич, Е.Л., Берестецкий, А.О. Влияние длительного хранения на стабильность штаммов микромицетов, перспективных для биологической борьбы с *Cirsium arvense* / Е.Л. Гасич, А.О. Берестецкий // Микология и фитопатология. 2007. Том 41. Вып. 4. С. 342–347.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований [Текст] / Б.А. Доспехов // М.: Колос, 1979. 416 с.
- Сокорнова С.В. Процесс инфицирования бодяка полевого конидиями и мицелием фитопатогенного гриба *Stagonospora cirsi* / С.В. Сокорнова, А.В. Хиотти, А.О. Берестецкий // Вестник защиты растений. 2011, N 3. С. 57–60.
- Berestetskiy A.O. Can mycelial inoculum be an alternative to conidia in the case of *Stagonospora cirsi* J.J. Davis, a potential biocontrol agent of *Cirsium arvense*? / A.O. Berestetskiy, O.V. Kungurtseva, S.V. Sokornova // Current status and future prospects in bioherbicide research and product development: Joint Workshop International Bioherbicide Group and EWRS-Biocontrol Working Group; Bari, Italy, 19 June 2005. URL: http://ibg.ba.cnr.it/Newsletter/VII_IBG_EWRS_Workshop_Bari2005.pdf. P. 7.
- Berestetskiy A.O. A laboratory technique for the evaluation of pathogenicity of *Septoria cirsi* for *Cirsium arvense* / A.O. Berestetskiy, A.F. Fyodorova, S. Kustova // XV Congress of European mycologists. SpB, Russia, September 16–21, 2007. Abstracts. – SPb.: TREEART LLC, 2007. P. 242.
- Cordeau, S. Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management / S. Cordeau, M. Triolet, S. Wayman, C. Steinberg, J.P. Guillemain // Crop protection. 2016. Vol. 87. P. 44–49.
- De Lima Nechet K. *Sphaceloma poinsettiae* as a potential biological control agent for wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) / K. De Lima Nechet,

- R.W. Barreto, E.S.G. Mizubuti // *Biological Control*. 2004. Vol. 30. P. 556–565.
- Greaves M.P. Mycoherbicides: Opportunities for genetic manipulation / M.P. Greaves, J.A. Bailey, J.A. Hargreaves // *Pesticide science*. 1989. Vol. 26, N1. P. 93–101.
- Qiang S. Mycelium of *Alternaria alternata* as a potential biological control agent for *Eupatorium adenophorum* / S. Qiang, Y. Zhu, B. A. Summerell, Y. Li // *Biocontrol Science and Technology*. Vol. 16, N 7. 2006. P. 653–668.
- Scheepens PC, Hoogerbrugge A. 1989. Control of *Prunus serotina* in forests with the endemic fungus *Chondrostereum purpureum*. In: Delfosse ES, editor. Proceedings of VII International Symposium on Biological Control of Weeds. 1988. Rome, Italy. Istituto Sperimentale la Patologia Vegetale, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Rome, pp. 545–551.
- Stewart-Wade S.M. Selected cultural and environmental parameters influence disease severity of dandelion caused by the potential bioherbicide fungi, *Phoma herbarum* and *Phoma exigua* / S.M. Stewart-Wade, G.J. Boland. *Biocontrol Science and Technology* 2004. Vol. 14. P. 561–569.
- Stowell LJ, Nette K, Heath B, Shutter R. 1989. Fermentation alternatives for commercial production of a mycoherbicide. In: Demain AL, Somkuti GA, Hunter-Cevera JC, Rossmore HW, editors. Novel microbial products for medicine and agriculture. Society for Industrial Microbiology. pp. 219–227.
- TeBeest, D.O. Mycoherbicides: Progress in the biological control of weeds / D.O. TeBeest, G.E. Templeton. *Plant disease*. 1985. Vol. 69, N 1. P. 6–10.

Translation of Russian References

- Berestetskiy A.O., Sokornova S.V. Production and stabilization of mycopesticides. *Mikologiya i Fitopatologiya*. 2009. V. 43. N 6. P. 473–489. (In Russian).
- Berestetskiy A.O., Kashina S.A., Sokornova S.V. Strain of fungus *Stagonospora cirsii* Davis 1.42 having herbicidal activity against *Canada thistle*. RU Patent N 2515899. (In Russian).
- Berestetskiy A.O. Prospects for the development of biological and biorational bioherbicides. *Vestnik zashchity rastenii*. N 1. 2017. P. 5–12. (In Russian).
- Bilay V.I. Methods of experimental mycology. *Spravochnik*. Kiev. Naukova Dumka. 1982. 550 p. (In Russian).
- Dospikhov B.A. Method of field experiment with bases of statistical processing of results of researches. B.A. Dospikhov // Moskva.: Kolos, 1979. 416 s. (In Russian).
- Gasich, EL, Berestetskiy, A.O. The effect of long-term storage on the stability of strains of micromycetes, promising for biological control of *Cirsium arvense*. *Mikologiya i Fitopatologiya*. 2007. V. 41. N 4. P. 342–347. (In Russian).
- Sokornova S.V., Hutty A.V., Berestetskiy A.O. The process of infection of the tubercle field with conidia and mycelium of the phytopathogenic fungus *Stagonospora cirsii*. *Vestnik zashchity rastenij*. 2011, N 3. S. 57–60. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 51–53

THE INFLUENCE OF *STAGONOSPORA CIRSI* C163 MYCELIUM AGE ON THE FUNGUS MYCOHERBICIDAL PROPERTY AT DRYING

N.A. Pavlova, S.V. Sokornova, A.O. Berestetskiy

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

The pathogen *Stagonospora cirsii* C-163 can cause the leaf spot disease of the perennial weed *Cirsium arvense*. It is shown that the maximum aggressiveness of infectious material is achieved in the exponential phase of cultivation on the cultural medium containing 30 g/l sucrose, 14 g/l soybean meal and mineral salts (1 g/l KH_2PO_4 , 0.5 g/l $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$). At the same time, the viability of the thus obtained vegetative mycelium catastrophically decreases at drying. The aim of the present study was to evaluate the effects of mycelium physiological age of *S. cirsii* strain 163 on its resistance to drying. It was shown that the mycelium is more resistant to dehydration in the stationary phase than in the exponential one. Moreover, the maximum yield of the *S. cirsii* C163 mycelium was produced, when it entered the stationary phase. It is supposed that the early stationary phase of *S. cirsii* C163 cultures can be used as a basis for a long-life bioherbicide against *Cirsium arvense*.

Keywords: *Stagonospora cirsii* C-163, mycelium, dehumidification, physiological state, early stationary phase.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

Павлова Наталья Александровна. Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: nat5356@yandex.ru

*Сокорнова Софья Валерьевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: svokornova@vizr.spb.ru

*Берестецкий Александр Олегович. Заведующий лабораторией, кандидат биологических наук, e-mail: aberestetskiy@vizr.spb.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

Pavlova Natalya Aleksandrovna. Researcher, PhD in Biology, e-mail: nat5356@yandex.ru

*Sokornova Sonie V. Senior researcher, PhD in Biology, e-mail: svokornova@vizr.spb.ru

Berestetskiy Alexandr Olegovich. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: aberestetskiy@vizr.spb.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК.632.951:633.1:632.76

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕОНИКОТИНОИДНЫХ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ПРОТИВ ЛИЧИНОК ЖУКОВ-ЩЕЛКУНОВ В ПОСЕВАХ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР

О.М. Зеленская, В.Н. Орлов

Краснодарский научно-исследовательский институт им. П.П. Лукьяненко, Краснодар

Проволочники (личинки жуков сем. Elateridae) являются серьёзными вредителями сельскохозяйственных культур. Их широкое распространение, скрытый образ жизни, как жуков, так и личинок ежегодно сказываются на урожайности зерновых культур. Эффективность мероприятий по защите всходов от повреждения проволочниками, в первую очередь, зависит от целенаправленных организационно-хозяйственных мероприятий, а также своевременного применения агротехнических, химических и биологических приёмов. Изучалась эффективность инсектицидных протравителей из класса неоникотиноидов и пиретроидов против личинок жуков-щелкунов. В результате изучения препаратов на основе клотианидина, тиаметоксама и имидаклоприда установлена их биологическая эффективность по снижению численности и поврежденности растений проволочниками. В некоторых схемах использовали пиретроидные протравители на основе бифентрина и тefлутрина.

Ключевые слова: *Agriotes*, проволочники, пшеница, ячмень, тиаметоксам, имидаклоприд, клотианидин, бифентрин.

Западное Предкавказье – один из ведущих аграрных регионов, где выращивается широкий спектр сельскохозяйственных культур. Значительная часть урожая колосовых культур теряется из-за ежегодного влияния вредителей, болезней и сорняков.

В период интенсивного возделывания зерновых культур роль химических мероприятий не теряет своей актуальности, а разработка экологически рациональных технологий защиты растений от вредителей и возбудителей болезней и снижения пестицидной нагрузки в аграрном секторе региона по-прежнему остается приоритетным направлением исследований. Это определяет необходимость совершенствования системы защиты зерновых колосовых культур, в том числе и от почвообитающих вредителей.

К областям с повышенной активностью почвообитающих вредных объектов относятся южные регионы РФ [Захаренко, 2000; Долженко, 2005; Орлов, 2006]. Важное хозяйственное значение жуков-щелкунов предполагает изучение их вредоносности, распространения и мероприятий, позволяющих контролировать их жизнедеятельность в условиях агроценозов. Обычно в одной стадии обитают личинки нескольких видов, где один или два вида являются доминирующими [Долин, 1978; Зеленская, 2012]. Значительное влияние на численность проволочника оказывают предшествующие культуры [Willis, 2010; Esser, 2015]. Повреждение высеванных семян колосовых культур часто проходит незаметно, т.к. равномерные выпадения всхо-

дов и молодых растений зависят от большого числа факторов и диагностируются обычно только при высокой численности и распространении вредителей очагами. В свою очередь, адаптация химических мер борьбы к современным условиям возделывания зерновых колосовых культур привела к преимущественному переходу на ресурсосберегающие и биологизированные системы защиты [Горбачев 2003; Долженко, 2010, 2014]. Наиболее востребованным приемом во всех системах остаётся протравливание семян. Совершенствование элементов технологии защиты семян является одним из факторов эффективного контроля численности проволочников [Долженко, 2014; Raveton, 2007]. Из широкого спектра препаратов для обработки семян в последние годы наиболее востребованы неоникотиноиды и инсектицидные композиции на их основе [Huiting, 2009; Ulrich, 2012]. Есть сведения, что неоникотиноиды могут быть токсичны для пчёл, поэтому протравливание семян значительно снижает экологические риски [Stanley, 2016; Domenica, 2017; Silvina, 2017]. Среди неоникотиноидов, в производстве приобрели популярность препараты на основе тиаметоксама и имидаклоприда [Maienfisch, 2001; Huiting, 2009; Ulrich, 2012]. Неоникотиноиды нового поколения в настоящий момент наиболее активно способствуют расширению ассортимента инсектицидных протравителей. В этой работе показана эффективность инсектицидов против проволочников на зерновых колосовых культурах.

Материалы и методы исследований

Опыты проводились в 2014–2016 гг. на выщелоченных чернозёмах в центральной зоне Краснодарского края. Объектами исследований являлись личинки почвообитающих видов жуков-щелкунов (род *Agriotes*, сем. *Elateridae*). Делянки в опыте были площадью 50–100 м² повторность в 4-кратная. Использовали следующие сорта: Гром – озимая пшеница, Кондрат – озимый ячмень, Ласточка – яровая пшеница. Для протравливания семян использовали сертифицированные коммерческие препараты.

Учеты численности вредителя проводили в соответствии с утверждёнными методиками [Методические указания..., 2009].

Результаты исследований

Скрытность обитания личинок жуков-щелкунов, разнообразие вредящих видов и условий возделывания колосовых культур предполагает применение в хозяйствах сегодня как профилактических, так и активных мероприятий по защите сельскохозяйственных культур. Предпо-

биологическую эффективность препарата определяли по снижению численности вредителя и поврежденности растений относительно аналогичных показателей в контроле. Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову [1985].

На опытных делянках озимых и яровых колосовых выявлен видовой состав личинок жуков-щелкунов: крымский (*Agriotes tauricus* Heyd.) – 82%; посевной щелкун (*Agriotes sputator* L.) – 10%, на остальные виды (*Melanotus fusciceps* Gyll., и виды рода *Agriotes*) приходилось 8%.

севная обработка инсектицидными протравителями семян яровых и озимых колосовых культур может значительно снижать поврежденность растений в фазу всходов и одновременно обеспечивает меньшее применение пестицидов в агробиоценозе.

В ходе проведенных почвенных раскопок на опытных участках установлено преобладание личинок 2-го и 3-го годов жизни. Необходимо отметить, что личинки (8–12 возрастов), за счёт большей массы тела, менее подвержены действию инсектицидных композиций, нанесённых на семена. Некоторые виды щелкунов контактируют с протравителем минимально – они, прогрызая отверстие в семени, выгрызают только эндосперм, при этом, почти не потребляя обработанную оболочку.

Средняя численность личинок на озимой пшенице составляла 8.5 экз./м², на озимом ячмене – 9.8 экземпляров, а на яровой пшенице – 9.7 экземпляров. В целом за весь период исследований посевы колосовых культур, обработанные инсектицидными протравителями, повреждались в 3.2–6.8 раз меньше, чем посевы в контрольных вариантах.

Протравливание семян инсектицидным препаратом с содержанием бифентрина в нормах расхода д.в. 0.125 и 0.2 л/т семян снизило численность личинок в фазу всходов на 77 и 88%, а повреждённость растений на 69 и 83%. При предпосевной обработке семян тиаметоксамом в нормах расхода д.в. 0.18, 0.22 и 0.25 л/т семян биологическая эффективность против вредителей составила 75, 78 и 81%, а эффективность, оценённая по повреждённости растений, 72; 77 и 84% (табл. 1).

Повышение норм расхода как бифентрина, так и тиаметоксама привело к тенденции роста биологической эффективности. Так, при повышении нормы расхода бифентрина в 1.6, а тиаметоксама в 1.4 раза показатели эффективности возросли на 15–20%.

Смесь имидаклоприда с клотианидином применялась для решения задачи преодоления резистентности при длительном применении препаратов на основе одного д.в. Клотанидин дополнительно способствует более высокой биологической эффективности в начальный период применения за счёт более высокой токсичности для целевых

объектов. Учитывая, что стоимость клотианидина сейчас выше, чем других неоникотиноидов, его обычно добавляют в меньшем количестве. В таблице 2 представлена эффективность смеси имидаклоприда с клотианидином в соотношении 4:1. При увеличении нормы расхода в 1.3 раза эффективность смеси увеличилась в 1.2 раза.

Учитывая, что клотианидин достаточно близок к тиаметоксаму (является одним из продуктов распада препарата), его включение в антирезистентные схемы требует мониторинга эффективности. В перспективе это можно решить увеличением норм расхода препарата или его заменой инсектицидом с действующим веществом иного механизма действия.

Имидаклоприд в качестве протравителя эффективен против почвообитающих вредителей на колосовых культурах.

В условиях данного опыта на яровой пшенице биологическая эффективность протравителя с содержанием имидаклоприда против личинок жуков-щелкунов возрастала незначительно при увеличении нормы расхода в 3 раза (с 0.25 до 0.75) и находилась в пределах 82 и 81% по показателям снижения численности личинок и повреждённых растений относительно контроля (таблица 3).

Тиаметоксам широко используется в схемах защиты большинства сельскохозяйственных культур от почвообитающих вредителей. Регламенты применения на колосовых культурах достаточно хорошо отработаны для защиты от личинок двукрылых и хлебной жужелицы. Сведений о его эффективности против проволочников на колосовых культурах недостаточно. Поэтому нами были испытаны рекомендуемые против спектра почвообитающих вредителей нормы расхода тиаметоксама. Препарат в испытываемых нормах расхода показал биологическую эффективность 69–80% и 59–80% по показателям снижения численности личинок и поврежденности растений относительно контроля (таблица 4). Такая эффективность позволяет сдер-

Таблица 1. Биологическая эффективность инсектицидов на озимой пшенице против проволочников рода *Agriotes* в Краснодарском крае 2014–2016 гг.

Вариант опыта	Норма расхода д.в., (л/т)	Среднее число личинок на м ² через 14 суток после появления всходов	Среднее число поврежденных растений на погонный метр через 14 суток после появления всходов	Снижение относительно контроля, %	
				численности личинок	поврежденности растений
Бифентрин	0.125	1.88	0.84	76.7	68.9
Бифентрин	0.2	0.94	0.45	88.4	83.3
Тиаметоксам	0.18	2.0	0.8	75.0	71.6
Тиаметоксам	0.22	1.8	0.6	78.1	77.1
Тиаметоксам	0.25	1.5	0.5	81.3	83.5
Имидаклоприд	0.25	1.5	0.4	81.3	85.3
Контроль		8.0	2.7	-	-
НСР ₀₅		1.39	0.49		

Таблица 2. Производственные испытания биологической эффективности смеси инсектицидов имидаклоприда (400 г/л) с клотианидином (100 г/л) на озимой пшенице в борьбе с проволочниками рода *Agriotes* в Краснодарском крае (2015 г.)

Вариант опыта	Норма расхода д.в., (л/т)	Среднее число личинок на м ²	Среднее число поврежденных растений на погонный метр	Снижение относительно контроля, %	
				численности личинок	поврежденности растений
Имидаклоприд + клотианидин	0.3 +0.075	3.25	1.83	63.9	48.2
Имидаклоприд + клотианидин	0.4+0.1	2.0	1.15	77.8	67.4
Тиаметоксам	0.35	3.0	2.35	66.7	33.3
Контроль	-	9.0	3.53	-	-
НСР		1.14	0.39		

живать численность и вредоносность проволочников при низкой и средней численности на озимом ячмене.

Таким образом, препараты на основе неоникотиноидов эффективны против почвообитающих вредителей и перспективны в схемах защиты сельскохозяйственных культур. Эффективность имидаклоприда, тиаметоксама,

клатианидина и бифентрина достаточна для контроля численности проволочников в изученных нормах расхода на колосовых культурах (70–80%). Представленные регламенты применения смеси имидаклоприда с клатианидином позволяют снижать численность проволочников до 79%.

Таблица 3. Биологическая эффективность инсектицида на основе имидаклоприда на яровой пшенице в борьбе с проволочниками рода *Agriotes* в Краснодарском крае (2015 г.)

Вариант опыта	Норма расхода д.в., (л/т)	Среднее число личинок на м ² через 14 суток после появления всходов	Среднее число поврежденных растений на погонный метр через 14 суток после появления всходов	Снижение относительно контроля, %	
				численности личинок	поврежденности растений
Имидаклоприд	0.25	2.00	1.48	79.5	77.4
Имидаклоприд	0.5	2.25	1.75	76.9	73.3
Имидаклоприд	0.75	1.75	1.25	82.1	80.9
Контроль	–	9.75	6.55	–	–
НСР ₀₅	0.25	1.69	2.04		

Таблица 4. Биологическая эффективность инсектицидов на озимом ячмене в борьбе с проволочниками рода *Agriotes* в Краснодарском крае (2016 г.)

Вариант опыта	Норма расхода д.в., (л/т)	Среднее число личинок на м ² через 14 суток после появления всходов	Среднее число поврежденных растений на погонный метр через 14 суток после появления всходов	Снижение относительно контроля, %	
				численности личинок	поврежденности растений
Тиаметоксам	0.18	3.0	0.6	69.2	59.3
Тиаметоксам	0.22	2.5	0.3	74.4	75.9
Тиаметоксам	0.25	2.0	0.3	79.5	79.6
Имидаклоприд (эталон)	0.25	2.3	0.3	76.9	77.8
Контроль	–	9.8	1.4	–	–
НСР ₀₅		2.12	0.36		

Библиографический список

- Горбачев И.В. Защита растений от вредителей / И.В. Горбачев, В.В. Гриценко, Ю.А. Захваткин и др.; [Под ред. проф. Исаичева В.В.]. М.: Колос, 2003. 472 с.
- Долженко В.И. Защита растений: проблемы и перспективы их решения в зерновом производстве / В.И. Долженко, А.И. Силаев // Агро XXI. 2010. N 7–9. С. 3.
- Долженко В.И. Протравливание семян зерновых культур / В.И. Долженко, Г.И. Сухорученко, Л.Д. Гришечкина, Л.А. Буркова, С.Д. Здражевская, С.Б. Бельх, А.С. Комарова // Защита и карантин растений. 2014. N 2. С. 54–92.
- Долженко В.И. Химический метод защиты растений: состояние и перспективы повышения экологической безопасности / В.И. Долженко, К.В. Новожилов // Защита и карантин растений. 2005. N 3. С. 80–84.
- Долин В.Г. Определитель личинок жуков-щелкунов фауны СССР. Киев, Урожай, 1978. 124 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, М.: 1985. 351 с.
- Захаренко В.А. Защита растений в третьем тысячелетии / В.А. Захаренко // Агрохимия. 2000. N 4. С. 75–93.
- Зеленская О.М. Экологический контроль размножения щелкунов (Coleoptera, Elateridae) / О.М. Зеленская // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH and Co. KG. 2012. 145 с. 4.
- Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Долженко. СПб., 2009. 321 с.
- Орлов В.Н. Вредители зерновых колосовых культур / В.Н. Орлов. М.: Печатный двор, 2006. 102 с.
- Domenica A. Neonicotinoids and bees: The case of the European regulatory risk assessment / Domenica A., Maria A., Stefania B., Alessio I., Alberto L., Tunde M., Rachel S., Csaba S., Benedicte V., Alessia V. // Sci Total Environ. 2017. Feb 1; 579: 966–971. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.158. Epub 2016 Nov 23.
- Esser A.D. Effects of Neonicotinoids and Crop Rotation for Managing Wireworms in Wheat Crops / Esser A.D., Milosavljević I., Crowder D.W. // J. Econ. Entomol. 2015 Aug;108(4):1786–94. doi: 10.1093/ee/tov160. Epub 2015 Jun 22.
- Huiling H.F. Neonicotinoids as seed potato treatments to control wireworms / Huiling H.F., Ester A. // Commun. Agric. Appl. Bio. I Sci.- 2009.-74 (1): P. 207–216.
- Maienfisch P. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid / Maienfisch P., Angst M., Brandl F., Fischer W., Hofer D., Kayser H., Kobel W., Rindlisbacher A., Senn R., Steinemann A., Widmer H. // Pest Manag Sci. 2001. Oct; 57(10): P. 906–913.
- Raveton M. Soil distribution of fipronil and its metabolites originating from a seed-coated formulation / Raveton M., Aajoud A., Willison J., Cherifi M., Tissut M, Ravanel P. // Chemosphere. 2007. Oct; 69(7):1124–1129. Epub 2007 May 16.
- Silvina N. Neonicotinoids transference from the field to the hive by honey bees: Towards a pesticide residues biomonitor / Silvina N., Florencia J., Nicolás P., Cecilia P., Lucia P., Abbate S., Leonidas C.L., Sebastián D., Yamandú M., Verónica C., Horacio H. // Sci. Total. Environ. 2017 Mar 1; 581–582:25–31. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.011. Epub 2017 Jan 7.
- Stanley D.A. Investigating the impacts of field-realistic exposure to a neonicotinoid pesticide on bumblebee foraging, homing ability and colony growth / Stanley D.A., Russell A.L., Morrison S.J., Rogers C., Raine N.E. // J Appl Ecol. 2016. Oct; 53 (5). P.1440–1449. Epub 2016 May 30.
- Ulrich E.M. Chiral pesticides: identification, description, and environmental implications / Ulrich E.M., Morrison C.N., Goldsmith M.R., Foreman W.T. // Rev. Environ. Contam. Toxicol. 2012. 217. P. 1–74.
- Willis R.B. Influence of preceding crop on wireworm (Coleoptera: Elateridae) abundance in the coastal plain of North Carolina / Willis R.B., Abney M.R., Holmes G.J., Schultheis J.R., Kennedy G.G. // J. Econ. Entomol. 2010. Dec; 103 (6):2087–2093.

Translation of Russian References

- Dolzhenko V.I., Silaev A.I. Plant protection: problems and prospects for their solution in grain production. Agro XXI. 2010. N 7–9. P. 3. (In Russian).
- Dolzhenko V.I., Suhoruchenko G.I., Grishechkin L.D., Burkova L.A., Zdravzhskaya S.D., Belykh S.B., Komarova A.S. Etching of seeds of grain crops // Zashchita i karantin rastenii. 2014. N 2. P. 54–92. (In Russian).

- Dolzhenko V.I., Novozhilov K.V. Chemical method of plant protection: state and prospects for improving environmental safety // *Zaschita i karantin rastenii*. 2005. N 3. P. 80–84. (In Russian).
- Dolin V.G. The keys of the larvae of the beetles of the fauna of the USSR. Kiev. Harvest. 1978. 124 p. (In Russian).
- Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Moscow. 1985. 351 p. (In Russian).
- Gorbachev I.V., Grytsenko V.V., Zakhvatkin Yu.A. et al. Protection of plants against pests. Ed. Prof. Isacheva V.V. Moscow, Kolos. 2003. 472 p. (In Russian).
- Methodical instructions on registration tests of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture. Ed. Prof. Dolzhenko V.I. S-Pb. 2009 321p. (In Russian).
- Orlov V.N. Pests of grain cereal crops. Moscow. Pechatniy dvor. 2006. 102 p. (In Russian).
- Zakharenko V.A. Protection of plants in the third millennium. *Agrokimiya*. 2000. N 4. P. 75–93. (In Russian).
- Zelenskaya O.M. Ecological control of the reproduction of click beetles (Coleoptera, Elateridae). LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH and Co. KG. 2012. 145 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 54–57

FIELD EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF NEONICOTINOID GRAIN SEED TREATMENTS AGAINST ELATERID LARVAE

O.M. Zelenskaya, V.N. Orlov

Lukyanenko Research Institute of Agriculture, Krasnodar, Russia

Wireworms (fam. Elateridae) are important pests of many crops. Both adults and larvae of wireworms are widespread, reducing the yield of grain crops. Efficient protection of plantlets depends on the optimized economic measures, application of chemicals and biopesticides. The biological efficacy of neonicotinoid and pyrethroid insecticides was tested against larvae of wireworms. The effectiveness of clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid was revealed on the basis of reduction of larva numbers and damaged plants found. Some trials included also insecticides based on bifenthrin and teflutrin.

Keywords: *Agriotes*, wireworm; click beetle; wheat; barley; seed treatment; acetamiprid; imidacloprid; thiamethoxam; clothianidin.

Сведения об авторах

Краснодарский НИИ им. П.П. Лукьяненко, Центральная Усадьба КНИИСХ, Краснодар, 350012, Российская Федерация

*Зеленская Ольга Михайловна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: olya_zelenskaya@mail.ru
Орлов Валерий Николаевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: elater@mail.ru

Information about the authors

Lukyanenko Research Institute of Agriculture, Central Estate of KNIISH, Krasnodar, 350012, Russian Federation

*Zelenskaya Olga Mihaylovna. Leading Researcher, PhD in Biology e-mail: olya_zelenskaya@mail.ru
Orlov Valeriy Nikolaevich. Leading Researcher, PhD in Biology e-mail: elater@mail.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 632.937.3

СЕТЧАТОКРЫЛЫЕ НАСЕКОМЫЕ-ЭНТОМОФАГИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ ОТ ТЛЕЙ-ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ

Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова, Е.Г. Козлова, Л.П. Красавина

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Проведен отбор энтомофагов в пределах двух семейств сетчатокрылых – Chrysopidae и Nemerobiidae. Для превентивной колонизации в теплицах на семенном картофеле потенциально пригодны микрокус угольчатый *Micromus angulatus*, златоглазка красивая – *Chrysopa formosa* и жемчужная – *Chrysopa perla*. Применение златоглазок лимитировано из-за существенных потерь биоматериала при массовом разведении, причиной которого является каннибализм самок в отношении яиц. Проведена оценка выживаемости личинок и веса имаго микрокуса при питании 5 видами тлей, в том числе опасными переносчиками вирусов – *Myzus persicae* и *Aphis fabae*. В теплицы рекомендовано выпускать микрокуса на стадии имаго и использовать углеводно-белковые подкормки для поддержания жизнеспособности энтомофага в ходе долгосрочной колонизации в теплице. Самки микрокуса более чувствительны к снижению качества корма. При выкармливании личинок на неблагоприятных кормах их вес ниже, чем у самцов, на оптимальных кормах – выше в 1.2–1.7 раза. Показано, что особенности проявления размерного полового диморфизма при питании на неоптимальных кормах могут быть использованы для скрининга перспективных видов энтомофагов среди сетчатокрылых насекомых.

Ключевые слова: семенной картофель, Chrysopidae, Nemerobiidae, аллометрия, размерный половой диморфизм, превентивная колонизация.

Система защиты безвирусного картофеля в теплицах базируется исключительно на профилактической колонизации энтомофагов в течение всего технологического цик-

ла выращивания данной культуры (2.5–3 месяца). Этим защита безвирусных растений принципиально отличается от большинства уже существующих технологий применения

энтомофагов в теплицах. Обычно целью биологического контроля вредителей является создание и долгосрочное поддержание в агроценозе биоценотического равновесия, при котором численность фитофагов и их естественных врагов, находится в соотношении, обеспечивающем саморегуляцию на уровне не выше экономического порога вредоносности [Павлюшин и др., 2001]. Поскольку наличие тлей и других переносчиков вирусов на семенном картофеле недопустимо, следовательно, при построении системы биозащиты этой культуры необходимо заменить в классическом триотрофе центральный элемент (фитофага) суррогатным кормом.

Исходя из особенностей возделывания безвирусного картофеля, нами определены следующие ключевые критерии отбора энтомофагов для долгосрочного превентивного биологического контроля вредителей в теплицах [Белякова, Поликарпова, 2017]. Предпочтительны энтомофаги, отличающиеся широкой пищевой специализацией. Поскольку основными переносчиками вирусов картофеля являются тли, список жертв должен включать максимальное число видов данного фитофага, отмечаемых на посадках картофеля. Помимо борьбы с тлями необходим контроль белокрылок, трипсов, совок, минеров и других вредителей, часто выявляемых в теплицах и поэтому потенциально вредоносных для посадок безвирусного картофеля. В связи с чем, для получения стабильного защитного эффекта, применение хищников-полифагов может усиливаться выпусками энтомофагов с узкой специализацией.

Энтомофаги должны быть максимально устойчивы к пищевому стрессу (голодание или питание суррогатным кормом). Предпочтительны виды, которые могут длительно сохранять жизнеспособность и репродуктивную функцию в отсутствии целевых жертв. При выявлении единичных особей тли энтомофаг должен уничтожать вредителя сразу, не давая ему возможности оставить потомство или продолжить распространение по теплице. Это условие проще выполнить, если имаго и личинки энтомофага являются хищниками. Биологические агенты должны обладать

высокой расселительной способностью на стадии имаго и хорошо удерживаться на растении на стадии личинки.

Очевидно, что энтомофаги не должны оказывать негативного влияния на меристемные растения картофеля, особенно на первых этапах вегетации после их высадки из пробирок в гидропонную установку или горшки.

Перечисленным выше критериям в целом хорошо соответствуют насекомые из отряда сетчатокрылых – златоглазки и гемеробииды, которых используют в биологическом контроле вредителей на овощных культурах защищенного грунта.

Для энтомофагов этой систематической группы разработаны технологии массового разведения и применения в теплицах, в том числе с широким использованием углеводно-белковых подкормок и адаптогенов [Макаренко и др., 1991]. Наличие уже разработанной рецептуры суррогатных кормов, отсутствие факультативной фитофагии, высокая прожорливость, значительная продолжительность жизни имаго и высокий репродуктивный потенциал – все это создает предпосылки для успешного использования сетчатокрылых насекомых в защите семенного картофеля.

Целью нашего исследования является отбор наиболее перспективных видов в пределах двух семейств сетчатокрылых – Chrysopidae и Hemerobiidae для превентивной колонизации в теплицах на картофеле.

Первичный отбор златоглазок и гемеробиид, потенциально пригодных для защиты безвирусного картофеля, проводили на основе анализа их видового состава в агроценозах картофеля. Среди обитающих на картофеле сетчатокрылых выделяли виды, для которых уже разработаны высокопроизводительные технологии массового разведения. Затем оценивали степень пригодности отобранных энтомофагов для долгосрочной превентивной колонизации и определяли оптимальную фазу выпуска энтомофагов. Последним этапом скрининга была лабораторная оценка устойчивости видов к пищевому стрессу в фазе личинок при питании различными видами тлей-переносчиков вирусов картофеля, а также заменителем природного корма – яйцами зерновой моли *Sitotroga cerealella* Oliv.

Материалы и методы

Лабораторные эксперименты проводили на двух видах: микромус угольчатый – *Micromus angulatus* Steph. (Приморский край, 2005 г.) и златоглазка – *Chrysopa perplexa* McLach (Корейский п-ов, 2007).

Оценивали стрессоустойчивость вида по выживаемости преимагинальных стадий, коэффициенту размерного полового диморфизма и аллометрии (непропорциональное изменение размеров тела у самцов и самок) при питании личинок разными видами тлей: персиковая (*Myzus persicae* Sulzer), бобовая (*Aphis fabae* Scopoli), виковая (*Megoura viciae* Buckt.), обыкновенная злаковая (*Schizaphis graminum* Rondani), большая злаковая (*Sitobion avenae* F.) и яйцами *S. cerealella*.

Коэффициент размерного полового диморфизма (Sexual Size Dimorphism – SSD) оценивали по соотношению веса самок и самцов. Использовали весы Vibra HT-80CE с точностью ± 0.0001 г. Имаго взвешивали в течение суток после выхода из куколки. До

взвешивания насекомым не давали воды и пищи. При соблюдении вышеперечисленных условий вес имаго строго коррелирует с линейными размерами. Использование веса для оценки SSD позволяет сравнивать разные виды, отличающиеся формой тела.

Для статистического анализа изменений веса имаго использовалась модель регрессии II типа, которая была выбрана потому, что требовалось оценить параметры уравнения регрессии ($y = x \times b + b_0$), описывающего функциональные отношения между двумя неуправляемыми переменными X (вес самок) и Y (вес самцов), каждая из которых варьирует независимо друг от друга. Регрессионный анализ проводили редуцированным методом главных осей (Reduced Major Axis – RMA) в программе Statistica 10. RMA ранее был использован для анализа SSD у насекомых, в том числе у коровок [Teder, Tammaru, 2005]. Ошибку тестированных показателей рассчитывали с помощью пакета статистических программ Statistica v.10.

Результаты и обсуждение

Проведен анализ частоты встречаемости златоглазок и гемеробиид в агроценозах картофеля (табл. 1). Выявлено, что повсеместно встречается златоглазка обыкновенная – *Chrysoperla carnea* Steph. Но не всегда этот вид самый

многочисленный. Так, в некоторые годы в Бельгии преобладающей была *Chrysoperla kolthoffi* Navas, а во Франции – *Ch. kolthoffi* и *Chrysopa phyllochroma* Wesmael [Jansen, Warnier, 2004; Trouve et al., 2002].

Таблица 1. Виды златоглазок и гемеробиид, выявленные в агроценозах картофеля

Виды	Австралия	Новая Зеландия	Перу	США	Англия	Бельгия	Франция	Италия	Румыния	Молдова	Турция	Казахстан	Иран	Пакистан	Индия	Краснодарский край РФ	Северо-запад РФ
Chrysopidae																	
<i>Chrysopa flava</i> Scopoli										×							
<i>Chrysopa formosa</i> Brauer								×		×		×					
<i>Chrysopa oculata</i> Say				×													
<i>Chrysopa orestes</i> Banks															×		
<i>Chrysopa pallens</i> Rambur					×												
<i>Chrysopa perla</i> L.						×				×		×					
<i>Chrysopa phyllochroma</i> Wesmael							×										
<i>Chrysopa scelestes</i> Banks															×		
<i>Chrysoperla carnea</i> Stephens				×	×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×
<i>Chrysoperla kolthoffi</i> Navas						×	×										
<i>Cunctochrysa albolineata</i> Killington					×												
<i>Pseudomallada flavifrons</i> Brauer					×												
Hemerobiidae																	
<i>Hemerobius bolivari</i> Banks			×														
<i>Hemerobius montanus</i> Kimmins															×		
<i>Hemerobius tolimensis</i> Banks			×														
<i>Micromus angulatus</i> Stephens					×												
<i>Micromus nilghiricus</i> Navas															×		
<i>Micromus tasmaniae</i> Walker	×	×															
<i>Micromus variegatus</i> F.					×		×										
<i>Wesmaelius subnebulosus</i> Stephens					×												
Ссылка на литературный источник	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Ссылки: 1 – Horne et al., 2001; 2 – Davidson et al., 2006; 3 - Kroschel, Canedo, 2009; 4 - Obrycki, Tauber, 1984; 5 - Banks, 1952; 6 – Jansen, Warnier, 2004; Vandereycken et al., 2013; 7 – Trouve et al., 2002; 8 - Pantaleoni, 2001; 9 - Paulian, 2001; 10 - Елисаветская, Ка-лестру, 2015; 11 – Satar et al., 2017; 12 – Оспанова и др., 2014; 13 - Jafari, 2015; 14 – Saljoqi et al., 2016; 15 – Saxen, Singh, 1982; Thakur, Chandra, 2013; 16 – Агасьева и др., 2016; 17 – Калинина, 2007.

Обыкновенная златоглазка, несмотря на то, что она чаще других представителей своего семейства встречается на картофеле, отвечает не всем нашим требованиям, предъявляемым к энтомофагам для превентивной колонизации. Имаго данного вида питается нектаром и пыльцой [Макаренко и др., 1991]. Следовательно биоцидный эффект ее колонизации на стадии имаго будет отложенным: поедать тлю смогут только личинки – потомки выпущенных имаго, при условии, что самка отложит яйца, встретив единичных особей тлей.

Среди выявленных на картофеле видов можно отметить златоглазок: красивую – *Ch. formosa* и жемчужную – *Ch. perla*, которые регулярно залетают в овощные теплицы, особенно в Приморском крае. Они являются хищниками, как на личиночной, так и на имагинальной стадиях развития [Яркулов, Белякова, 2007]. Методики лабораторного разведения указанных видов златоглазок разработаны [Макаренко и др., 1991]. Однако массовое производство этих хищников сопряжено с целым рядом проблем, основной из которых является их каннибализм. Самки активно поедают отложенные яйца. Без решения проблемы каннибализма разведение златоглазок, хищничающих на имагинальной стадии, пока проблематично. В настоящее время налажено массовое производство только обыкновенной и китайской (*Chrysopa sinica* Tjeder) златоглазок,

которые не являются хищниками на стадии имаго.

Среди гемеробиид из приведенного в таблице 1 списка могут быть выделены три вида относящиеся к роду *Micromus*: *M. angulatus*, *M. tasmaniae*, *M. variegates*. Эти энтомофаги используются для борьбы с тлями в теплицах. Выпускают как имаго, так и личинок хищников [Бровко, 2006; Козлова, 2009; Pilkington, 2011; Rocca, Messelink, 2017]. В литературе также есть сведения об успешном применении на полях картофеля *M. tasmaniae* в фазе яйца [Hussein, 1982]. Однако такой способ внесения не пригоден для долгосрочной колонизации при отсутствии целевых жертв. Личинки младших возрастов быстро погибают без корма.

На основе проведенного анализа литературных данных, нами отобран вид *M. angulatus*. Для этого энтомофага разработана технология массового разведения на виковой и большой злаковой тле, что в значительной степени облегчает дальнейшее его тестирование в условиях производственных теплиц на картофеле. У микромуса каннибализм развит слабо, что позволяет разводить его групповым методом.

Важным аспектом технологии массового разведения *M. angulatus* является использование адаптогенов (экстракты аралии маньчжурской и элеутерококка), которые добавляют в жидкую питательную среду (0.1 г адаптоге-

нов на 100 мл сахарозы и автолизата пивных дрожжей) для подкормки имаго, что увеличивает продолжительность их жизни до 2 месяцев и соответственно плодовитость в 2 раза. Ранее этот прием с успехом использовали при разведении китайской златоглазки [Красавина, Козлова, 2011]. Если имаго получали только раствор сахарозы и автолизат пивных дрожжей, то они жили более 3 месяцев, но яиц не откладывали или редко откладывали небольшое количество стерильных. При добавлении к этой диете тлей самки начинали откладывать яйца на 2–3 день. Углеводно-белковые подкормки можно использовать не только при разведении микромуса, но и для поддержания жизнедеятельности имаго в теплице, в том числе и на картофеле.

На следующем этапе исследований мы тестировали устойчивость личинок микромуса к пищевому стрессу при питании различными видами тлей, включая виды-переносчики вирусов картофеля. В списке наиболее опасных векторов значатся персиковая и бобовая тли, менее опасными считаются обыкновенная злаковая и большая злаковая тли [Wagren et al., 2005; Пазюк и др., 2017]. Виковая тля, которую используют для массового разведения микромуса, была контролем.

При питании персиковой, бобовой и злаковыми тлями отмечена пониженная (43–48%) выживаемость личинок микромуса, при 73% в контроле (виковая тля). Отличия от контроля высоко достоверны ($p < 0.01$). Можно предположить, что перечисленные выше тли являются неоптимальными видами жертв для *M. angulatus*. Снижение качества корма личинок способно отрицательно отразиться на весе имаго. В случае с персиковой и обыкновенной злаковой тлями так и происходит. Но в варианте с бобовой тлей вес имаго превышает контрольный уровень в 1.5–1.8 раза у особей обоих полов (рис. 1). Сходная ситуация отмечена на большой злаковой тле: низкая выживаемость преимагинальных стадий сочетается с высоким весом самок, достоверно превышающим контроль ($p < 0.05$). При этом вес самцов остается таким же низким, как в варианте с персиковой и обыкновенной злаковой тлями (рис. 1).

Очевидно, что самцы и самки микромуса по-разному реагируют на пищевой стресс. У ряда насекомых самки более чувствительны к обеднению пищевого ресурса. При снижении качества корма личинок, размер имаго самок снижается быстрее, чем у самцов [Teder, Tammaru, 2005]. Для долгосрочной превентивной колонизации личинок хищника на неблагоприятных видах жертв, а также суррогатных кормах предпочтительны виды, которые отличаются стабильностью размерного полового диморфизма (SSD). Поэтому нами была проведена оценка аллометрии (не пропорциональное изменение размеров тела у самцов и самок) микромуса при питании разными по пищевой ценности видами тлей.

Прежде чем перейти непосредственно к результатам анализа SSD у микромуса хотелось бы обсудить используемый нами «аллометрический» подход, а также связанные с ним термины более детально. В частности, устойчивость к пищевому стрессу в контексте наших исследований – это комплекс физиологических и поведенческих реакций (например, каннибализм), позволяющих организму выжить в отсутствие полноценного питания и сохранить способность к размножению в случае восстановления пищевого ресурса [Hoffmann, Parsons, 1991].

Существует предположение, что устойчивость к пищевому стрессу выше у крупных видов. Эта гипотеза объясняется тем, что энергетические запасы организма прямо пропорциональны его весу, а скорость расходования энергии несколько ниже (вес тела умножить на коэффициент 0.75) [Peters, 1983; Cushman et al., 1993]. Данная гипотеза хорошо согласуется с нашими данными, полученными при долгосрочном голодании имаго кокцинеллид: чем крупнее вид коровки, тем дольше имаго сохраняет жизнеспособность при отсутствии полноценного корма (тлей). Исходя из выдвинутой гипотезы можно предположить, что размер имаго у сетчатокрылых оказывает влияние на их устойчивость к пищевому стрессу. Для проверки этого предположения мы провели сравнительную оценку аллометрии веса имаго у *M. angulatus* и златоглазки *Ch. perplexa*, которая в 2 раза крупнее микромуса.

В опытах по выкармливанию личинок *M. angulatus* на 5 видах тлей выявлено, что при снижении качества корма вес самок уменьшается сильнее, чем у самцов, что подтверждает уравнение регрессии $y = 0.4728x + 1.937$ ($R^2 = 0.53$), в котором коэффициент $b_0 > 0$. При этом SSD уменьшается пропорционально снижению веса самок от 1.72 на большой злаковой тле до 0.84 на персиковой тле, когда вес самцов превышает вес самок, т.е. происходит смена типа полового диморфизма (рис. 1).

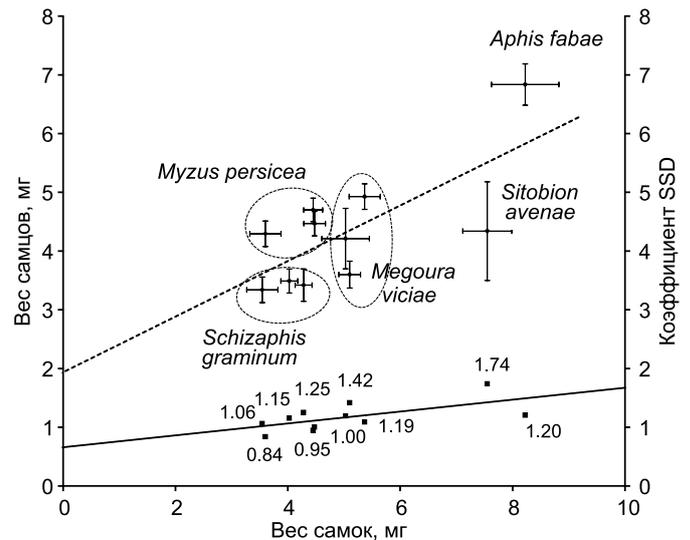


Рисунок 1. Вес имаго и размерный половой диморфизм (SSD) у *Micromus angulatus* при выкармливании личинок на разных видах тлей.

Сходные тенденции мы наблюдаем при анализе веса имаго *Ch. perplexa*, выкармливаемых на разных кормах, включая вариант с яйцами ситотроги (рис. 2). На рисунке 1 этот вариант опыта отсутствует, т.к. личинки микромуса не выживают на данном виде корма.

Уравнение регрессии для *Ch. perplexa* сходно с таковым для *M. angulatus*: $y = 0.6257x + 3.5356$ ($R^2 = 0.73$). Коэффициенты двух уравнений варьируют в пределах их ошибок. Самки златоглазки, также как и самки микромуса, более чувствительны к снижению качества пищи. На неоптимальных кормах их вес снижается сильнее, чем у самцов.

Однако есть и отличия: SSD златоглазки стабильнее. Различия между минимальной и максимальной величиной коэффициента недостоверны (рис. 2). Средний SSD злато-

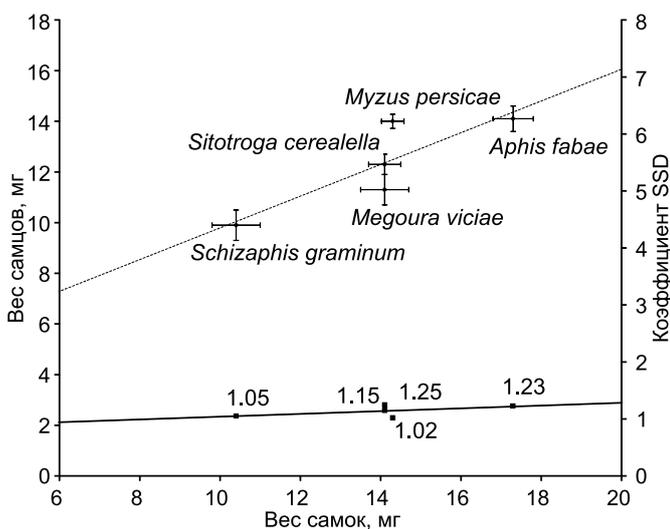


Рис. 2. Вес имаго и размерный половой диморфизм (SSD) у *Chrysopa perplexa* при выкармливании личинок на разных видах тлей и яйцах зерновой моли

глазки близок к единице, т.е. вес самок лишь на 10–15% превышает вес самцов, независимо от качества корма.

Проводя сравнение с аналогичными расчетами, проведенными на кокцинелидах, можно отметить следующее: стабильность SSD свойственна таким высоко пластичным видам как *Harmonia axyridis* Pall. и *Cheilomemes sexmaculata* F. Их вес отличается широчайшей нормой реакции (пределы колебаний составляют 300–400% от среднего). Кроме того, данные виды отличаются широкой пищевой специализацией, т.е. помимо тлей могут выживать на обширном спектре кормов. Очевидно, что от размера тела данные качества не зависят, так как *H. axyridis* существенно крупнее *Ch. sexmaculata*.

Смена характера полового диморфизма (самцы крупнее самок) при усилении стресса, отмеченная у микромуса, ранее наблюдалась нами у *Harmonia yedoensis* Takizawa, вида близкородственного *H. axyridis*, но отличающегося более узкой пищевой специализацией. При этом *H. yedoensis* и *H. axyridis* принадлежат к одному размерному классу.

Исходя из приведенных выше примеров, можно сделать вывод о том, что устойчивость к пищевому стрессу у личинок тестированных видов жуков и сетчатокрылых не зависит от их размера. Основными факторами являются пределы варьирования морфометрических показателей и

широта пищевой специализации. Менее устойчивы афидофаги *M. angulatus* и *H. yedoensis*, более устойчивы полифаги *Ch. perplexa*, *H. axyridis* и *Ch. sexmaculata*.

Вероятнее всего размер (вес тела) влияет на устойчивость к пищевому стрессу не у личинок, а у имаго. Стрессоустойчивость имаго определяется как время, в течение которого особь сохраняет жизнеспособность при голодании или отсутствии оптимального корма. Особь тратит накопленные ранее ресурсы, объемы которых пропорциональны размеру тела. Чем больше накоплено, тем дольше расходуется, тем, соответственно, выше стрессоустойчивость (= период сохранения жизнеспособности).

Но из данного правила есть исключения. Это – физиологически лабильные виды, способные быстрее других снижать уровень метаболизма в отсутствии нормального корма. Они получают адаптивное преимущество благодаря высокой скорости переключения с режима репродукции на режим экономии внутренних ресурсов и обратно. В системе жизненных стратегий Романовского-Грайма эти виды сочетают свойства «шакалов и верблюдов» или «рудералов и пациентов» [Романовский, 1985, Grime, 1977]. Данные качества могут проявляться независимо от размера тела, как это было отмечено нами у коровок *H. axyridis* и *Ch. sexmaculata*. С нашей точки зрения, есть вероятность найти подобные виды и среди сетчатокрылых. Это будет весьма актуально для тепличных агроценозов картофеля, где на фоне долгого недоедания хищник должен сохранить способность быстро среагировать на появление вредителя, причем не только функционально (уничтожить), но и численно (начать репродукцию).

Подводя итоги скрининга энтомофагов из отряда сетчатокрылых, можно предложить для производственных испытаний один вид – микромус угольчатый, которого мы рекомендуем выпускать на стадии имаго, но не сразу после выхода из куколки, а после достижения половой зрелости. Для этого имаго *M. angulatus* перед выпуском кормят тлей, сахарозой, автолизатом пивных дрожжей с адаптогенами в течение 3–4 дней. Такая предварительная обработка энтомофага повышает продолжительность его жизни в теплице.

Применение златоглазок (жемчужной и красивой) возможно, если будет найдено технологическое решение, которое позволит сократить потери от каннибализма самок в отношении яиц при массовом разведении.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

Библиографический список

- Агасьева И.С. Видовой состав и биорегуляторная активность энтомофагов в системе управления численностью вредителей картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / И.С. Агасьева, В.Я. Исмаилов, М.В. Нефедова, Е.В. Федоренко // Сельскохозяйственная биология. 2016. 51(3). С. 401–410.
- Белякова Н.А. Критерии отбора энтомофагов для защиты безвирусного семенного картофеля от вредителей в теплицах / Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова // Материалы XV съезда Русского Энтомологического Общества, Новосибирск, 31 июля – 07 августа 2017. Издательство: Грамонд. 2017. С. 59–60.
- Бровко Г.А. Агробиологическое обоснование ресурсосберегающей технологии выращивания огурца и томата в зимних теплицах Дальнего Востока / Г.А. Бровко: автореф. ... докт. дис. Москва, 2006. 47 с.
- Елисовецкая Д. Видовой состав вредителей и энтомофагов на картофеле в Республике Молдова / Д. Елисовецкая, Л. Калестру // Buletin Ştiinţific. Revistă de Etnografie, Ştiinţele Naturii şi Muzeologie. 2015. 22(35). P. 81–90.
- Калинина К.В. Биоэкологическое обоснование защиты картофеля от колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) в условиях южной части Северо-Западного региона России / К.В. Калинина: автореф. ... канд. дис. Великие Луки, 2007. 22 с.
- Козлова Е.Г. Энтомофаги в защите зеленных культур при возделывании на салатных линиях / Е.Г. Козлова // Защита и карантин растений. 2009. N 5. С. 23–25.
- Козлова Е.Г. Совершенствование методов массового разведения и применения хищного афидофага *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae) / Е.Г. Козлова, Л.П. Красавина // Защита и карантин растений. 2011. N 12. С. 23–26.
- Кузнецова Ю.И. Разработка методики выкармливания личинок при массовом разведении златоглазки *Chrysopa carnea* Steph. / Ю.И. Кузнецова

- ва, Г.А. Бегляров // Массовое разведение насекомых. Кишинев. 1984. С. 47–60.
- Макаренко Г.Н. Методические рекомендации по массовому разведению и применению златоглазок в защищенном грунте / Г.Н. Макаренко, М.С. Лузгин, Т.М. Парамохина, Л.П. Красавина // Л.: ВИЗР. 1991. 42 с.
- Оспанова Г.С. Результаты изучения энтомофауны картофеля в Южно-Казахстанской области / Г.С. Оспанова, Г.Т. Бозшатаева, Г.К. Турабаева, Г.А. Кемелбекова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. 3. С. 58–61.
- Павлюшин В.А. Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России / В.А. Павлюшин, К.Е. Воронин, Л.П. Красавина, Б.П. Асякин, В.А. Раздобурдин // Труды Русского энтомологического общества. 2001. Т. 72. С. 16.
- Пазюк И. М. Оценка возможности переноса Y вируса картофеля хищным клопом *Orius majusculus* Reuter (Hemiptera, Anthocoridae) и обыкновенной злаковой тлей *Schizaphis graminum* Rondani (Homoptera: Aphididae) / И.М. Пазюк, Т.С. Фоминых, К.Д. Медведева // Вестник защиты растений. 2017. 1. С. 26–33.
- Яркулов Ф.Я. Экологические основы биологической защиты тепличных культур / Ф.Я. Яркулов, Н.А. Белякова // Защита и карантин растений. 2007. N 1. С. 19–22.
- Banks C.J. An analysis of captures of Hemerobiidae and Chrysopidae in suction traps at Rothamsted, July, 1949 / C.J. Banks // Proceedings of the Royal Entomological Society of London. 1952. 27. P. 45–53.
- Cushman J.H. Latitudinal patterns in ant assemblages: variation in species richness and body size / J.H. Cushman, J.H. Lawton, B.F.J. Manly // Oecologia (Berl.). 1993. 95. P. 30–37.
- Davidson M.M. Impacts of insect-resistant transgenic potatoes on the survival and fecundity of a parasitoid and an insect predator / M.M. Davidson, R.C. Butler, S.D. Wratten, A.J. Conner // Biol. Control. 2006. 37. P. 224–230.
- Grime J.P. Evidence for the Existence of Three Primary Strategies in Plants and Its Relevance to Ecological and Evolutionary Theory / J.P. Grime // The American Naturalist. 1977. 111(982). P. 1169–1194.
- Hoffmann A.A. Evolutionary genetics and environmental stress / A.A. Hoffmann, P.A. Parsons // Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. 1991. 284 pp.
- Horne P.A. *Micromus tasmaniae*: a key predator on aphids on field crops on Australasia? / P.A. Horne, P.M. Ridland, T.R. New // Lacewings in the crop environment (edited by Peter McEwen, Tim New). Cambridge University Press. 2001. P. 388–394.
- Hussein M.Y. The Effect of Natural Enemies of *Myzus persicae* Sulzer upon its population trends in potato crops in South Australia / M.Y. Hussein // PhD thesis. 1982. University of Adelaide. Australia. 231 pp.
- Jafari R. Biological control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in potato farms / R. Jafari // International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS). 2015. 3(5). P. 366–367.
- Jansen J.P. Aphid specific predators in potato in Belgium / J.P. Jansen, A.M. Warnier // Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. 2004. 69. P. 151–156.
- Kroschel J. Tropical roots and tubers in a changing climate: a convenient opportunity for the world / J. Kroschel, V. Canedo // Fifteenth Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (Lima, Peru, 2–6 November 2009). Proceedings. Lima, 2009, P. 9–22.
- Obyrcki J.J. Natural enemy activity on glandular pubescent potato plants in the greenhouse: an unreliable predictor of effects in the field. / J.J. Obyrcki, M.J. Tauber // Environmental Entomology. 1984. 13. P. 679–683.
- Pantaleoni R.A. Lacewing occurrence in the agricultural landscape of Pianura Padana / R.A. Pantaleoni // Lacewings in the crop environment (edited by P. McEwen, T. New). Cambridge University Press. 2001. P. 447–470.
- Paulian M. The green lacewings of Romania, their ecological patterns and occurrence in some agricultural crops / M. Paulian // Lacewings in the crop environment (edited by Peter McEwen, Tim New). Cambridge University Press. 2001. P. 498–512.
- Peters R.H. Ecological implications of body size / R.H. Peters // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 1983. 329 pp.
- Pilkington L. Development of *Hippodamia* and *Micromus* biocontrol agents for use in Brassica and other vegetable crops / L. Pilkington // Horticulture Australia Ltd. 2011. 63 p.
- Rocca M. Combining lacewings and parasitoids for biological control of foxglove aphids in sweet pepper / M. Rocca, G.J. Messelink // J. of Applied Entomol. 2017. 141(5). P. 402–410.
- Romanovsky Y. Food limitation and life-history strategies in cladoceran crustaceans / Y. Romanovsky // Archiv fur Hydrobiologie Beiheftungen der ergebnissen Limnologie. 1985. 21. P. 363–372.
- Saljoqi A.U.R. Field evaluation of the varietal response towards *Myzus persicae* (Sulzer) and its associated natural enemies in potato crop / A.U.R. Saljoqi, I. Khurshid, A. Ali, K. Tariq, G. Naz // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 2016. 16 (6). P. 1058–1065.
- Satar G. Adana'da (Balcali) farklı patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitleri üzerindeki yaprakbiti türleri ve *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) popülasyonları üzerine bir değerlendirme / G. Satar, A. Deveci, M. Ulusoy // Türkiye Entomoloji Bülteni. 2017. 7 (1). P. 81–87.
- Saxen A.A.P. Natural enemies of potato pests in India / A.A.P. Saxen, V. Singh // In Potato in Developing Countries (B.B. Nagaich ed.). CPRI, Shimla. 1982. P. 349–355.
- Teder T. Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects / T. Teder, T. Tammaru // Oikos. 2005. 108. P. 321–334.
- Thakur M. Species composition and abundance of natural enemies of *Myzus persicae* (Sulzer) in potato agroecosystem in Shimla hills / M. Thakur, V.K. Chandla // J. Eco-friendly Agric. 2013. 8(1). P. 56–60.
- Trouve C. Preliminary survey of the lacewings (Neuroptera: Chrysopidae, Hemerobiidae) naturally occurring in agroecosystems in northern France, with phenological notes / C. Trouve, D. Thierry, M. Canard // Acta Zool. Acad. Sci. Hung. 2002. 47(2). P. 359–369.
- Vandereycken A. Is the multicolored Asian ladybeetle, *Harmonia axyridis*, the most abundant natural enemy to aphids in agroecosystems? / A. Vandereycken, D. Durieux, E. Joie, J.J. Sloggett, E. Haubruge, F.J. Verheggen // Journal of Insect Science. 2013. 13(158). P. 1–14.
- Warren M. Potato Virus Y (PVY) and Potato Leafroll Virus (PLRV): Literature Review for Potatoes South Africa / M. Warren, K. Kruger, A.S. Schoeman // Univ. of Pretoria, Faculty of Nat. and Agricult. Sci., Department of Zool. and Entomol. 2005. 32 p.

Translation of Russian References

- Agaseva I.S. Species composition and bioregulatory activity of entomophages in the control system of potato pests (*Solanum tuberosum* L.) / I.S. Agaseva, V.Ya. Ismailov, M.V. Nefedova, E.V. Fedorenko // Selskoxozyajstvennaya biologiya. 2016. 51(3). P. 401–410. (In Russian).
- Belyakova N.A. Criteria for selection of entomophages for protection of virus-free seed potatoes from pests in greenhouses / N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova // Materialy XV sezda ruskogo entomologicheskogo obshhestva, Novosibirsk, 31 iyulya-07 avgusta 2017. Izdatelstvo: Gramond. 2017. P. 59–60. (In Russian).
- Brovko G.A. Agrobiological substantiation of resource-saving technology of cultivation of cucumber and tomato in winter greenhouses of the Far East: avtoref. dis. ... doct. selskoxozyajstvennyx nauk: 06.01.06 / G.A. Brovko. Moskva, 2006. 47 p. (In Russian).
- Elisoveckaya D. Species composition of pests and entomophages on a card-fel in the Republic of Moldova / D. Elisoveckaya, L. Kalestru // Buletin științific. revistă de etnografie, științele naturii și muzeologie. 2015. 22(35). P. 81–90. (In Russian).
- Kalinina K.V. Bioecological basis for potato protection from the Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) in the southern part of the North-West Region Of Russia: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 06.01.11 / K.V. Kalinina. Velikie Luki, 2007. 22 p. (In Russian).
- Kozlova E.G. Entomophages in the protection of green crops during cultivation on salad lines / E.G. Kozlova // Zashhita i karantin rastenij. 2009. N 5. P. 23–25. (In Russian).
- Kozlova E.G. Perfection of methods of mass breeding and application of the predatory aphidophage *Micromus angulatus* Steph. (Neuroptera, Hemerobiidae) / E.G. Kozlova, L.P. Krasavina // Zashhita i karantin rastenij. 2011. N 12. P. 23–26. (In Russian).
- Kuznecova Yu.I. Development of a technique for feeding larvae at the mass dilution of *Chrysopa carnea* Steph lacewort / Yu.I. Kuznecova, G.A. Beglyarov // Massovoe razvedenie nasekomyx. Kishinev. 1984. P.47–60. (In Russian).
- Makarenko G.N. Methodological recommendations for mass breeding and the application of lacewings in protected ground / G.N. Makarenko, M.S. Luzgin, T.M. Paramoxina, L.P. Krasavina // L. Vizr. 1991. 42 p. (In Russian).
- Ospanova G.S. Results of studying potato entomofauna in the South-Kazakhstan region / G.S. Ospanova, G.T. Bozshataeva, G.K. Turabaeva, G.A. Kемelbekova // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamentalnyx issledovanij. 2014. 3. P. 58–61. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. The use of entomophages in biological protection plants in greenhouses of Russia / V.A. Pavlyushin, K.E. Voronin, L.P. Krasavina, B.P. Asyakin, V.A. Razdoburдин // Trudy Russkogo entomologicheskogo obshhestva. 2001. 72. p. 16. (In Russian).

Pazyuk I.M. Assessment of the possibility of transferring the Y of the potato virus with the predatory bug of *Orius majusculus* Reuter (Hemiptera, Anthocoridae) and common cereal aphid *Schizaphis graminum* Rondani (Homoptera: Aphididae) / I.M. Pazyuk, T.S. Fominykh, K.D. Medvedeva // Vestnik zashchity rastenij. 2017. 1. P. 26–33. (In Russian).

Yarkulov F.Ya. Ecological basis of biological protection of greenhouse crops / F.Ya. Yarkulov, N.A. Belyakova // Zashhita i karantin rastenij. 2007. 1. P. 19–22. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 57–63

NEUROPTERAN ENTOMOPHAGES FOR PROTECTION OF SEED POTATO FROM APHIDS – VIRUS VECTORS

N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova, E.G. Kozlova, L.P. Krasavina

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Micromus angulatus, *Chrysopa formosa* and *Ch. perla* are potentially suitable for preventive colonization in greenhouses on seed potatoes. The use of lacewings is limited by significant losses from their female cannibalism on eggs at mass rearing. *M. angulatus* can be used against dangerous species of aphids vectoring viruses (*Myzus persicae* and *Aphis fabae*). For field tests, the adults of *M. angulatus* have been selected with using the carbohydrate-protein supplementary diet. *Micromus* females are more sensitive to the diet quality. If the nutrition is not optimal, then females weigh less than males. On optimal feed, the weight of females is 1.2–1.7 times higher than that of males. The results have indicated that the sex differences in size, intraspecific variation in weight at the food-stress condition could be used to screen prospective species among Neuroptera insects.

Keywords: seed potato; Chrysopidae; Hemerobiidae; allometry; size sexual dimorphism; preventive colonization.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608

Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

*Белякова Наталья Александровна. Зав. лабораторией, кандидат биологических наук, e-mail: biocontrol@vizr.spb.ru

Поликарпова Юлия Борисовна. Научный сотрудник,

e-mail: julia.polika@gmail.com

Козлова Екатерина Геннадьевна. Ведущий научный сотрудник,

кандидат биологических наук, e-mail: kategen_vizr@mail.ru

Красавина Лидия Павловна. Ведущий научный сотрудник,

кандидат биологических наук

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,

St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Belyakova Natalia Aleksandrovna. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: biocontrol@vizr.spb.ru

Polikarpova Yulia Borisovna. Researcher,

e-mail: julia.polika@gmail.com

Kozlova Ekaterina Gennadyevna. Leading researcher, PhD in Biology,

e-mail: kategen_vizr@mail.ru

Krasavina Lidia Pavlovna. Leading researcher,

PhD in Biology

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 577.21:576.314

ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ТЛЕЙ-ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Шаманин¹, В.А. Корелина¹, Л.А. Попова¹, М.Н. Берим²

¹ Приморский филиал ФГБНУ ФИЦКИА РАН – АрхНИИСХ, Архангельск

² Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт Петербург

Архангельская область по своим природно-климатическим данным благоприятна для выращивания семенного картофеля. Однако на его качество негативно влияют вирусные заболевания, переносчиками которых являются определенные виды тлей, слабо изученные в регионе. Изучался видовой состав тлей северной и южной частей области на посадках семенного картофеля с помощью окрашенных водных ловушек. Всего отловлено 12 видов, из которых 5 способны переносить Y-вирус картофеля, вызывающий морщинистую и полосчатую мозаики. Наиболее вредоносны виды *Aphis fabae* Scop., *Aphis nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt. Всего же в Котласском (южном) районе идентифицировано 11 видов, в Холмогорском (северном) – 7. Общее количество отловленных насекомых в первом районе было почти в два раза выше – 140. Подобная картина, как предполагается, наблюдается вследствие повышенного количества осадков в Холмогорском районе. Полученные результаты показывают необходимость ежегодного тщательного мониторинга тлей-переносчиков вирусов на семенных посадках картофеля в области для оценки необходимости проведения защитных мероприятий.

Ключевые слова: картофель, тли, вирусы, виды.

Картофель – важнейшая сельскохозяйственная культура, обеспечивающая продовольственную безопасность страны. Благодаря содержанию в клубнях крахмала, белка высокого качества и витаминов он является одним из основных продуктов питания человека [Левин, 2015]. По данным статистики в Архангельской области за 2015 валовой сбор картофеля составил 137.7 тыс. т, в 2016 –

143.1 тыс. т. В структуре посевных площадей картофель занимает около 13.6%. Урожайность в 2015 году составила 13.7 т/га, в 2016 году – 14.3 т/га. [Госстатистика. Электронный документ (просмотр 24.03.2017)].

Одной из главных причин, определяющих низкий уровень урожайности картофеля, является использование на посадку некачественного семенного материала. Высокий

уровень вирусной инфекционной нагрузки вблизи мест выращивания семенного картофеля приводит к быстрому ухудшению качества семенного материала с каждым последующим полевым поколением. Такое положение во многом объясняется недостаточными объемами производства гарантированного здорового исходного материала, выращиваемого в благоприятных (чистых) фитосанитарных условиях [Анисимов, 2014]. Производить высококачественный конкурентоспособный семенной материал следует только в специализированных хозяйствах, расположенных на выделенных для этих целей территориях с благоприятными условиями и минимальным риском инфекционной нагрузки, особенно в отношении возбудителей тяжелых форм вирусных болезней. Для этих целей наиболее подходит Архангельская область, благодаря расположению в районе бассейна Северного Ледовитого океана, характеризующаяся наиболее благоприятными фитосанитарными условиями для производства оригинального семенного материала картофеля.

К несомненным преимуществам этого региона относится низкий инфекционный фон, позволяющий минимизировать распространение наиболее вредоносных вирусных болезней в период вегетации растений, а глубокое промерзание почвы в зимний период способствует снижению распространения возбудителей болезней и вредителей. Кроме того, характерный для северных широт продолжительный световой период создает хорошие условия для ускоренного роста и развития растений, особенно в начальный период вегетации, что также способствует бо-

лее быстрому наступлению «возрастной устойчивости» растений к фитопатогенным вирусам [Анисимов, 2015].

Световое излучение в этот период используется растениями почти круглосуточно, что в некоторой степени компенсирует недостаток тепла в короткий вегетационный период. Тепловые характеристики климата соответствуют экологическим требованиям возделывания ранних и среднеспелых сортов картофеля. [Научно обоснованная система земледелия... 2016].

Система обеспечения качества семенного материала должна сочетать регулярное проведение полевых обследований и лабораторное тестирование по листовым и клубневым пробам. Основой вирусологического контроля является созданная в Архангельской области на базе ФГБУ «Россельхозцентр» лаборатория иммуно-ферментного анализа (ИФА), позволяющая выявлять скрытые формы патогенных вирусов.

Тли являются переносчиками вредоносных вирусных болезней картофеля. Видовой состав, численность и сроки появления насекомых-переносчиков вирусов картофеля зависят от природно-климатических условий данной местности и от погодных условий года [Лаингер, 1977]. На севере Европейской части России видовой состав практически не изучен.

В связи с этим целью наших исследований является изучение видовой состава, динамики численности тлей-переносчиков вирусов в северной и южной частях Архангельской области.

Условия, материалы и методы.

Исследования проводили в северной (Холмогорский район) и южной (Котласский район) частях Архангельской области. Опытный участок в Котласском районе представлен посадками картофеля сорта Невский категории элита площадью 20 га. Предшественник – зерновые (пшеница), удаленность от ЛПХ более 500 м. Прилегающая территория представлена лесными насаждениями и многолетними травами. В Холмогорском районе проведение исследований осуществляли на картофеле категории первое полевое поколение из мини-клубней различных сортов, площадью 1.4 га. Предшественник вико-овсянная смесь, удаление от ЛПХ менее 250 м. Прилегающая территория представлена вико-овсянной смесью.

Во время исследований проводили следующие наблюдения и учёт:

1. Метеорологические наблюдения.
2. Учёт лёта тлей.
3. Определение видовой состава тлей.

Метеорологические данные получали с ближайших метеостанций – Курцево и Холмогоры. Учитывали сред-

несуточную температуру воздуха и суточное количество осадков.

Отлов тлей проводили методом водных ловушек. В качестве ловушек использовали ёмкости (чаши) с внутренним диаметром 27 см, высотой 13 см и объёмом 6.5 л. Внутри ловушки выкрашены в жёлтый цвет, снаружи – в зелёный. Располагали чаши по периметру поля на удалении не менее 5 метров от края. В Котласском районе расставили 5 ловушек по прямой линии с интервалами 15 м, в Холмогорском – 4 ловушки по периметру поля. Частота выемки насекомых из ловушек – 1 раз в 7 дней. Установку ловушек осуществляли после посадки картофеля: в Котласском районе – 26.06.2017 г., в Холмогорском – 03.07.2017 г. Прекратили наблюдения после удаления ботвы картофеля: в Котласском районе 21.08.2017 г., в Холмогорском – 28.08.2017 г.

Видовой состав тлей определяли на фиксированном материале [Шапошников, 1964; Remaudiere, Seko Fernandez, 1990].

Результаты и их обсуждение.

За период наблюдений сумма осадков в Котласском районе составила 148.5 мм, что характеризует условия вегетации как оптимальные (ГТК по Г.Т. Селянину составил 1.5); в Холмогорском – 267.4 мм (избыточно влажные, ГТК по Г.Т. Селянину 2.7).

За весь период наблюдений водными ловушками было отловлено 12 видов тлей (табл.2 и 3). Из них три вида непосредственно питается на картофеле: *Aphis fabae* Scop.,

Aphis nasturtii Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt. Все они являются переносчиками вирусной инфекции, Y-вируса, вызывающего морщинистую и полосчатую мозаики. Наиболее эффективен из них в качестве переносчика вируса вид *A. nasturtii* [Дамрозе, 1987]. Анализ численности в Холмогорском и Котласском районах показывает, что тли присутствуют в ловушках возле посадок картофеля на протяжении всего периода наблюдений. Там же обнаружены

Таблица 1. Метеорологические условия периода проведения исследований

Район	Период наблюдений	Сумма температур воздуха за период, °С	Средняя температура воздуха за период, °С	Сумма осадков за период, мм
Холмогорский	июль			
	3.07-9.07	117.7	16.8	7.3
	10.7-16.07	146.9	20.9	4.3
	17.07-23.07	120.4	17.2	65.4
	24.07-30.07	127.8	18.2	106.3
	Сумма	512.8		183.3
	Среднее значение		18.3	
	Среднепогодное		15.6	
	август			
	31.07-06.08	110.1	15.7	43.6
	7.08-13.08	113.5	16.2	13.9
	14.08-20.08	116.2	16.6	6.0
	21.08-27.08	122.4	17.5	20.6
	Сумма	462.2		84.1
Среднее значение		16.5		
Среднепогодное		13.6		
Котласский	июль			
	26.06-02.07	89.4	12.7	34.7
	03.07-09.07	107.7	15.4	40.8
	10.07-16.07	138.8	19.8	3.2
	17.07-23.07	128.4	18.3	13.7
	24.07-30.07	132.9	19.0	15.2
	Сумма	597.2		72.9
	Среднее значение		18.2	
	Среднепогодное		17.2	
	август			
	31.07-06.08	126.9	18.1	8.3
	07.08-13.08	118.0	16.9	23.0
	14.08-20.08	127.9	18.3	9.6
	Сумма	372.8		40.9
Среднее значение		17.8		
Среднепогодное		14.4		

Таблица 2. Виды тлей, отловленных водными ловушками в Котласском районе

Вид	Численность тлей по периодам наблюдений (кол. экз. в 5 ловушках)								Всего	%
	26.06-02.07	03.07-09.07	10.07-16.07	17.07-23.07	24.07-30.07	31.07-06.08	07.08-13.08	14.08-20.08		
<i>Anoecia corni</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1.43
<i>Aphis nasturtii</i>	4	3	0	1	1	2	0	3	14	10.0
<i>Aphis fabae</i>	2	4	0	1	6	6	2	4	25	17.86
<i>Aphis sambuci</i>	2	0	0	0	0	0	2	0	4	2.86
<i>Aulacorthum solani</i>	0	5	3	8	13	1	11	2	43	30.71
<i>Capitophorus elaeagni</i>	5	1	0	0	0	0	0	0	6	4.29
<i>Hyperomyzus lactucae</i>	2	6	1	4	1	1	2	0	17	12.14
<i>Macrosiphum rosae</i>	3	1	3	3	0	0	0	0	10	8.6
<i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1.43
<i>Rhopalosiphum padi</i>	0	0	0	1	1	1	3	3	9	6.43
<i>Sitobion avenae</i>	2	2	0	1	1	1	0	1	8	7.51

Таблица 3. Виды тлей, отловленных водными ловушками в Холмогорском районе

Вид	Численность тли по периодам наблюдений (кол. экз. на 4 ловушки)								Всего	%
	03.07-09.07	10.07-16.07	17.07-23.07	24.07-30.07	31.07-06.08	07.08-13.08	14.08-20.08	21.08-27.08		
<i>Anoecia corni</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.18
<i>Aphis fabae</i>	1	0	4	2	0	0	0	0	7	8.24
<i>Aphis nasturtii</i>	1	4	2	0	9	2	2	13	33	38.82
<i>Aulacorthum solani</i>	2	0	4	2	5	14	5	2	34	40.0
<i>Cinara costata</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2.36
<i>Rhopalosiphum padi</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2.35
<i>Sitobion avenae</i>	2	1	2	0	0	0	2	0	7	8.24

злаковые тли *Rhopalosiphum padi* L. и *Sitobion avenae* F., способные переносить вирус методом пробных уколов.

Количество отловленных в ловушки тлей значительно разнится для районов проведения исследований, как в общей численности, так и по видовому составу. В Котласском районе отмечено 11 видов, в Холмогорском – 7; общее количество насекомых в первом районе – 140 (28 особей на 1 ловушку), во втором – 85 (21 особь на ловушку). В обоих регионах встречались виды *A. fabae*, *A. solani*, *A. nasturtii*, *R. padi*, *S. avenae*, *Anoecia corni* F.; в Котласском дополнительно еще виды – *Hyperomyzus lactucae* L., *Capitophorus elaeagni* Guerc., *Aphis sambuci* L., *Macrosiphum rosae* L., *Rhopalosiphoninus ribesinus* Goot.

В ловушках в обоих районах наибольшая численность отмечена у вида *A. solani* – 43 (30.7%) и 34 (40%) особей. Начало лета в обоих районах наблюдалось в первых числах июля. Пики численности в Котласском районе приходились на последнюю неделю июля и вторую неделю августа, в Холмогорском районе – также на вторую неделю августа. Численность *A. fabae* в Котласском районе составляла 25 особей (17.9%), в Холмогорском – 7 (8.24%). Пик лета в Котласском районе отмечался с последней недели июля по первую неделю августа.

Следующим по численности выделился *A. nasturtii*, присутствующий в обоих районах проведения исследований. В Котласском районе данного вида было отловлено 14 особей (10%), в Холмогорском – 33 (38.82%). Начало лета в Котласском районе наблюдалось в конце июня, в Холмогорском – с первой недели июля. Пики лёта в Холмогорском районе отмечены в периоды с 31.07 по 06.08 и с 21.08 по 27.08, в Котласском районе с 26.06 по 02.07 и с 14.08 по 20.08.

В структуре численности остальных видов тлей выделялась в Котласском районе *H. lactucae*. Количество отловленных особей составило 17 (12.14%). Лёт тлей наблюдался с 26.06 до 14.08 с максимальной численностью 1.2 шт. на 1 ловушку в период с 03.07 по 09.07. В Холмогорском районе данного вида отловлено не было.

В Котласском районе были выявлены и другие виды тлей, отсутствующие в Холмогорском. Сюда вошли

C. elaeagni – идентифицировано 6 особей (4.29%), *A. sambuci* – идентифицировано 4 особи (2.86%), *M. rosae* – идентифицировано 10 особей (7.14%), *R. ribesinus* – идентифицировано 2 особи (1.43%).

Выявлено присутствие в Холмогорском районе вида, не идентифицированного в Котласском районе – *Cinara costata* Zett.

R. padi был отловлен в обоих районах исследований, однако наибольшая численность его была в Котласском районе – 9 особей. Период лёта был с 17.07 до окончания периода вегетации.

S. avenae встречался в обоих районах приблизительно на одном уровне 7–8 особей (7.5–8.2%).

Как известно, численность тлей зависит от величины зимующего запаса, погодных условий весенне-летнего периода, количества энтомофагов [Берим, 2016; 2017]. Бобовая тля зимует в фазе яйца у основания плодовых почек на бересклете, жасмине; обыкновенная картофельная тля – на сорняках в фазе партеногенетических самок, как правило, в укрытиях. На сорняках зимует и крушинная тля. Можно предположить, что низкие температуры воздуха декабря-января в Архангельской области не позволяют в дальнейшем насекомым дать высокую численность, поскольку во время зимовки много яиц и самок погибает.

Среднемесячная температура воздуха в июле 2017 года была приблизительно одинакова в обоих районах, в августе была на 1.5 °C выше в Котласском районе. В Холмогорском же районе выпало почти в 2 раза больше осадков. Вероятно, этим и объясняется как меньшее количество видов, так и общее количество отловленных там тлей.

Полученные данные свидетельствуют о низкой численности тлей в агробиоценозах семенных посадок картофеля, что подтверждает благоприятность Архангельской области для выращивания безвирусного семенного материала этой культуры. Тем не менее, в области распространены виды тлей, официально зарегистрированные в качестве переносчиков основных вирусных заболеваний. В связи с этим возрастает роль организации постоянного мониторинга за численностью и видовым составом этих насекомых в агробиоценозах картофеля.

Заключение

Архангельская область по своим природно-климатическим данным благоприятна для выращивания семенного картофеля. Однако на его качество негативно влияют вирусные заболевания, переносчиками которых являются определенные виды тлей, слабо изученные в регионе. Видовой состав афидофауны северной и южной частей области в агробиоценозах семенного картофеля представлен 12 видами, из которых 5 способны переносить основные вирусы, в том числе Y-вирус картофеля, вызывающий морщинистую и полосчатую мозаики. Самая высокая численность отмечена у *A. fabae*, *A. nasturtii*, *A. solani*, непосредственно питающихся на картофеле. Анализ динамики численности в Холмогорском и Котласском районах показывает, что данные виды тлей присутствуют в ловушках

на протяжении всего периода наблюдений. Всего же в Котласском (южном) районе идентифицировано 11 видов, в Холмогорском (северном) – 7, отлов тлей составил 28 и 21 особей на 1 ловушку соответственно. В обоих районах отмечены *A. fabae*, *A. solani*, *A. nasturtii*, *R. padi*, *S. avenae*, *A. corni*; в Котласском дополнительно – *H. lactucae*, *C. elaeagni*, *A. sambuci*, *M. rosae*, *R. ribesinus*. Полученные материалы свидетельствуют об общей низкой численности тлей в ловушках, что подтверждает благоприятность Архангельской области для семеноводства этой культуры. Однако поскольку тли являются переносчиками вирусных заболеваний возрастает роль постоянного мониторинга за численностью и видовым составом насекомых на посадках семенного картофеля.

Библиографический список (References)

Анисимов Б.В. Фитосанитарные зоны и их роль в безвирусном семеноводстве картофеля // Защита и карантин растений, 2014. №11. С. 14–19.
Анисимов Б.В. Специальные зоны семеноводства картофеля // Картофельное хозяйство, 2015. №4. С. 30–33.

Берим М.Н. Тли на картофеле // Защита картофеля, 2016. №2. С. 13–15.
Берим М.Н. Тли-вредители картофеля // Защита картофеля, 2017. №1. С. 30–35.

Дамрозе И.П. Вирусы растений и насекомых. // Труды ЛСХУ, 1993. Вып.276, Елгава. С.56.

Лаингер Б.Б. Тли – переносчики вирусов и прогнозирование сроков их появления на семеноводческих посадках картофеля [Электронный ресурс]. Автореф. ... канд. дис. М.: 1977. 21 с. URL: <http://earthpapers.net/tli-perenoschiki-virusov-i-prognozirovanie-srokov-ih-poyavleniya-na-semenovodcheskih-posadkah-kartofelya> (дата обращения 11.10.2017).

Левин В.И. Влияние регуляторов роста и биогумуса на продуктивность картофеля // Сборник трудов 66-й междунар. науч.-практ. конф., Рязань: РГАУ, 2015. С.133–137. URL: <http://arhangelskstat.gks.ru/wps/>

wcm/connect/rosstat_ts/arhangelskstat/ru/statistics/enterprises/agriculture/ (дата обращения 24.03.2017).

Научно обоснованная система земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Архангельской области. ОАО «Солти», Архангельск, 2016. 114 с.

Шапошников Г.Х. Подотряд Aphidinea – тли // В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР, 1964. 1.С. 489–616.

Remaudiee G., Seco Fernandez M.V. Claves de pulgones alados de la region Mediterranea. Universidad de Leon., 1990, 2. 205 p.

Translation of Russian References

Anisimov B.V. Special areas for seed potatoes // *Kartofelevodstvo*, 2015, N 4. S. 30–33. (In Russian).

Anisimov B.V. Phytosanitary zones and the cultivation of virus-free potatoes // *Zashchita i karantin rastenii*. 2014, N 11. S. 14–19. (In Russian).

Anonym. [Http://arhangelskstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/arhangelskstat/ru/statistics/enterprises/agriculture/](http://arhangelskstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/arhangelskstat/ru/statistics/enterprises/agriculture/) (accessed: 24.03.2017). (In Russian).

Berim M.N. The aphids – pests of potatoes // *Zashchita kartofelja*. 2017, N1. S. 30–35. (In Russian).

Berim M.N. The aphids on potatoes // *Zashchita kartofelja*. 2016, N 2. S. 13–15. (In Russian).

Damrose I. P. Viruses of plants and insects. // *Works LSHW*, 1993.Vol.276, Jelgava. P. 56.

Leinger B.B. Aphids are carriers of viruses and prediction of their appearance on seed potato plantations potatoes [Electronic resource]. Автореф. ... канд. дис. М.: 1977. 21 с. URL: <http://earthpapers.net/tli-perenoschiki-virusov-i-prognozirovanie-srokov-ih-poyavleniya-na-semenovodcheskih-posadkah-kartofelya> (дата обращения: 11.10.2017). (In Russian).

Levin V.I. The influence of growth regulators and biohumus on potatoes harvest // *Sbornik tr. 66 mezhdunar. nauchno-prakt. konferenzii*. Rjazan: RGAU, 2015. S.133–137. (In Russian).

Scientifically grounded system of agriculture and technology of cultivation of agricultural crops in the Arkhangelsk region. OJSC «Solti», Arkhangelsk, 2016. 114 s. (In Russian).

Shaposhnikov, G.Kh. 1964. Suborder Aphidinea – aphids. V kn.: *Opredelitel' nasekomykh Evropejskoj časti SSSR*. Moscow - Leningrad: Nauka. 1964. 1. S. 489–616. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 63–67

STUDY OF SPECIES COMPOSITION OF APHIDS – VIRUS VECTORS ON POTATO CROPS IN CONDITIONS OF THE ARKHANGELSK REGION

A.A. Shamanin¹, V.A. Korelina¹, L.A. Popova¹, M.N. Berim²

¹ *Primorsky branch of FEDERAL state budgetary VICKIE ran – Arnish, Arkhangelsk*

² *All-Russian research Institute of Plant protection, St. Petersburg*

The Arkhangelsk Region climate is favorable for the cultivation of seed potato. However, its quality is adversely affected by viral diseases carried by some aphid species. The aphid species composition was studied in the northern and southern parts of the Region on a planting of seed potatoes by use of coloured water traps. In all, 12 species were caught, of which 5 species could carry potato virus Y, causing rugose mosaic and banded mosaic. The most harmful species are *Aphis fabae* Scop., *Aphis nasturtii* Kalt., and *Aulacorthum solani* Kalt. The Kotlas (southern) district numbers 11 species, while 7 species are found in the northern Kholmogory district. The total number of trapped insects in the first district is almost two times higher (140 specimens), than in the second district. It is worth noting that the Kholmogory district has got higher amount of rainfall than the Kotlas district. The obtained results show the necessity of a thorough annual monitoring of aphid vectors.

Keywords: potato; aphid; virus; species.

Сведения об авторах

Приморский филиал Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова РАН – «Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 163032 Архангельская область, Приморский район, поселок Луговой, дом 10

*Шаманин Алексей Алексеевич. Научный сотрудник, e-mail: lexxik_1@mail.ru

Корелина Валентина Александровна. Зав. лабораторией растениеводства, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: korelina60@mail.ru

Попова Людмила Александровна. Зам. директора по науке, кандидат экономических наук, e-mail: arhniish@mail.ru

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

Берим Марина Николаевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: berim_m@mail.ru

Information about the authors

Primorsky branch of SCIENCE, Federal research centre for integrated study of the Arctic named after academician N. P. P. Laverov, Russian Academy of Sciences «Archangel research Institute of agriculture» (PF BGGUN VICKIE, RAS – Arkhangelsk agricultural research Institute).

163032 Arkhangelsk oblast, Primorsky district, village meadow, 10,

*Shamanin Alexei. Researcher, e-mail: lexxik_1@mail.ru

Korelina Valentina. Head of Laboratory of plant breeding, PhD in Agriculture, e-mail: korelina60@mail.ru

Popova Ludmila. Deputy Director for science, PhD in economics, e-mail: arhniish@mail.ru

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

Berim Marina. Senior researcher, PhD in Biology, e-mail: berim_m@mail.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК:581.9.632.51.582.71

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛАПЧАТКИ ГУСИНОЙ *POTENTILLA ANSERINA* L. (ROSACEAE JUSS.) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Н.Н. Лунева¹, Ю.А. Федорова²

¹ Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет

На основе данных научных публикаций впервые составлена карта распространения вида сорного растения лапчатка гусиной *Potentilla anserina* L. на территории РФ, структурированная на зоны частой (обычной) и редкой встречаемости.

Ключевые слова: сорное растение, лапчатка гусиная, распространение, карта, Россия.

Лапчатка гусиная – представитель многочисленного рода Лапчатка из семейства Розоцветных (*Rosaceae* Juss.) – травянистый многолетник с бурым, часто почти одревесневшим корневищем, теневыносливый гигрофит, медоносное и лекарственное растение. Вид широко распространен по территории РФ, произрастает на влажных песчаных почвах, по увлажненным заливным, пойменным и суходольным лугам, в разреженных лесах, по берегам водоемов, в поймах рек и озер, в долинах рек, на сбитых местах и пастбищах, пустырях, на залежах, покосах, галечниках, вдоль дорог, у жилых мест, на газонах.

В Мурманской области (Флора Мурманской области, 1966), на севере Карелии [Кравченко, 2007] и по побережью северных морей на европейской части РФ [Дорогостайская, 1972] встречается нечасто. Но, уже в южной части Карелии, в Архангельской [Шмидт, 1995] и Вологодской областях [Орлова, 1993], республике Коми [Мартыненко, 2005] лапчатка гусиная становится обычным растением. На территории Ленинградской, Псковской и Новгородской областей встречается часто [Цвелев, 2000]. В средней полосе России [Маевский, 2014] является обычным растением, как и в северо-восточных областях европейской части [Говорухин, 1937; Ефимова, 1972; Определитель растений Кировской области, 1975; Определитель сосудистых..., 1994; Абрамов, 1995; Гафурова, 2014]. В областях Волжско-Уральского региона также является обычным растением [Бакин и др., 2000; Плаксина, 2001; Рябинина, Князев, 2009]. В Воронежской и Ростовской областях встречается нередко [Флора Нижнего Дона, 1984], но в Ставрополье [Иванов, 1997], Калмыкии [Бакташева, 2012], Дагестане [Муртазалиев, 2009] вид довольно редок, в Астрахани не встречается [Лактионов, 2009]. На Северном Кавказе вид редок [Галушко, 1980].

На территории Азиатской части России лапчатка гусиная встречается во всех провинциях [Конспект флоры..., 2012]. В Зауралье [Науменко, 2008] это обычный вид, как

и в Сибири [Ермилов, 1961; Определитель..., 1974; Флора Красноярского..., 1975; Флора Сибири, 1988; Определитель..., 1994; Определитель..., 2000; Определитель..., 2001; Конспект Флоры ..., 2005]. На юге Сибири, в Алтайском крае [Определитель..., 2003], республиках Алтай [Определитель..., 2012], Бурятия [Определитель растений Бурятии, 2001] и Тыва [Определитель..., 2007] это обычный вид. Однако в Иркутской области [Конспект..., 2008], на юго-восточном побережье оз. Байкал [Флора Прибайкалья, 2008] вид встречается нечасто.

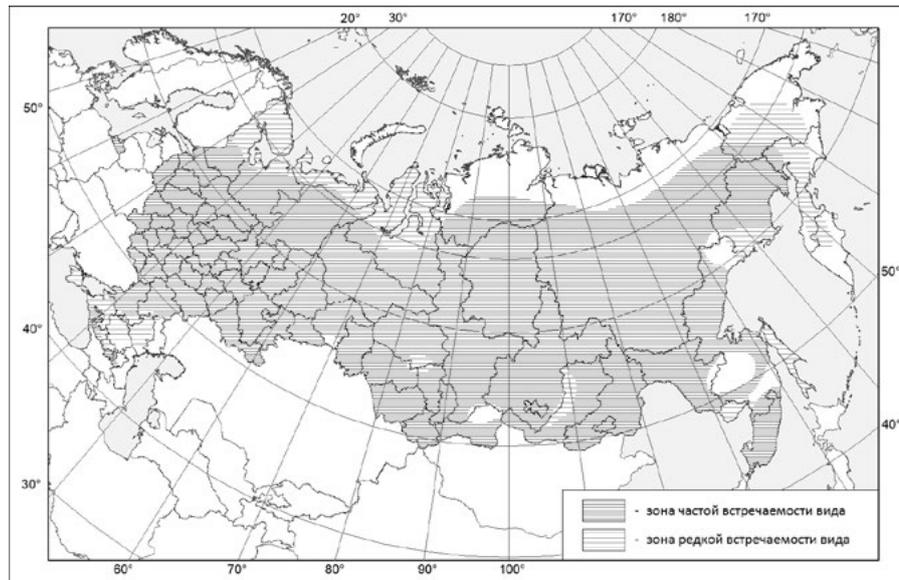
В большинстве районов Дальнего Востока [Сосудистые растения..., 1996; Нечаева, 1993; Шлотгаузер, 2001] лапчатка гусиная – обычное растение, кроме Камчатки [Определитель..., 1981], Сахалина и Курильских островов [Определитель..., 1974], Магаданской области [Лысенко..., 2012], где лапчатка гусиная является крайне редким занесенным растением.

Никитин В.В. [1983] считает лапчатку гусиную рудеральным сорным растением. В качестве сеgetального сорного растения вид регистрируется, преимущественно, в посевах многолетних кормовых трав, посадках овощных культур, главным образом, в лесной зоне. Лапчатка гусиная практически не входит в число доминирующих в агроценозах видов сорных растений, однако в качестве сопутствующего вида может встречаться в агроценозах всех культур. В агроэкосистеме помимо сеgetальных местообитаний, охотно селится на вторичных местообитаниях с нарушенным растительным покровом, откуда всегда заходит на близлежащие поля.

Оригинальная карта распространения лапчатки гусиной на территории России составлена впервые по опубликованным в открытой печати данным. Поскольку вид не является доминирующим в агроценозах, для него не выделяется зона вредоносности, но указываются регионы, где вид является обычным и где встречается редко (рис.).

Библиографический список (References)

- Абрамов Н.В. Конспект флоры Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: МарГУ.1995.192 с.
- Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Изд-во Казанского университета, 2000. 496 с.
- Бакташева Н.М. Конспект флоры Калмыкии. Элиста: из-во Калм. ун-та. 2012, 112 с.
- Вылцан Н.Ф. Определитель растений Томской области. Томск: Изд-во Томского университета, 1994. 301 с.
- Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Определитель. Т.3. Издательство ростовского университета. 1980. 328 с.
- Гафурова М.М. Сорные растения Чувашской республики. Флора Волжского бассейна. Т. III Тольятти: Кассандра. 2014. 333 с.
- Говорухин В.С. Флора Урала Свердловск: Свердловской областное издательство.1937. 536 с.
- Дорогостайская Е.В. Сорные растения крайнего севера СССР. Ленинград: Наука, 1972. 172 с.
- Ермилов Г. Б. Краткий определитель растений Тюменской области. Тюмень: Тюменское книжное издательство. 1961.251 с.
- Ефимова Т.П. Определитель растений Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удмуртия.1972. 224 с.
- Иванов А.Л. Конспект флоры Ставрополья. Ставрополь: СГУ, 1997. 156 с.
- Иллюстрированный определитель растений Пермского края / С.А. Овеснов, Е.Г. Ефимик, Т.В. Козьминых и др. / Под ред. С.А. Овеснова. Пермь: Книжный мир. 2007. 743 с

Рисунок. Распространение лапчатки гусиной *Potentilla anserina* L. на территории РФ

- Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / Л.И. Малышев [и др.]; под ред. К.С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
- Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения) В.В. Чепиного и др., под ред. Л.И. Малышева. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. Ун-та, 2008. 327 с.
- Конспект флоры Сибири. Сосудистые растения. Под ред. д.б.н. Байкова К.С. Новосибирск: Наука. 2005. 362 с.
- Кравченко А.В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2007. 403 с.
- Лактионов А.П. Флора Астраханской области [Текст]: монография. Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2009. 296 с.
- Лысенко Д.С. Синантропная флора Магаданской области. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2012. 111 с.
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.,
- Мартыненко В.А., Б. И. Груздев. Определитель сосудистых растений окрестностей Сыктывкара. Екатеринбург: УрО РАН. 2005. 262 с.
- Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Том I (Lycopodiaceae - Urticaceae). Отв. ред. чл-корр. РАН Р.В. Камелин. Махачкала: Издательский дом "Эпоха", 2009. 320 с.
- Науменко Н.И. Флора и растительность южного Зауралья: Монография. Курган: Изд-во Курганского гос. Ун-та. 2008. 512 с.
- Нечаева Т.И. Определитель сорных растений Приморского края. Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, 1993. 92 с.
- Определитель высших растений Сахалина и Курильских островов. Д.П. Воробьев, В.Н. Варошилов, Н.Н. Гурзенков, Ю.А. Доронина, Е.М. Егорова, Т. И. Нечаева, Н.С. Пробатова, А.И. Толмачев, А.М. Черняева. Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 1974. 372 с.
- Определитель высших растений Якутии. Под ред. А. И. Толмачева. Новосибирск: Изд-во Наука. Сибирское отделение. 1974. 543 с.
- Определитель растений Алтайского края / И.М. Красноборов, М.Н. Ломоносова, Д.Н. Шауло и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2003. 634 с.
- Определитель растений Бурятии / Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д., Осипов К.И., Сэкулич И.Р., Бадмаева Н.К., Намзалов Б.Б., Кривобоков Л.В., Мункуева М.С., Суткин А.В., Тубшинова Д.Б., Тубанова Д.Я. Улан-Удэ: Изд-во Республиканская типография, 2001. 672 с.
- Определитель растений Кемеровской области / И.М. Красноборов, Э.Д. Крапивкина, М.Н. Ломоносова и др. Под ред. И.М. Красноборова. Новосибирск. Изд-во СО РАН. 2001. 477 с.
- Определитель растений Кировской области. Часть вторая. Киров: Изд-во Кировского государственного педагогического института. 1975. 304 с.
- Определитель растений Новосибирской области / И.М. Красноборов, М.Н. Ломоносова, Д.Н. Шауло и др., Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие РАН, 2000. 482 с.
- Определитель растений республики Алтай. И.М. Красноборов (и др.), отв. ред. И.М. Красноборов, И.А. Артемов. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2012. 701 с.
- Определитель растений республики Тыва. Издание второе, дополненное. И.М. Красноборов (и др.) Отв. Ред Т.Н. Шауло. Новосибирск: СО РАН, 2007. 706 с.
- Определитель сосудистых растений Камчатской области. Под ред. С.С. Харкевича и С.К. Черепанова. М.: Наука, 1981. 411 с.
- Определитель сосудистых растений Среднего Урала. П.Л. Горчаковский, Е.А. Шурова, М.С. Князев и др., М.: Наука. 1994 525 с.
- Орлова Н.И. Конспект флоры Вологодской области. Высшие растения. Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Том. 77, Вып.3. Санкт-Петербург: Алга-Фонд, 1993. 262 с.
- Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона. Самара: Изд-во «Самарский университет», 2001. 388 с.
- Рябинина З.Н. М.С. Князев. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2009. 758 с.
- Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. Т.8 Отв. Ред. С.С. Харкевич. СПб.: Наука. 1996. 383 с.
- Флора Красноярского края. Выпуск V. Ч. 4. Ред. С.К. Черепанов, Томск: Изд-во Томского Ун-та. 1975. 149 с.
- Флора Мурманской области. Выпуск 5. Москва-Ленинград: Наука. 1966. 550 с.
- Флора Нижнего Дона. Определитель. Часть I. Изд-во Ростовского университета. 1984. 280 с.
- Флора Прибайкалья. Ред. Л.И. Малышев, Г.А. Пешкова. Новосибирск: Наука Сибирское отделение, 1978.320 с.
- Флора Сибири. Rosaceae. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е. 1988. 200 с.
- Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений северо-западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) СПб: Издательство СПХФА, 2000.781 с.
- Шлотгаузер С.Д. Крюкова М.В. Антонова Л.А. Сосудистые растения Хабаровского края и их охрана. Владивосток-Хабаровск.: ДВО РАН, 2001. 195 с.
- Шмидт В.М. Флора Архангельской области СПб.: Изд-во СПб Ун-та, 2005. 346 с.

Translation of Russian References

- Abramov N. V. Synopsis of the flora of the Mari El Republic / Yoshkar-Ola: Marijskij Gosudarstvennyj Universitet.1995.192 p. (In Russian). (In Russian).
- Bakin O. V., Rogova T. V., Sitnikov A. P. Vascular plants of Tatarstan / Izdatelstvo Kazanskogo Universiteta. 2000. 496 p. (In Russian).
- Baktasheva N. M. Synopsis of the flora of Kalmykia / Elista: Izdatelstvo Kalmytskogo Universiteta. 2012 , 112 p. (In Russian).
- Dorogostaiskaya E.V .Weed plants of the extreme north of the USSR. Leningrad: Izdatelstvo Nauka, 1972. 172 p. (In Russian).
- Efimova, T.P. The keys of plants in Udmurtia /Izhevsk Izdatelstvo Udmurtia. 224 p. (In Russian).
- Ermilov G.B. Brief keys of plants of the Tyumen region. Tyumen:Tyumenskoje knishnoje Izdatelstvo. 1961.251 p. (In Russian).
- Flora of Siberia. Rosaceae / Novosibirsk: Nauka, Sibirskoje otdelenije. 1988. 200 p. (In Russian).

- Flora of the Baikal region. Ed. L.I. Malyshev, G.A. Peshkova / Novosibirsk: Nauka, Sibirskoye otdeleniye. 1978. 320 p. (In Russian).
- Flora of the Krasnoyarsk Territory. Issue V. Part 4. Ed. S.K. Cherepanov / Tomsk: Izdatelstvo Tonskogo universiteta. 1975. 149 p. (In Russian).
- Flora of the Lower Don. Identifier. Part 1. Rostov-na-Donu: Izdatelstvo Rostovskogo universiteta, 1984. 280 p. (In Russian).
- Flora of the Murmansk region. Issue 5. / Moscow-Leningrad: Nauka. 1966. 550 p. (In Russian).
- Gafurova M. M. Weeds of the Chuvash Republic. Flora of the Volga basin. T. III Tolyatti: Kassandra. 2014. 333 p. (In Russian).
- Galushko A. I. Flora of The Northern Caucasus. Keys. Vol. 3. / Izdatelstvo Rostovskogo Universiteta. 1980. 328 p. (In Russian).
- Govorukhin V.S. Flora of the Ural. Sverdlovsk: Sverdlovskoye oblastnoye izdatelstvo. 1937. 536 p. (In Russian).
- Illustrated keys to plants of Perm region / S. A. Ovesnov, E. G. Efimik, T. V. Kozminykh, etc. / Under the editorship of S. A. Ovesnov. // Perm: Knishnyj mir. 2007. 743 p. (In Russian).
- Ivanov A.L. Synopsis of the flora of Stavropol / Stavropol: Stavropolskij gosudarstvennyj uniersitet, 1997. 156 p. (In Russian).
- Kravchenko A. V. Synopsis of the flora of Karelia / Petrozavodsk: Karelskij nauchnyj tseñtr Rossijskoj Akademii Nauk. 2007. 403 p. (In Russian).
- Laktionov A. P. flora of the Astrakhan region [Text]: monograph./ Astrakhan: Izdatelskij dom "Astrakhanskij Universitet". 2009. 296 p. (In Russian).
- Lysenko D. S. Sinanthropic flora of the Magadan region / Magadan: Severo-Vostochnyj nauchnyj tseñtr dalnevostochnogo otdelenija Rossijskoj Akademii Nauk, 2012. 111 p. (In Russian).
- Maevskij P. F. Flora of middle belt of the European part of Russia. 11th ed. / Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdanij KMK, 2014. 635 p. (In Russian).
- Martynenko V. A. , B. I. Gruzdev. The vascular plants in the vicinities of Syktyvkar /Ekaterinburg: Uralskoje otdelenije Rossijskoj Akademii Nauk. 2005. 262 p. (In Russian).
- Murtazaliyev R. A. Synopsis of the flora of Dagestan. Volume I (Lycopodiaceae - Urticaceae) Resp. ed. R. V. Kamelin / Makhachkala: Izdatelskij dom "Epocha", 2009. 320 p. (In Russian).
- Naumenko N.I. Flora and vegetation of the southern Trans-Urals: Monograph./ Kurgan: Izdatelstvo Kurganskogo Universiteta 2008. 512 p. (In Russian).
- Nechaeva T.I. The keys of weed plants in the Primorye Territory./ Vladivostok: Izdatelstvo Dalnevostochnogo Universiteta. 1993. 92 p. (In Russian).
- Orlova N.I. Synopsis of the flora of the Vologda region. Higher plants. Trudy Sankt-Peterburgskogo obshestva estestvoispytatelej. Tom. 77, Vol. 3 / St. Petersburg: Alga-Fond, 1993. 262 p. (In Russian).
- Plaksina T.I. Synopsis of the flora of the Volga-Ural region / Samara: Izdatelstvo "Samarskij Universitet", 2001. 388 p. (In Russian).
- Ryabinina Z.N. , M.S. Knyazev. The keys of vascular plants in the Orenburg region / Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdanij KMK. 2009. 758 p. (In Russian).
- Shlotgauser S.D. Kryukova M.V. Antonova L.A. Vascular plants of the Khabarovsk Territory and their protection / Vladivostok-Khabarovsk: Dalnevostochnoje otdelenije Rossijskoj Akademii nauk. 2001. 195 p. (In Russian).
- Shmidt V.M. Flora of the Arkhangelsk Region. St. Petersburg: Izdatelstvo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2005. 346 p. (In Russian).
- Synopsis of flora of Asian Russia: Vascular plants / L. I. Malyshev [et al.]; edited by K. S. Baikov.// Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdelenija RAN, 2012. 640 p. (In Russian).
- Synopsis of the flora of Irkutsk region (vascular plants) V. V. Chepinoga, etc., under. ed. L. I. Malysheva // Irkutsk: Izdatelstvo Irkutskogo Universiteta. 2008. 327 p. (In Russian).
- Synopsis of the flora of Siberia. Vascular plants. Baikov K. / Ed. Novosibirsk: Nauka. 2005. 362. (In Russian).
- The keys of higher plants of Sakhalin and the Kuril Islands. D.P. Vorobyov, V.N. Varoshilov, N.N. Gurzenkov, Yu.A. Doronina, E.M. Egorova, TI Nechaeva, N.S. Probatova, A.I. Tolmachev, A.M. Chernyaeva. Leningrad: Nauka, Leningradskoye otdelenije, 1974. 372 p. (In Russian).
- The keys of higher plants of Yakutia. Ed. AI Tolmachev / Novosibirsk: Nauka Sibirskoye otdelenije. 1974. 543 p. (In Russian).
- The keys of plants in the Altai Territory. Krasnoborov, M.N. Lomonosova, D.N. Shaulo et al./ Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdelenija Rossijskoj Akademii nauk, Fjllal "Geo", 2003. 634 p. (In Russian).
- The keys of plants in the Novosibirsk Region / I.M. Krasnoborov, M.N. Lomonosov, D.N. Shaulo et al. // Novosibirsk: Nauka, Sibirskoye predpriyatje Rossijskoj Akademii nauk, 2000.482 p. (In Russian).
- The keys of plants of Buryatia / Anenkhonov O.A., Pykhalova T.D., Osipov K.I., Sakulich I.R., Badmaeva N.K., Namzalov B.B., Krivobokov L.V., Munkueva M.S., Sutkin A.V., Tubshinova D.B., Tubanova D.Ya. // Ulan-Ude: Respublikanskaja tipografija, 2001. 672 p. (In Russian).
- The keys of plants of the Altai Republic. Krasnoborov (and others), Ed. I.M. Krasnoborov, I.A. Artemov / Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdelenija Rossijskoj Akademii nauk. 2012. 701 p. (In Russian).
- The keys of plants of the Kemerovo region. I.M. Krasnoborov, E.D. Krapivkina, M.N. Lomonosova and others. Ed. I.M. Krasnoborova / Novosibirsk. : Izdatelstvo Sibirskogo otdelenija RAN. 2001. 477 p. (In Russian).
- The keys of plants of the Kirov region. Part two / Kirov: Izdatelstvo Kirovskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta. 1975. 304 p. (In Russian).
- The keys of plants of the Republic of Tuva. Second edition, supplemented. I.M. Krasnoborov (and others). Red T.N. Shaulo./ Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdelenija Rossijskoj Akademii nauk. 2007. 706 p. (In Russian).
- The keys of vascular plants of the Kamchatka region. Ed. S.S. Kharkevich and S.K. Cherepanov / M.: Nauka, 1981. 411 p. (In Russian).
- The keys of vascular plants of the Middle Urals. P.L. Gorchakovskiy, E.A. Shurova, M. Knyazev and others. M.: Nauka. 1994. 525 p. (In Russian).
- Tsvelev N.N. The keys of vascular plants in northwestern Russia (Leningrad, Pskov and Novgorod regions). SPb.: Izdatelstvo SPKhFA, 2000.781 p. (In Russian).
- Vascular plants of the Soviet Far East. T.8. Resp. Ed. S.S. Kharkevich. / SPb.: Nauka. 1996. 383 p. (In Russian).
- Vyltsan N. F. The keys of plants of the Tomsk region / Tomsk: Izdatelstvo Tomskogo Universiteta. 1994. 301 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 4(94), p. 67–70

THE DISTRIBUTION OF *POTENTILLA ANSERINA* (ROSACEAE) ON THE TERRITORY OF RUSSIA

N.N. Luneva¹, Yu.A. Fedorova²

¹ All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

² Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

A map of the weed plant *Potentilla anserina* L. distribution on the territory of the Russian Federation is created for the first time based on the data extracted from scientific publications. The area is divided into zones of common and rare species occurrence.

Keywords: weed; *Potentilla anserina*; distribution; map; Russia.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

*Лулева Наталья Николаевна. Ведущий научный сотрудник, зав. сектором, канд. биол. наук, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru Санкт-Петербургский Государственный Университет, 10 линия В.О., 33–35, 199178, Санкт-Петербург, Российская Федерация
Федорова Юлия Андреевна. Студент Института Наук о Земле СПбГУ, e-mail: ptitsakyu@gmail.com

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Luneva Nataliya Nikolaevna. Leading Researcher, Head of Sector, PhD in Biology, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru St. Petersburg State University, 10th line of the VO, 33-35, 199178, St. Petersburg, Russian Federation
Fedorova Julia Andreevna. Student of the Institute of Earth Sciences of St. Petersburg State University, e-mail: ptitsakyu@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

В “Вестнике защиты растений” публикуются результаты оригинальных исследований, теоретические обзоры, прикладные работы, дискуссии и рецензии работ по биологическим проблемам, имеющим отношение к защите растений.

Журнал пропагандирует современные методы защиты растений, включая методы создания устойчивых сортов растений и биосредства борьбы с вредными объектами; фитосанитарный мониторинг агроэкосистем, их агробиоценологическую диагностику и моделирование идущих в них процессов; технологию, экономику и экологическую безопасность применения средств защиты растений.

Фиксированные разделы журнала: 1) полные статьи, 2) краткие сообщения, 3) дискуссия, 4) хроника. Периодичность выхода журнала 4 раза в год.

Требования к оформлению рукописи

Рукопись на русском или английском языке объемом до 12 страниц формата А4 представляется в виде документа Microsoft Word в качестве приложения к письму по адресу vestnik@vizr.spb.ru. Одновременно редакции должен быть выслан один экземпляр распечатки рукописи, подписанный всеми ее авторами.

В рукописи следует использовать только стиль абзаца “Обычный”, не использовать стили для форматирования символов. Дробная часть числа отделяется точкой. Размер шрифта основного текста 12 пунктов, в таблицах, подписях к рисункам и списке литературы – 9 пунктов. Межстрочный интервал – одинарный. Ориентация страницы “книжная”. Шрифт Times New Roman; допустимо использовать Arial в иллюстрациях и Symbol для набора греческих букв.

В 1-м абзаце приводится УДК.

Во 2-м абзаце должно быть указано название статьи (1–3 строки в нормальном регистре, **т.е. заголовок не следует набирать прописными буквами**, они должны быть лишь там, где необходимо – в именах собственных, аббревиатурах и т.п.)

В 3-м – инициалы и фамилии авторов (а)

В 4-м – наименование и электронный адрес организации, город, страна

В 5-м размещается структурированный **Реферат**. Название статьи в нем не повторяется, текст на абзацы не разбивается. Структура реферата кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.). Допускается введение сокращений в пределах реферата (понятие из 2–3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Избегайте использования вводных слов и оборотов! Не нужно подчеркивать личный вклад автора! Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры (например, названий учреждений) без расшифровки и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: WTO – WTO, ФАО – FAO и т.п.).

В 6-м абзаце – до 8 ключевых слов или словосочетаний, не входящих в название статьи.

Далее идет основной текст статьи.

Примерный план статьи: краткое вступление, методика

исследований, результаты исследований, обсуждение или выводы, библиографический список. В кратком сообщении выделение разделов необязательно.

Иллюстрации, таблицы и подписи к ним размещают в тексте, непосредственно после абзаца с первой ссылкой на них. Рекомендуемая ширина рисунков и таблиц – 8.7 см (по ширине колонки), либо 18.1 см (во всю страницу). Диаграммы и графики строятся без использования цветных элементов, стандартными средствами Microsoft Word, либо (предпочтительно) в программе Microsoft Excel (в этом случае необходимо предоставить дополнительные файлы (.xls) с оригиналами). Они должны оставаться доступными для редактирования. Растровые изображения (фотографии и т.п.), помимо размещения в тексте статьи, также предоставляются в виде отдельных файлов в формате TIF или JPEG (максимального качества), в черно-белом (Grayscale) исполнении, с разрешением не менее 300 точек на дюйм (dpi). Рисунки не должны дублировать содержание таблиц.

Формулы строятся в стандартном редакторе формул Microsoft Word, либо предоставляются в виде черно-белых растровых изображений с разрешением не менее 600 dpi.

Латинские названия видов приводят полностью при первом их упоминании в тексте, с указанием автора вида; повторно – в сокращенной форме. Следует придерживаться современной номенклатуры. Названия видов и родов выделяются курсивом.

В ГОСТ Р 7.0.5-2008 введены новые правила: **ссылки (отсылки) на издание**, включенное в библиографический список следует приводить **только в квадратных скобках**. В них проставляют первые слова библиографического описания и год издания: [Петров, 2000; Сидоров и др., 2005; Система интегрированной защиты..., 2016]. Внутритекстовые ссылки применяются в тех случаях, когда сведения об анализируемом источнике невозможно перевести в библиографический список или они являются частью основного текста. Их заключают в круглые скобки и приводят непосредственно в строке после текста, к которому они относятся. Например: *Бердяев с горечью пишет, что “старая Европа изменила своему прошлому, отреклась от него” (Смысл истории. М., 1990. С. 166).*

После основного текста размещают **библиографический список**.

Все описания в нем должны быть оформлены единообразно: только с точкой, без тире между их частями. Для книг указывается издательство. Электронный документ и дата обращения к документу приводятся всегда.

В журнале применяется алфавитный способ составления библиографического списка (без нумерации), сначала на кириллице, затем – на латинице.

Примеры оформления в списке литературы статей из журналов и периодических сборников по ГОСТ Р 7.0.5-2008:

Боков В.К. Причины кризиса экономической модели США / В.К. Боков // РБК. 2014. N 4. С. 15–20.

Вагнер А.И. Правовые конструкции в экологическом праве / А.И. Вагнер, О.И. Кох, И.И. Иванов // Экологическое право. 2008. N 3. С. 4–12.

Статья из неперiodического сборника:

Любомилова Г.В. Определение алюминия в тантапониобиевых минералах / Г.В. Любомилова, А.Д. Миллер // Новые метод. исслед. по анализу редкоземельн. минералов, руд и горн. пород. М.: 1970. С. 90–93.

Электронный документ:

Бердяев Н.А. Смысл истории. [Электронный ресурс]: Библиотека Якова Кротова. URL: http://krotov.info/library/02_b/berdyayev/1923_019_4.htm (дата обращения: 18.02.2014).

Статьи из продолжающихся или многотомных изданий, книги, авторефераты диссертаций, аналитические обзоры, патенты, электронные издания и документы также оформляются по ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Сокращение отдельных слов и словосочетаний применяют для всех элементов библиографической записи, за исключением основного заглавия документа. Слова и словосочетания сокращают по ГОСТ 7.11 и ГОСТ 7.12.

После основного списка литературы приводят **список всех цитируемых работ на кириллице в переводе на английский язык** (названия журналов и издательств транслитерируют, место издания не сокращают). Транслитерация на латинице (формат BGN), сайт www.translit.ru. Например, Ivanov I.I. Title of the paper. Nazvanie zhurnala. 1995. V. 47. N 5. P. 20–32 (In Russian); Ivanov I.I. Title of the book. Moscow. Nauka. 1995. 320 p. (In Russian).

Количество пристатейных библиографических ссылок должно быть не более 5–7 – для кратких сообщений, порядка 15–20 – для экспериментальных работ, и не превы-

шать 20% основного текста – для обзорных статей.

В конце рукописи приводят **на английском языке** название статьи (в нормальном регистре, т.е его не следует набирать прописными буквами, они должны быть лишь там, где необходимо), инициалы и фамилии авторов, места их работы, реферат (текст объемом порядка 100 слов для кратких сообщений, 200–250 слов – для полных статей), ключевые слова. Недопустимо использование машинного перевода на английский язык!

В завершение даются **сведения об авторах на русском и английском языках** в следующем порядке: почтовый адрес организации, ФИО полностью, должность, ученая степень и звание, e-mail. Перед фамилией автора, ответственного за переписку ставится знак *.

При направлении рукописи прилагаются разрешительные документы организации. Внешняя рецензия доктора или кандидата наук по направлению НИР желательна (в сканированном виде). Рецензент / рекомендатель указывает о себе необходимые данные.

Авторы гарантируют, что ранее рукопись не публиковалась, в ней отсутствует плагиат и иные формы неправомерного заимствования данных, а при заимствованиях текста, таблиц, схем, иллюстраций – они надлежаще оформлены. Автор(ы) несут ответственность за точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и иных сведений.

Заверенные и завизированные руководителем персональные рукописи аспирантов рассматриваются вне очереди. Плата за публикацию не взимается. Рукописи статей не возвращаются.

Авторам, указавшим e-mail, высылается pdf-файл статьи.

Рукописи статей, написанных в форме отчетов и оформленные не по ГОСТ Р 7.05-2008, не принимаются. По всем возникающим вопросам обращайтесь через электронную почту по адресу vestnik@vizr.spb.ru.

Научное издание.

Индекс 36189

Подписано к печати 12 декабря 2017 г.

Формат 60x84/8. Объем 9 п.л. Тираж 500 экз. Заказ