

RETRACTED

OECD+WoS: 1.06+1Y

[http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2\(100\)-33-40](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2(100)-33-40)

Полнотекстовая статья

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ЛИЧИНКАМИ ЖУКОВ-ЩЕЛКУНОВ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

С.Р. Фасулати*, О.В. Иванова

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

** ответственный за переписку, e-mail: fasulatiser.spb@mail.ru*

Рассмотрен ряд аспектов экологии и пищевой специализации личинок жуков-щелкунов (Coleoptera, Elateridae), известных как «проволочники», на примере щелкуна посевного полосатого *Agriotes lineatus* L. Показано, что сортовые особенности картофеля являются для личинок щелкунов одним из основных факторов детерминации их поведения при выборе источников пищи и доступной воды. Помимо этого, для личинок более аттрактивны клубни, инфицированные фитопатогенами на ранних этапах патогенеза. Из экзогенных факторов среды на характер заселения посадок картофеля личинками щелкунов и на их миграционную активность наиболее существенно влияют растения-предшественники и режим увлажнения почвы в его сезонной динамике. Названные факторы следует учитывать при выборе условий, методов и критериев отбора сортов картофеля, слабо повреждаемых личинками щелкунов. В полевых условиях такой отбор возможен на опытном участке с равномерным естественным заселением вредителями и с использованием следующих основных критериев для каждого сорта: 1) процент поврежденных клубней; 2) общее количество входных отверстий («червоточин»); 3) среднее количество входных отверстий на 1 поврежденный клубень. Для лабораторной оценки сортов картофеля

следует использовать неинфицированные клубни. По данным ежегодного изучения в 2009–2018 гг. 20–40 сортов картофеля на опытных полях ВИЗР в г. Пушкине (СПб) и в Тосненском районе Ленинградской области сорта Наяда, Алый парус, Лига, Свитанок киевский обладают групповой устойчивостью к проволочникам и колорадскому жуку *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae), тогда как сорт Невский является одним из наиболее сильно повреждаемых обоими вредителями.

Ключевые слова: картофель, сорт, клубень, жуки-щелкуны, проволочники, поврежденность, почва, влажность

Поступила в редакцию: 27.03.2019

Принята к печати: 30.05.2019

Введение

Картофель в основных зонах его возделывания серьезно повреждают, помимо наиболее опасных специализированных вредителей пасленовых культур (колорадский жук, картофельная моль, 28-пятнистая коровка и др.), также некоторые многоядные фитофаги. В первую очередь это проволочники – личинки жуков семейства щелкунов (Elateridae). Из них вредители картофеля на Северо-Западе России и в Нечерномье считаются 8 массовых видов, вредоносность которых в последние годы возрастает (Еланский, 2009; Волгарев, 2005; Система..., 2016).

Условия картофельных полей благоприятны для обитания личинок щелкунов, поскольку для них корм одновременно является незаменимым источником влаги для поддержания водного баланса ввиду неспособности добывать воду в капальном виде непосредственно из почвы. Заглатывая пищу они способны лишь в диспергированном состоянии (на крупных кусках) и потому питаются преимущественно нежными и сочными тканями растений, которые содержат много влаги и легко поддаются дисперсному измельчению. Таковы клубни картофеля, используемые личинками главным образом как источник доступной для усвоения воды; оптимальным же кормом для личинок большинства массовых видов щелкунов являются корни и корневища пырея ползучего *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski и других злаков (Черепанов, 1957; Бобинская и др., 1965; Волгарев, 2005).

Повреждения клубней личинками щелкунов значительно ухудшают их потребительские качества и способствуют проникновению в клубни из почвы бактериальной и грибной фитопатогенной инфекции, что особенно нежелательно при выращивании семенного картофеля. Инфицирование поврежденных клубней ведет также к возрастанию их потерь от загнивания при хранении. При скрытом образе жизни личинок применение против них инсектицидов и микробиопрепаратов затруднено и в основном ограничено обработкой семенных клубней и борозд перед посадкой (Волгарев, 2005; Система..., 2016). С учетом этого

в системах интегрированной защиты картофеля возрастает роль преимущественного возделывания устойчивых к вредным организмам сортов как экологической основы фитосанитарной стабилизации агробиоценозов (Павлюшин и др., 2013).

О пищевой избирательности проволочников в отношении клубней различных сортов картофеля, т.е. о проявлениях данными полифагами субгостальной пищевой специализации известно с середины XX века. Поиск и распознавание проволочниками источников пищи и воды включает дистантную (на расстоянии до 90 см) и контактную ориентацию и рецепцию по запаховым и вкусовым стимулам. С помощью хеморецепторов на антеннах, губных и челюстных щупиках личинки реагируют на соки растений, сахара, жиры и белки (Черепанов, 1957; Barsics et al., 2014, и др.), состав и содержание которых в органах различных видов и форм растений специфичны. Очевидно, что этим во многом обусловлены давно отмеченные различия степени повреждения проволочниками клубней разных сортов картофеля при наличии выбора, и соответственно – реальность выделения устойчивых к ним образцов (Бобинская и др., 1965; Kwon et al., 1999; Andrews et al., 2008; Giordanengo et al., 2013). Однако в качестве признака аттрактивности клубней картофеля для проволочников указывается только уровень содержания сахаров, а в качестве механизма устойчивости слабо повреждаемых ими форм – только общее содержание гликоалкалоидов (α -соланин, α -чаконин), и чаще всего в недопустимо высоких концентрациях для клубней сортов продовольственного назначения (Olsson, Jonasson, 1995; Suszkiw, 2011).

Задачи наших исследований включали изучение пищевого поведения проволочников с учетом сортовых различий картофеля и других агроэкологических факторов, а также совершенствование методов выявления слабо повреждаемых сортов из числа обладающих высокими потребительскими качествами и допущенных к возделыванию в России.

Материалы и методы

Исследования выполняли на базе лаборатории сельскохозяйственной энтомологии ВИЗР и филиала ВИЗР «Тосненская опытная станция защиты растений» с проведением полевых и лабораторных опытов. В них изучали в основном личинок щелкуна посевного полосатого *Agriotes lineatus* L. (Coleoptera, Elateridae) как наиболее многочисленного вида в окрестностях Санкт-Петербурга и в Тосненском районе Ленинградской области.

Пищевую ориентацию личинок изучали в осенний период общепринятыми методами экологии насекомых применительно к почвообитающим организмам (Кожанчиков, 1961, и др.). В качестве аналогов чашек Коха использовали

стеклянные цилиндры 350 x 100 мм и квадратные деревянные ящики того же размера, где размещали в слое торфогрунта типа «Садовая земля» клубни нескольких сортов картофеля нового урожая, раскладывая по кругу по 1–3 клубня каждого сорта с равными промежутками между сортами. После заполнения емкости торфогрунтом почти до верхнего края делали углубление в центре, куда высаживали 30–40 личинок III–IV возрастов щелкуна *A. lineatus*, предварительно собранных на полях ВИЗР и ТОСЗР. Через 6–8 дней после закладки опыта подсчитывали личинок, избравших клубни каждого сорта, учитывая особей на клубнях и в грунте соответствующего сектора сосуда

или ящика. Также подсчитывали количество поврежденных клубней и входных отверстий на каждом из них и анализировали характер локализации ходов.

Полевую оценку повреждаемости клубней разных сортов картофеля проводили путем ежегодной закладки деляночных опытов. На центральном опытном поле ВИЗР (г. Пушкин) высаживали весь изучаемый набор из 20–40 сортообразцов делянками по 24 куста каждого сорта (рядка по 6 кустов) и несколько широко возделываемых сортов из их числа – дополнительно укрупненными делянками по 70–120 кустов; клубни высаживали в борозды. На полях Тосненского филиала ВИЗР (с. Ушаки) с 2015 г. ежегодно высаживали от 3 до 10 широко возделываемых сортов картофеля более крупными делянками (по 90–300 кв. метров) способом механизированной закладки клубней в гребни.

Для анализа результатов во всех вариантах полевых опытов ежегодно при уборке урожая (сентябрь) отбирали пробы клубней каждого сорта, которые анализировали не по двум (Kwon et al., 1999), а по биологическим показателям, предлагаемым в качестве критериев оценки степени повреждаемости сортов: 1) доля (%) клубней с повреждениями; 2) общее количество входных отверстий в пробе клубней; 3) среднее число входных отверстий на 1 поврежденный клубень без учета неповрежденных (Иванова,

Фасулати, 2016). Отбор проб проводили с учетом размера опытных участков: из урожая с малых делянок поля ВИЗР (по 24 куста) для анализа поврежденности сорта брали 3–4 пробы по 10–15 клубней в каждой; с укрупненных делянок основных сортов – не менее 4 пробы по 25–40 клубней. На более крупных участках поля Тосненского филиала ВИЗР пробы отбирали путем копки 3 кустов картофеля в 4–5 точках массива каждого сорта, дистанцированных одна от другой, и анализировали в каждой пробе все клубни, кроме самых мелких диаметром менее 20 мм.

В 2018 г. поврежденность клубней сорта Удача из урожая с поля ТОСЗР проанализирована также отдельно в 3 фракциях по величине клубней. С 2017 г. в полевых опытах при уборке урожая или при выборочной копке проб клубней каждого сорта учитывали количество живых личинок, обнаруженных на клубнях и в пахотном слое почвы вблизи кустов картофеля – в зоне гнезда клубней.

Данные проведенных опытов обрабатывали общепринятыми методами биометрии, а также способом «суммы рангов» по 3–4 критериям, включая названные выше, выбираемым применительно к изучаемым объектам и условиям проведения опытов согласно методикам ВИЗР по оценке устойчивости образцов растений к вредителям (Методические рекомендации..., 1980; Фасулати, Иванова, 2015, 2018; Иванова, Фасулати, 2016а, 2016б).

Результаты и обсуждение

Результаты многолетних исследований подтверждают приведенные выше данные литературы и, более того, указывают на ведущую роль сортовых особенностей картофеля среди факторов, определяющих выбор проволочниками источников пищи и воды.

Изучение локализации ходов личинок щелкуна посевного полосатого *A. lineatus* и щелкуна мраморного или пилоусого *Actenicerus sjaelandicus* Mull. (syn. *Corymbites sjaelandicus* Mull.) показало, что проволочники питаются преимущественно в ксилеме клубня, углубляясь обычно не более чем на 10–15 мм и почти не затрагивая сердцевину (Иванова, Фасулати, 2016а). Это закономерно, поскольку ткань сердцевины более твердая и менее насыщена влагой, чем ткань ксилемы. Отметим, что за все годы исследований мы не встречали личинок, внедрившихся в клубень на всю длину своего тела или более, а также сквозных ходов личинок через всю толщину клубня.

В любых условиях эксперимента при одновременном изучении не менее 6 сортов выделяются 3–5 градаций степени поврежденности сортов по совокупности не менее 3 биологических показателей. Об этом свидетельствуют данные полевого опыта 2015 г. с 21 сортом картофеля (Иванова, Фасулати, 2016а) и приведенные ниже новые примеры, поясняющие порядок ранжирования сортов по критериям поврежденности клубней в условиях полевого (табл. 1) и лабораторного опыта (табл. 2).

При экологическом подходе результаты оценки сортов картофеля на повреждаемость проволочниками, как и результаты их оценки на устойчивость к колорадскому жуку (Фасулати, Иванова, 2018), часто неоднозначны в методически однотипных опытах, но проведенных в различных агробиocenотических условиях. Тем не менее, из группы сортов картофеля, многократно оценивавшихся в 2009–2018 гг. в различных вариантах опытов, выделены

Таблица 1. Поврежденность личинками щелкунов клубней различных сортов картофеля на поле филиала ВИЗР «ТОСЗР» в 2017 г.

Сорта картофеля	Показатели поврежденности клубней *						Обнаружено личинок **		Индекс I – средний ранг	Градации степени поврежденности сортов
	1	2	3	Х	Ранг	Х	Ранг			
Рябинушка	30.0	1.5	6.3	1.5	1.4	2	4	2	1.75 2.13 2.83 4.25 4.25 5.75	Низкая: I < 2.57 Средняя (в пределах $I \pm 2/3 \sigma$): $2.57 < I < 4.43$ Высокая: I > 4.43
Чародей	30.0	1.5	6.3	1.5	1.3	1	8	4.5		
Невский	36.7	4.5	8.5	3	1.5	3	3	1		
Аврора	35.0	3	10.8	5	1.9	6	5	3		
Елизавета	36.7	4.5	9.5	4	1.6	4	8	4.5		
Ломоносовский	45.0	6	11.5	6	1.7	5	14	6		
Среднее ± s :	35.6 ± 2.07		8.8 ± 0.81		1.6 ± 0.08		7.0 ± 1.49		Для 6 сортов: $I \pm 2/3 \sigma = 3.50 \pm 0.93$	

* Показатели поврежденности клубней: 1 – процент поврежденных клубней; 2 – среднее количество входных отверстий в пробе из 15 клубней; 3 – среднее количество входных отверстий на 1 поврежденный клубень.

** Учитывались личинки на клубнях и в пахотном слое почвы при отборе проб клубней.

s – стандартная ошибка среднего.

Таблица 2. Сравнительное предпочтение личинками щелкунов клубней различных сортов картофеля в лабораторных опытах. ВИЗР 2017 г.

Сорт картофеля	Средняя доля личинок, выбравших сорт*:		Среднее количество вредных отпрысков: всего на 3 клубнях				Средний ранг сорта – индекс I	Градации сортов по степени предпочтения клубней
	% ± s	Ранг	n ± s	Ранг	на 1 поврежденной клубень	Ранг		
Ломоносовский	3.8 ± 2.13	2	1.7 ± 0.54	1	1.3	1	1.33	Непредпочитаемые I < 2.42
Аврора	6.7 ± 2.15	3	3.3 ± 0.98	2	2.0	2	2.33	
Рябиноушка	1.9 ± 0.76	1	6.3 ± 0.54	3	2.2	3	2.33	
Невский	18.2 ± 9.91	4	3.0 ± 0.82	4	2.7	4	4.00	Средне предпочитаемые (I ± 2/3σ)
Чародей	27.5 ± 15.8	5	1.0 ± 4.09	6	4.3	5	5.33	
Елизавета	36.1 ± 22.6	6	8.0 ± 4.65	5	5.2	6	5.67	Предпочитаемые I > 4.58
НСР (P < 0.05)	31.57		1.97		1.97		I ± 2/3σ = 3.50 ± 1.08	

* С учетом личинок, обнаруженных в клубнях и в почве соответствующего сектора сосуда.

s – стандартная ошибка среднего.

наиболее предпочитаемым проволочником сорт Невский и слабо повреждаемым ими сорта Наяда, Алы парус (табл. 3, 4), Лига и Елизавета киевский с пониженной аттрактивностью клубней, которые обладают также устойчивостью к колорадскому жуку, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) (Фасулати, Иванова, 2015). Это указывает на наличие у картофеля механизмов групповой устойчивости к насекомым-фитофагам, повреждающим любые вегетативные органы – как надземные, так и подземные.

В таблице 3 для обоих пунктов проведения полевых опытов в 2009–2018 гг. приводится подробное описание условий, которые влияют на уровень численности проволочников и характер заселенности ими картофельных полей с учетом известных экологических адаптаций щелкунов и их личинок. Таковыми считаются относительная гигрофильность проволочников, их многолетняя генерация,

предпочтение ими тяжелых и кислых почв, способность в условиях избытка или дефицита влаги активно мигрировать в те или иные почвенные горизонты с более благоприятными условиями, пищевое предпочтение корневищных злаков и аттрактивность заросших ими участков полей для имаго при выборе мест откладки яиц (Черепанов, 1957; Бобинская и др., 1965; Giordanengo et al., 2013).

По нашим данным, на степень заселенности полей личинками щелкунов и на их пищевое поведение наиболее существенно влияют растения-предшественники на опытных участках и режим увлажнения почвы в его сезонной динамике с учетом способа посадки картофеля. Так, во всех случаях размещения посадок картофеля по пару (центральное поле ВИЗР) или по пласту многолетних трав (поле Тосненского филиала ВИЗР) численность вредителей и, соответственно, общая средняя доля поврежденных ими клубней были существенно выше, чем на тех же

Таблица 3. Влияние агроэкологических условий на степень поврежденности личинками щелкунов различных сортов картофеля в полевых опытах в ВИЗР и на ТОСЗР в 2009–2018 гг.

Условия проведения и основные показатели полевых опытов	Характеристики посадок картофеля и результаты опытов в пунктах их проведения									
1. Центральное опытное поле ВИЗР (г. Пушкин)										
2018 г.: А – малые делянки всех сортов по 24 куста; Б – укрупненные делянки 7 сортов										
Годы изучения	2009 г.		2011 г.		2015 г.		2018 г. – А		2018 г. – Б	
Количество изучавшихся сортов	39		30		21		21		7	
Тип и кислотность почвы	Супесчаная, pH 5.5 ... 5.8									
Предшественники	Пар		Картофель		Пар		Зерновые		Зерновые	
Способ посадки картофеля	Раскладка клубней в борозды после тракторной нарезки борозд									
Сумма осадков (мм) по месяцам *:	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII
климатическая норма	66.0	69.4	66.0	69.4	66.0	69.4	66.0	69.4	66.0	69.4
текущий год	20.3	46.5	19.8	44.2	116.2	35.6	57.0	26.5	57.0	26.5
Влажность почвы в июле – августе	Пониженная		Пониженная		Оптимальная		Пониженная		Пониженная	
Удаление опытных делянок от лесов	>3 км от ближайших Александровского и Павловского пейзажных музейных парков									
Найдено личинок при копке проб клубней:	всего экз./средн.на 1 пробу				~ 0 / 0 (1 лич.)		0 / 0		~ 0 / 0 (1 лич.)	
Средний % поврежденных клубней ± s	29.8 ± 4.09		24.5 ± 4.00		20.21 ± 6.56		3.5 ± 0.66		2.8 ± 0.71	
Сопоставимые сорта и степень их поврежденности проволочниками по совокупности 3 биологических показателей относительно среднего значения по полевому опыту года:	Наяда		Чародей		Алы парус		Алы парус		Аврора	
	Елизавета		Невский		Лига		Елизавета		Наяда	
	Лига		Аврора		Наяда		Наяда		Чародей	
	Рябиноушка		Алы парус		Чародей		Рябиноушка		Ломоносовский	
Алы парус		Наяда		Рябиноушка		Аврора		Сиренев. туман		
Ниже средней		Лига		Елизавета		Чародей		Удача		
Средняя		Рябиноушка		Невский		Лига		Невский		
Выше средней		Елизавета		Аврора		Невский				

Продолжение тоаблицы 3

Условия проведения и основные показатели полевых опытов	Характеристики посадок картофеля и результаты опытов в пунктах их проведения							
2. Поля Тосненского филиала ВИЗР (с. Ушаково)								
Годы изучения	2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
Количество изучавшихся сортов	10		8		6		3	
Тип и кислотность почвы	Суглинистая, pH 5.1 ... 5.3				Суглинистая, pH 4.6 ... 4.9			
Предшественники	Картофель		Картофель		Пласт многолетних трав			
Способ посадки картофеля	Механизированная посадка клубней в гребни тракторной картофелесажалкой							
Сумма осадков (мм) по месяцам *:	VII		VII		VII		VII	
климатическая норма	66.0		66.0		66.0		66.0	
текущий год	116.2		136.2		78.8		57.0	
Влажность почвы	Оптимальная		Избыточная		Избыточная		Пониженная	
Удаление опытных делянок от лесов	200 м		150 м		40–60 м		70–250 м	
Найдено личинок при копке проб клубней, шт. / в среднем на 1 пробу ± s					42 / 1.75 ± 0.37		15 / 0.88 ± 0.32	
Средний % поврежденных клубней ± s	13.5 ± 2.1		17.5 ± 2.10		35.6 ± 2.07		38.7 ± 8.15	
Сорта и степень их поврежденности проволочниками по совокупности трех биологических показателей (относительно среднего значения по каждому опыту года: (обозначены в кавчках))	Наяда Лизавета Чародей Ломоносовский Лига Аврора		Наяда Лига Чародей Елизавета Ломоносовский Невский		Чародей Рябинушка Невский Елизавета Аврора Ломоносовский		Удача – опыт Удача – осн. массив Невский Чародей	

* В обеих частях таблицы даны данные агрометеостанции ВИР, г. Пушкин.
s – стандартная ошибка среднего.

Таблица 4. Градации степени устойчивости сортов картофеля к личинкам щелкунов по результатам многократной оценки в различных вариантах опытов 2009–2018 гг.

Сорт картофеля	Количество вариантов оценки сорта	Количество (n) и доля (%) одинаковых градаций степени поврежденности сорта в вариантах оценки:						Средний ранг сорта – индекс I	Градации сортов по степени повреждаемости (аттрактивности)
		Ниже средней		Средняя		Выше средней			
		n / %	Ранг	n	Ранг	n / %	Ранг		
А. Во всех вариантах опытов для 9 сортов, оценивавшихся не менее 4 раз:									
Наяда	7	5 / 71.4	1	2		0	1.5	2.50	Ниже средней: I < 3.98
Алый парус	4	2 / 50.0	2	2		0	1.5	2.83	
Рябинушка	6 *	2 * / 33.3	4.5	2		2 / 33.3	3	4.17	Средняя в пределах I ± 2/3 σ: 3.98 < I < 6.02
Елизавета	8 *	3 / 37.5	3	1	5 **	4 * / 50.0	7.5	5.17	
Чародей	10 *	3 / 30.0	6	3		4 * / 40.0	5	5.33	
Лига	6	2 / 33.3	4.5	1		3 / 50.0	7.5	5.67	
Аврора	8 *	2 * / 25.0	7	1		5 / 40.0	5	5.67	
Ломоносовский	5 *	1 * / 20.0	8	2		2 / 40.0	5	6.00	
Невский	9 *	1 / 11.1	9	3 *		5 / 55.6	9	7.67	Выше средней
Средневзвешенный индекс поврежденности для 9 сортов: I ± 2/3 σ = 5.00 ± 1.02									
Б. В 5 вариантах полевых опытов, общих для следующих 5 сортов картофеля:									
Наяда	5	3	1	2		0	1	1.67	Ниже средней
Лига	5	2	2.5	1		2	2.5	2.83	
Елизавета	5	2	2.5	0	3 **	3	4	3.17	Средняя: 2.43 < I < 3.57
Чародей	5	1	4	2		2	3.5	3.17	
Невский	5	0	5	1		4	5	4.33	
Средневзвешенный индекс поврежденности для 5 сортов: I ± 2/3 σ = 3.00 ± 0.57									

* Включая лабораторный опыт. ** По показателю доли средних результатов в независимых вариантах оценки всем сравниваемым сортам условно присвоен одинаковый ранг, равный средневзвешенному индексу I.

полях в годы высаживания картофеля по картофелю или после зерновых культур, т.е. на участках, значительно менее засоренных пыреем ползучим и другими видами корневищных злаков (табл. 3).

Названными факторами может быть обусловлена либо выраженная очаговость распространения проволочников в пределах опытного поля, что типично при их общей низкой численности (пример – поле ВИЗР, 2018 г.), либо различия плотности их популяции в разных участках поля в

связи с влиянием комплекса биотических и абиотических факторов, включая различия гидротермического режима почвы и предшествовавшего видового состава сорной растительности в пределах участка значительной площади (пример – поле ТОСЗР, 2018 г.). Это сказывается на результатах оценки сортов, размещенных на делянках в разных частях опытного участка; примеры – сорт Аврора на поле ВИЗР и сорт Удача на поле ТОСЗР в 2018 г. (табл. 3).

Условия увлажнения почвы также имеют существенное значение, однако они влияют прежде всего на поведенческие реакции и миграционную активность проволочников и должны рассматриваться в контексте сезонной динамики гидротермического режима. Так, на поле ТОСЗР при уборке урожая и отборе проб клубней 17–19 сентября 2018 г. отмечена диспропорция между высокой степенью поврежденности клубней – в среднем на уровне 2017 г. и более редкой встречаемостью живых личинок вблизи клубневых корней картофеля – в 2 раза ниже уровня 2017 г. (табл. 3).

Таблица 5. Поврежденность личинками щелкунов различных фракций клубней картофеля сорта Удача на опытном поле Тосненского филиала ВИЗР, с. Ушаки. 2018 г.

Фракция клубней сорта Удача по признаку массы одного клубня	Уборка клубней, количество клубней	Показатели поврежденности клубней проволочниками:		
		Доля поврежденных клубней, % ± s	Количество червоточин: всего в выборке клубней	в среднем на 1 поврежденный клубень ± s
Крупная – масса более 100 г	8 / 160	48.1 ± 3.18	204	2.7 ± 0.09
Средняя – масса 50–100 г	8 / 160	40.0 ± 1.25	123	1.9 ± 0.12
Мелкая – масса менее 50 г	8 / 160	27.5 ± 3.19	64	1.4 ± 0.14
Сумма или общее среднее	24 / 480	38.5 ± 2.33	391	2.0 ± 0.13
То же без разделения фракций:	8 / 195	39.0 ± 5.15	196	2.5 ± 0.24
НСР (P < 0.05)		6.95		0.39
НСР (P < 0.01)		8.93		0.50

s – стандартная ошибка среднего.

Вероятно, в засушливый период июля–августа 2018 г., когда шло завязывание и нарастание основной массы клубней, последние могли оказаться для проволочников по существу единственным источником доступной воды при обильном дефиците влаги. В таких условиях личинки активно повреждали молодые клубни с момента их завязывания, однако вскоре они в большинстве мигрировали в более увлажненные и благоприятные для них глубокие горизонты почвы во избежание губительного иссушения. В связи с этим закономерны как более редкая встречаемость личинок при уборке урожая в гребнях пахотного слоя почвы, чем в избыточно влажном 2017 г. (табл. 3), так и наибольшая степень поврежденности клубней крупной фракции (табл. 5) ввиду более ранних сроков их завязывания.

В то же время, несмотря на распространенную характеристику личинок щелкунов как гигрофильных насекомых, избыточная влажность почвы для них далеко не оптимальна, и в годы с суммой осадков в летние месяцы выше климатических норм для Северо-Западного региона она вызывает столь же активную миграцию личинок в наименее увлажненные почвенные слои. В таких условиях закономерна преимущественная локализация личинок в гребнях пахотного слоя почвы (при соответствующем способе посадки картофеля) вплоть до окончания уборки урожая клубней, что наблюдалось на полях ТОСЗР в 2017 г. (табл. 3).

Что касается других факторов среды, то тип и

Вероятно, причиной отмеченного явления представляются различия гидротермического режима названных лет, обуславливающие специфику миграционной активности личинок щелкунов в почвенных горизонтах и сроков преимущественного повреждения ими клубней картофеля как источников доступной воды. На это указывают результаты дифференцированного анализа поврежденности клубней сорта Удача из урожая 2018 г. с поля ТОСЗР, проведенного в трех фракциях по величине клубней (табл. 5).

кислотность почвы и удаленность посадок картофеля от лесных массивов, по нашим наблюдениям, в значительно меньшей степени определяют численность и характер распространения проволочников в посадках картофеля и не влияют напрямую на результаты оценки повреждаемости его сортов.

Варьирование показателей поврежденности проволочниками клубней тех или иных сортов картофеля наблюдается и в лабораторных условиях. Так, в опыте 2017 г. при статистически значимых различиях средних показателей поврежденности клубней отдельных сортов, что отмечено выше в таблице 3, имело место расхождение данных по трем повторностям, в которых наиболее предпочитаемыми сортами оказывались либо Невский, либо Чародей, либо Елизавета. Однако при анализе полученных результатов мы обратили внимание, что большинство избранных личинками клубней любого сорта имели признаки пораженности фитопатогенами (преимущественно фитотрофой) на ранних стадиях развития заболевания. Проведение уточняющего опыта с размещением в сосуде по кругу 3 пораженных и 3 непораженных клубней одного сорта Ломоносовский подтвердило значимость этого фактора в усилении аттрактивности клубней. Не исключено, что это связано с изменением органолептических свойств пораженного клубня за счет привнесенных собственных биополимеров, влияющих на пищевое поведение проволочников.

Выводы

Степень поврежденности клубней картофеля личинками жуков-щелкунов обусловлена сортовыми особенностями картофеля в сочетании с влиянием прежде всего таких факторов, как общий уровень численности личинок, гидротермический режим почвы и инфицированность клубней фитопатогенами на ранних этапах патогенеза. С учетом этих факторов полевой скрининг наименее

повреждаемых личинками сортов картофеля возможен на опытном участке с равномерным естественным заселением вредителями и с определением для каждого сорта 3 основных показателей поврежденности клубней, приведенных выше в главе «Материалы и методы» и в табл. 1. Для лабораторной оценки сортов картофеля следует использовать неинфицированные клубни.

Библиографический список (References)

- Бобинская СГ, Григорьева ТГ, Персин СА (1965) Проволочники и меры борьбы с ними. Л.: Колос. 223 с.
- Вилкова НА, Нefeldова ЛИ, Асякин БП, Конарев АлВ и др. (2009) Принципы и методы выявления источников групповой и комплексной устойчивости основных сельскохозяйственных культур к вредным организмам. СПб.: РАСХН, ВИЗР, ИЦЗР. 72 с.
- Волгарёв СА (2005) Эколого-токсикологическое обоснование использования новых инсектицидов против проволочников в агроценозе картофеля в Северо-Западном регионе РФ. Автореф. канд. дисс. СПб.: ВИЗР. 19 с.
- Еланский СН, ред. (2009) Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофельвед. 270 с.
- Иванова ОВ, Фасулати СР (2016а) Многовидные вредители пасленовых культур и устойчивость сортов картофеля к проволочникам. *Защита картофеля* (1):29–34
- Иванова ОВ, Фасулати СР (2016б) Принципы и методы отбора устойчивых к Colorado-пому жуку форм картофеля и овощных пасленовых культур. *Защита и карантин растений* (10):12–16
- Кожанчиков ИВ (1961) Методы исследования экологии насекомых. М.: Высшая школа. 286 с.
- Методические рекомендации по оценке устойчивости картофеля к жукам к главным вредителям (1980) Ред. И.В. Шапиро. Л.: ВИЗР. 138 с.
- Павлюшин ВА, Вилкова НА, Сухорученко ГИ, Нefeldова ЛИ, Фасулати СР (2013) Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем. СПб.: Родные просторы. 184 с.
- Система интегрированной защиты посадок репродукционно-семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации (2016). СПб.: ВИЗР. 64 с.
- Фасулати СР, Иванова ОВ (2015) Устойчивые сорта как основа интегрированной защиты картофеля от Colorado-жука. *Защита картофеля* (2):32–35
- Фасулати СР, Иванова ОВ (2018) Изменчивость биологических показателей развития Colorado-жука при оценке устойчивости пасленовых культур к вредителю в различных экологических условиях. *Вестник защиты растений* 3(97):43–48
- Черепанов АИ (1957) Жуки-щелкуны Западной Сибири. Новосибирск: АН СССР, Западно-Сибирский филиал. 382 с.
- Andrews N, Ambrosino M, Fisher G, Rondon SI (2008) Wireworm biology and nonchemical management in potatoes in the Pacific Northwest. *Publication PNW 607*, Oregon State University, Corvallis, OR. Barsics F, Haubruge É, Francis F, Verheggen FJ (2014) The role of olfaction in wireworms: a review on their foraging behavior and sensory apparatus. *Biotechnol Agron Soc Environ* 18(4):524–535
- Giordanengo Ph, Vincent Ch, Alyokhin A (Eds.) (2013) Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management. Amsterdam –...– Tokyo: Academic Press is an imprint of Elsevier. 598 p.
- Kwon M, Hahm YI, Shin KY, Ahn YJ (1999) Evaluation of various potato cultivars for resistance to wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Amer J Potato Res* 76(5):317–319
- Olsson K, Jonasson T (1995) Genotypic differences in susceptibility to wireworm attack in potato: mechanisms and implications for plant breeding. *Plant Breeding* 114:66–69
- Suszkiw J (2011) New potatoes withstand destructive wireworms. *Agricult Res* 59:22

Translation of Russian References

- Bobinskaya SG, Grigorjeva TG, Persin SA (1965) [The wireworms and the fight measurements against them]. L.: Kolos. 223 p. (In Russian)
- Vilkova NA, Nefedova LI, Asyakin BP, Konarev AIV et al. (2009) [The principles and methods of revealing of the sources of group and complex resistance of the main agricultural crops to the pest organisms]. SPb.: RASHN, VIZR, ICZR. 72 s. (In Russian)
- Volgarjov SA (2005) [The ecologotoxical substantiation of using of new insecticides against the wireworms in potato agroecosis in the Northern-Western Rewgion of the Russian Federation]. *Abstr PhD Thesis*. SPb.: VIZR. 19 s. (In Russian)
- Yelanskiy SN, ed. (2009) [The protection of Potato from diseases, pests and herbs]. M.: Kartofelevod. 270 s. (In Russian)
- Ivanova OV, Fasulati SR (2016a) [The polyphagous pests of solanaceous crops and the resistance of potato varieties to wireworms]. *Zatschita kartofelya* (1):29–34 (In Russian)
- Ivanova OV, Fasulati SR (2016b) [The principles and methods of screening of the potato and of the vegetable solanaceous crops varieties resistant to the Colorado potato beetle]. *Zashchita i karantin rasteniy* (10):12–16 (In Russian)
- Kozhanchikov IV (1961) [The research methods of insect ecology]. M.: Vysshaya shkola. 286 s. (In Russian)
- Shapiro ID, ed (1980) Methodical recommendations for the evaluation of the potato and the maize resistance to the main pests (1980) Leningrad: VIZR. 138 p. (In Russian)
- Pavlyushin VA, Vilkova NA, Sukhoruchenko GI, Nefedova LI, Fasulati SR (2013) [The phytosanitary destabilization of agroecosystems]. SPb.: Rodnyye prostory. 184 s. (In Russian)
- The system of integrated protection of plantations of the reproductive seed potato from the complex of pest organisms in the Northern-Western Region of Russian Federation (2016) St. Petersburg: VIZR. 64 p. (In Russian)
- Fasulati SR, Ivanova OV (2015) [The resistant varieties as a basis of the integrated potato protection from the Colorado potato beetle]. *Zashchita kartofelya* (2):32–35. (In Russian)
- Fasulati SR, Ivanova OV (2018) [The variability of the biological parameters of developing of the Colorado potato beetle in evaluation of the Solanaceous cultivars for the pest resistance in different ecological conditions]. *Vestnik zatschity rasteniy* 3(97):43–48 (In Russian)
- Cherepanov AI (1957) [The Click beetles of the Western Siberia]. Novosibirsk: AN SSSR, Zapadno-Sibirskiy filial. 382 p. (In Russian)

THE COMPARATIVE STUDY OF THE POTATO VARIETIES DAMAGE
BY THE CLICK BEETLES LARVAE IN DIFFERENT AGROECOLOGICAL CONDITIONS

S.R. Fasulata*, O.V. Ivanova

*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia**corresponding author; e-mail: fasulatiser.spb@mail.ru

Some ecology and feeding specialization features of click beetles larvae known as the “wireworms”, with larvae of the field click beetle *Agriotes lineatus* L. (Coleoptera, Elateridae) as a model object, have been studied. It has been shown that the potato variety peculiarities are among the major factors determining the behavior of wireworms in the food foraging and searching for available water sources. Moreover, the tubers infected by phytopathogens at the early stages of pathogenesis, are more attractive for wireworms. Among the exogenous natural factors, the plants-precursors and the soil humidity regime in its seasonal dynamics have the most significant influence on the ways of potato plantations colonization by click beetle larvae and on the migrating activity of this species. These factors should be considered for choosing the conditions, methods and the selection criteria for the potato varieties least-damaged by wireworms. In the field conditions, such selection is possible on the experimental plot with the uniform natural colonization by the pests with high or medium density of their population, using the following main criteria for the each variety: 1) a percent of damaged tubers; 2) a total number of tunnels (“worm-holes”); 3) a mean number of tunnels per 1 damaged tuber. For the laboratory evaluation of potato varieties, the non-infected tubers only are suitable. According to the data of annual research of 20–40 potato varieties in 2009–2018 on the experimental fields of VIZR in Pushkin (SPb.) and in Tosno District of the Leningrad Region, the Nayada, Anni Parus, Liga and Svitanok kievskiy varieties have the group resistance to the wireworms and to the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae), whereas the Nevsky variety is among the most intensively damaged by both pests.

Keywords: potato, variety, tuber, pest, click beetles larvae, wireworms, worm-hole, damaging, soil, humidity

Received: 27.03.2019

Accepted: 30.05.2019