

УДК 633.853.494:632.938.1/6/7

МЕХАНИЗМЫ И ПАРАМЕТРЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАПСА ЯРОВОГО К ОСНОВНЫМ ВРЕДИТЕЛЯМ

Б.П. Асякин

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

На основе изучения взаимодействия крестоцветных блошек и рапсового цветоеда с кормовыми растениями выявлены иммуногенетические барьеры, обуславливающие устойчивость рапса ярового как к отдельным видам этих вредителей, так и устойчивость к обоим фитофагам. Механизмом морфологического барьера устойчивости рапса ярового к рапсовому цветоеду является структура соцветий в период бутонизации, поскольку компактное расположение бутонов в соцветии препятствует проникновению вредителя внутрь соцветий, что значительно снижает его вредоносность. Для крестоцветных блошек таким барьером служат эпикутикулярный воск на семядольных листьях в фазу всходов, толщина листовой пластинки и верхнего эпидермиса, размеры проводящего пучка, а также расстояние от него до верхней поверхности листа. В то же время устойчивость рапса ярового как к крестоцветным блошкам, так и рапсовому цветоеду определяют физиологический, оксидативный и репарационный барьеры. Механизм первых двух связан с уровнем содержания в растении веществ вторичного обмена – глюкозинолатов. Способность устойчивых сортов при повреждении восстанавливать утраченную листовую поверхность или бутоны лежит в основе механизма репарационного барьера. На основе выявленных иммуногенетических барьеров разработана концептуальная модель сорта рапса ярового, устойчивого к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду.

Ключевые слова: рапсовый цветоед (*Meligethes aeneus* F.); крестоцветные блошки (*Phyllotreta* spp.); иммунитет растений к вредителям; модель устойчивого сорта.

Рапс яровой является ценной масличной, медоносной и кормовой культурой. Семена современных сортов рапса содержат до 40–45% полувывсыхающего масла. Рапсовое масло, полученное из безэруковых сортов, является одним из лучших пищевых масел растительного происхож-

дения. По своему жирнокислотному составу, а также по вкусу оно приравняется к оливковому маслу. Рапсовый шрот по кормовым достоинствам не уступает соевому, а по содержанию незаменимых аминокислот – превосходит подсолнечный. Зеленая масса рапса богата белком и каро-

тином с незначительным содержанием клетчатки [Шпота, 1982]. Рапс яровой один из важнейших медоносов. Медопродуктивность этой культуры составляет от 30 до 60 кг/га [Глухов, 1974].

Фактором, лимитирующим получение высоких урожаев рапса, является комплекс вредных организмов. Практически во всех зонах, где возделывается рапс яровой, наиболее опасными его вредителями являются крестоцветные блошки и рапсовый цветоед. Защита рапса от этих фитофагов в настоящее время осуществляется в основном химическими средствами, отрицательные последствия применения которых сказываются, в первую очередь, на насекомых-опылителях и, особенно, пчелах.

Для разработки экологизированной системы защиты растений в современных условиях актуальное значение приобретает использование устойчивых к вредителям и болезням сортов. Создание сортов рапса, устойчивых к главным вредителям, сдерживается из-за отсутствия иммунологических характеристик при отборе селекционного материала. Для этого, с помощью анализа взаимоотношений крестоцветных блошек и рапсового цветоеда с кормовым растением, нами выявлены и исследованы иммунологические барьеры и их параметры, определяющие устойчивость рапса ярового к этим вредителям.

Крестоцветные блошки (сем. Chrysomelidae) на первых этапах роста и развития растений – одни из самых опасных вредителей всех крестоцветных (капустных) культур, в том числе и рапса ярового. Из общего количества выявленных в Северо-Западном регионе видов наибольший вред рапсу яровому в Ленинградской и других областях северо-запада причиняет волнистая блошка (*Phyllotreta undulata* Kutsch.). В более южных районах региона (Псковская и др. обл.) хозяйственное значение может иметь выемчатая блошка (*Ph. striolata* F.) [Манаенкова, 1990, а]. Биология и экология разных видов крестоцветных блошек во многом сходна.

Онтогенетическая специфичность крестоцветных блошек выражается в приспособленности к питанию вегетативными и репродуктивными органами рапса ярового на протяжении всего онтогенеза. Особенностью топиической пищевой специфичности блошек является приуроченность к молодым, интенсивно растущим органам растения, куда осуществляется приток питательных веществ или идет их активный синтез. Наибольшие повреждения эти вредители могут нанести в периоды высокой активности их питания как весной, в период дополнительного питания перезимовавшего поколения, так и летом, при массовом выходе жуков новой генерации (последнее наблюдалось в августе в аномально жаркие 2010–2011 гг.). Высокая температура и низкая влажность воздуха в эти годы привели к дружному выходу жуков второй генерации. В поисках пищи и влаги блошки сосредоточивались на рапсе, у которого к этому времени закончилось цветение и начался налив стручков. Блошки не только соскабливали эпидермис со стеблей и стручков рапса, но и подгрызали цветоносы.

В то же время в условиях Северо-Западного региона НЗ РФ поздние посевы этой культуры (вторая декада мая) позволяют всходам уйти от сильных повреждений крестоцветными блошками. Тем не менее из двух критических периодов в онтогенезе рапса ярового, определяющих вре-

доносность крестоцветных блошек, наиболее существенным является первый период (фаза всходов), поскольку наносимые в этот период повреждения оказывают влияние на дальнейшее развитие растений, а, следовательно, и на их потенциальную продуктивность. Однако, не следует преуменьшать значение второго критического периода (фаза плодообразования), когда во второй половине лета наблюдается сухая жаркая погода. В такие годы критическими для рапса ярового могут стать также фазы бутонизации и плодообразования.

Рапсовый цветоед (*Meligethes aeneus* F.). Онтогенетическая и топиическая специфичность рапсового цветоеда выражается в приуроченности имаго и личинок к репродуктивным органам крестоцветных растений в фазы бутонизации и цветения. В репродуктивный период этот вредитель нуждается в дополнительном питании на цветках крестоцветных растений, куда имаго откладывают яйца и где затем развиваются личинки. Эта особенность пищевой специализации рапсового цветоеда является фактором, определяющим количество его поколений. Первое поколение может развиваться на рапсе озимом, второе – на яровом. При отсутствии той или другой группы крестоцветных растений в месте обитания, цветоед развивается в одном поколении, что приводит к значительному сокращению численности вредителя. С этой точки зрения нецелесообразно выращивание в одних и тех же хозяйствах озимого и ярового рапса [Wuori, Tulasalo, 1986].

Фаза бутонизации является критической в онтогенезе рапса ярового, так как наносимые в этот период рапсовым цветоедом повреждения вызывают значительные потери урожая. Поврежденные цветоедом бутоны засыхают и опадают. В раскрывшемся цветке фитофаг имеет свободный доступ к пыльце и другие части цветка не повреждает. Рапсовый цветоед предпочитает цветки бутонам, поэтому с началом цветения вредоносность его значительно уменьшается, более того в этот период цветоед играет роль опылителя рапса.

Устойчивость рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду обеспечиваются, главным образом, механизмами ростового, органогенетического, морфологического, физиологического, оксидативного и репаративного барьеров иммуногенетической системы, ограничивающих их вредоносность на всех этапах роста и развития растений.

Ростовой и органогенетический барьеры. Устойчивость рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду определяется темпами роста и развития растений. Крестоцветные блошки наиболее опасны для рапса в период от появления семядольных листьев до дифференциации первого настоящего листа. У устойчивых сортов, благодаря более ускоренным темпам нарастания листового аппарата в сравнении с неустойчивыми сортами, этот критический период существенно сокращается. Развившиеся первые два настоящих листа позволяют компенсировать уничтоженную блошками фотосинтезирующую поверхность семядольных листьев и обеспечивают достаточный приток пластических веществ к точке роста, что весьма важно для протекающих процессов онтогенеза по закладке будущих побегов.

Рапсовый цветоед наибольший урон наносит рапсу яровому в начале фазы бутонизации, когда размеры пер-

вых бутонов достигают 2–3 мм. С началом цветения вредоносность цветоеда снижается, так как он переходит на питание пыльцой раскрывшихся цветков. Преимущество имеют быстро развивающиеся сорта с укороченной начальной фазой бутонизации, поэтому с точки зрения повышения устойчивости рапса ярового к рапсовому цветоеду и другим вредителям желателен ускоренный темп цветения [Оробченко, 1959].

Уровень устойчивости сортов рапса к повреждениям рапсового цветоеда определяется степенью выраженности компенсационных способностей растений. Устойчивые сорта при удалении бутонов главной ветви соцветия образуют на боковых ветвях в 1.5–1.8 раза больше стручков, чем неустойчивые сорта. Устойчивые сорта позволяют получать урожай семян в 1.2–1.6 раза больше в сравнении с неустойчивыми сортами.

Таким образом, для снижения потерь, вызываемых повреждениями крестоцветных блошек и рапсового цветоеда, целесообразно отдавать предпочтение сортам с более высоким уровнем устойчивости, характеризующимся быстрым прохождением критических фаз развития и обладающим выраженным компенсационным ростом.

Морфологический барьер. Анатомо-морфологические особенности различных сортов рапса ярового необходимо рассматривать на тех этапах онтогенеза культуры, в которые крестоцветные блошки и рапсовый цветоед могут нанести растениям наибольший вред, то есть в фазу развернутых семядолей до появления первого настоящего листа и в фазу бутонизации. В плане устойчивости к крестоцветным блошкам сортов в этот период большое значение имеет количество эпикуткулярного воска. На устойчивых сортах ярового рапса (Востоchnосибирский, Кубанский, Vega и др.) количество воска на семядольных листьях было в 1.5–2.0 раза больше, чем у неустойчивых к этим вредителям сортов (Midas, Эввин, K-4266 и др.) [Маенаenkova, 1990, в].

Эпикуткулярный воск, как иммуногенетический барьер, может быть также фактором антибиоза для крестоцветных блошек, поскольку ограничивает питание имаго вредителя. У светлоногой блошки, у которой имаго и личинки характеризуются сходной органотропностью, воск может быть фактором антибиоза и для личинок. Дж. Ниельсеном [Nielsen, 1978; 1989] установлено, что слой воска на листьях рапса, капусты, брюквы и других крестоцветных культур является непреодолимым барьером для личинок светлоногой блошки первого возраста, и практически все личинки, отродившиеся из яиц, отложенных на эти растения, погибли, не сумев проникнуть в мезофилл листа. Это же подтверждается и нашими исследованиями.

В то же время роль поверхностно-кутикулярного воска, как фактора устойчивости к вредителям неоднозначна. Основная его функция на поверхности листа – защита растения от высыхания и проникновения в него патогенов и фитофагов [Джунипер, Джеффри, 1960]. При осуществлении этой функции воска воздействуют на вторгшийся чужеродный организм механическим или химическим путем. Кроме того, поверхностные воска могут быть источником не только обонятельных, вкусовых и тактильных стимулов, но и дают определенную зрительную информацию для насекомых. Воска способны отражать, рассеивать и концентрировать солнечные лучи и таким способом не-

гативно воздействовать на фитофага [Джунипер, Джеффри, 1960].

Для листогрызущих вредителей, в том числе и для крестоцветных блошек, особенно важны жесткость и текстура кормовых растений [Tanton, 1977]. Еще в 30-е годы [Лебедева, 1924] было отмечено, что крестоцветные блошки очень разборчивы в выборе корма и повреждают, в первую очередь, растения с нежными листьями.

С устойчивостью рапса ярового к крестоцветным блошкам связан и ряд анатомических особенностей семядольных листьев. Такими особенностями строения семядольных листьев рапса являются толщина семядолей, сосудистые проводящие пучки, расположенные близко к верхней поверхности листа, плотное расположение клеток в мезофилле листа, толщина верхнего эпидермиса и губчатой паренхимы. Иными словами, крестоцветные блошки предпочитают растения рапса с более толстой семядольной пластинкой, у которой мезофилл почти наполовину представлен палисадной паренхимой, тонким верхним эпидермисом с тонкими проводящими пучками, залегающие глубоко от верхней поверхности листа. Такое предпочтение, проявляемое крестоцветными блошками, вполне закономерно. Столбчатая паренхима листа является местом интенсивного фотосинтеза. Здесь сосредоточено много питательных веществ, особенно у такого специфического ассимиляционного органа, как семядольный лист. Чем толще лист и чем большую часть от его объема занимает столбчатая паренхима, тем больше он содержит питательных веществ и тем привлекательнее для фитофага. Что касается таких структур листа, как верхний эпидермис и проводящие пучки, то вполне возможно, что они также играют роль механических барьеров, поскольку их толщина относительно коррелирует со степенью поврежденности. Низкая степень корреляции указывает на то, что эти барьеры крестоцветные блошки способны преодолеть, однако в совокупности с другими анатомическими структурами у отдельных сортов они могут стать существенными механизмами устойчивости.

Анализ конкретных размеров анатомических структур семядольных листьев рапса ярового свидетельствует, что устойчивые к крестоцветным блошкам сорта (Кубанский, Васильковский, Aomog1 и др.) характеризуются тонкой семядольной пластинкой (менее 850 мкм). Большая часть мезофилла в них представлена губчатой паренхимой (коэффициент палисадной более 1.3), толстый верхний эпидермис (более 80 мкм), толстые проводящие пучки (более 290 мкм), располагающиеся близко к верхней поверхности листа (расстояние менее 400 мкм). Эти показатели были использованы в качестве элементов модели сорта рапса ярового устойчивого к крестоцветным блошкам (табл.).

Важной морфологической особенностью, связанной с устойчивостью рапса ярового к рапсовому цветоеду, является структура соцветий в период бутонизации. Компактное расположение бутонов препятствует проникновению жуков рапсового цветоеда внутрь соцветий и значительно снижает его вредоносность. Это характерно для таких сортов, как Востоchnосибирский, Aomog1, Vega. Данные материалы, полученные в результате исследований, позволили обосновать значение морфологического барьера в устойчивости ярового рапса к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду (табл.). В качестве механизмов устойчиво-

Таблица. Концептуальная модель сорта рапса ярового с групповой устойчивостью к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду

Барьеры иммуногенетической системы растений	Механизмы и параметры иммунологических барьеров	Вредные организмы
РОСТОВОЙ (скорость роста вегетативных органов и корневой системы)	Ускоренные темпы роста и формирования надземных и подземных органов растений	Крестоцветные блошки, рапсовый цветоед
ОРГАНОГЕНЕТИЧЕСКИЙ (интенсивность органообразовательных процессов в онтогенезе)	Ускоренное прохождение сопряженных с развитием видов вредителей и этапов органогенеза растений	Крестоцветные блошки, рапсовый цветоед
МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ	<ul style="list-style-type: none"> - Общая толщина семядолей менее 850 мкм; - Восковой налет на семядольных листьях более 1 мкм; - Плотное расположение клеток в мезофилле листа. - Сосудистые проводящие пучки (более 290 мкм), расположенные близко к верхней поверхности листа; - Толщина верхнего эпидермиса более 80 мкм; - Толщина столбчатой паренхимы – 190–200 мкм; - Толщина губчатой паренхимы – 220–250 мкм. 	Крестоцветные блошки
Архитектоника растений: (макро и микро-структура листа)	Компактное расположение бутонов	Рапсовый цветоед
Структура соцветий в фазу бутонизации (расположение бутонов)		Крестоцветные блошки, рапсовый цветоед
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ (уровень содержания глюкозинолатов в семенах)	- Уровень глюкозинолатов в семенах – менее 2%	Крестоцветные блошки
РЕПАРАЦИОННЫЙ (особенности защитно-восстановительных процессов растений при повреждении семядолей до 25%)	<ul style="list-style-type: none"> - Увеличение воска на семядольных листьях до 20% - Увеличение площади настоящих листьев – более 14% - Увеличение количества стручков – более 18% 	Рапсовый цветоед

сти имеют значение количество эпикутикулярного воска на семядольных листьях, структура семядольных листьев в фазу всходов и структура соцветий в фазу бутонизации.

Следует отметить, что структуры, выступающие в качестве механизмов морфологического иммуногенетического барьера, являющегося одним из барьеров конституционального иммунитета, могут обеспечивать действие и других иммуногенетических барьеров. Например, эпикутикулярный воск является одним из механизмов репарационного барьера, представляющего собой элемент индуцированного иммунитета рапса ярового [Манаенкова, 1990 б].

Физиологический и оксидативный барьеры. Эти барьеры в устойчивости рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду связаны с уровнем содержания в растениях разных сортов веществ вторичного обмена. Уровень содержания глюкозинолатов, в частности, влияет на поведение этих вредителей при выборе ими кормовых растений. Посевы сортов с высоким содержанием глюкозинолатов были более привлекательны как для крестоцветных блошек, так и для рапсового цветоеда, чем посевы сортов с их низким содержанием. Так, высокоглюкозинолатные сорта Midas, Васильковский, Vega, Кубанский были заселены крестоцветными блошками в 1.5–2.0 раза больше в сравнении с низкоглюкозинолатными сортами Brongoro, K-1406 и др. В фазе бутонизации на растениях высокоглюкозинолатных сортов отмечалось в 1.2–1.8 раза больше жуков рапсового цветоеда, чем на растениях низкоглюкозинолатных сортов. Эта группа сортов в меньшей степени была заселена и личинками рапсового цветоеда (в 1.7–2.0 раза), а также имела меньшее количество поврежденных цветоедом бутонов на главной ветви соцветия (в 2.0–2.5 раза), чем высокоглюкозинолатные сорта.

Уровень содержания веществ вторичного обмена определяет антибиотическое воздействие устойчивых сортов рапса ярового на рапсового цветоеда. Сорта с низким

содержанием глюкозинолатов, менее предпочитаемые жуками цветоеда, оказывали наиболее неблагоприятное воздействие на личинок вредителя, что нашло выражение в уменьшении массы куколок, развившихся из этих личинок. Среди исследованных сортов антибиотическое воздействие на рапсового цветоеда оказывали сорта Кубанский, Alku, Brongoro и др. у которых масса куколок вредителя была в 1.2–1.5 раза меньше, чем на неустойчивых сортах Васильковский, Midas, Vega.

Анализ степени поврежденности крестоцветными блошками сортов, разных по содержанию веществ вторичного обмена показал, что на заселенность кормовых растений этими вредителями влияет не только количественный, но и качественный состав глюкозинолатов. На это же указывают и результаты опытов с применением ловушек с экстрактами семян рапса разных сортов и разных концентраций. Экстракты семян рапса особенно привлекательны для самок крестоцветных блошек, которых было отловлено в ловушки в 1.7–2.0 раза больше, чем самцов, что открывает перспективу использования ловушек с пищевыми приманками как средства, способствующего значительному снижению численности вредителя.

Таким образом, вещества вторичного обмена (глюкозинолаты) выполняют функцию физиологического и оксидативного иммуногенетических барьеров, определяющих устойчивость ярового рапса к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду. Пониженный уровень содержания глюкозинолатов в семенах (менее 2%) использован нами в совместных исследованиях с Т.И. Манаенковой в качестве одного из элементов модели устойчивого сорта ярового рапса [Манаенкова, 1990, в].

Репарационный барьер. Способность рапса ярового противостоят повреждениям, наносимым вредителями, определяется сопряженностью развития в системе «кормовое растение-фитофаг» и зависит от особенностей компенсаторно-приспособительных реакций растений.

Устойчивость рапса ярового к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду обусловлена также наличием репарационного иммуногенетического барьера, механизмом которого является способность устойчивых сортов при повреждении восстанавливать утраченные органы (бутоны) и утраченную листовую поверхность.

Наносимые фитофагом повреждения приводят к большему или меньшему нарушению целостности растения. В ответ на это у растений возникает система патологических восстановительных реакций. Глубина и направленность морфофизиологических перестроек в растительном организме зависят от типа и интенсивности повреждений и находятся в тесной связи с характером ростовых процессов на тех этапах онтогенеза растений, на которых они были повреждены [Вилкова, 1980; Шапиро, 1985; Шапиро и др., 1986].

Повреждения, наносимые крестоцветными блошками, наиболее опасны для рапса в фазу всходов, которая длится до 10 дней. В течение этого периода после появления первого настоящего листа у устойчивых сортов наблюдается эффект стимуляции, выражающийся в увеличении количества воска на семядольных листьях и площади настоящих листьев к моменту бутонизации в сравнении с неустойчивыми сортами.

Особенностью компенсаторно-приспособительной реакции рапса на повреждения рапсового цветоеда является образование дополнительных бутонов взамен утраченных из-за повреждений. Сорта рапса ярового различаются по степени выраженности данной реакции. В опытах с имитацией повреждения рапсового цветоеда установлено, что поврежденные растения устойчивых сортов (Кубан-

ский, К-1406) образовывали на 19–22% больше стручков, чем сорта без повреждений. Соответствующие показатели у неустойчивых сортов были на уровне 12–16%. Как и в случае с крестоцветными блошками, преимущество было за скороспелыми сортами, характеризующимися сокращенным периодом бутонизации и ранним цветением. Большое значение имеет и продолжительность цветения. Сорта с длительным периодом цветения увеличивают сроки дополнительного питания имаго цветоеда, а, следовательно, и их плодовитость, и дают возможность развиваться большему количеству личинок вредителя, способствуя таким образом росту популяции.

Установленные в результате исследований качественные и количественные параметры механизмов устойчивости морфологического, физиологического и репарационного барьеров иммуногенетической системы рапса ярового использованы в качестве основных элементов при разработке модели сорта этой культуры с устойчивостью к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду (табл.). Наряду с другими хозяйственно значимыми показателями, предложенные параметры иммунологических характеристик являются главным критерием отбора селекционного материала на устойчивость к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду.

В то же время для полной реализации компенсаторных способностей устойчивых сортов рапса ярового, как и для других культур, необходимо создание оптимальных условий для их развития в течение всего онтогенеза и, особенно, в периоды, когда наносимые вредителями повреждения наиболее опасны для растений.

Библиографический список (References)

- Вилкова Н.А. Физиологические основы теории устойчивости растений к вредителям / Н.А. Вилкова // Автореф. ... докт. дисс. Л.: 1980. 48 с.
- Глухов М.М. Медоносные растения / М.М. Глухов // М.: Колос. 1974. 305 с.
- Джунипер Б.Э. Морфология поверхности растений / Б.Э. Джунипер, К.Э. Джеффри // М.: Агропромиздат. 1960. 160 с.
- Лебедева В.А. О мерах борьбы с огородными блошками из рода *Phyllotreta* и о влиянии последних на рост и урожайность растений / В.А. Лебедева // Защита растений от вредителей. 1924. N 3–5. С. 131–133.
- Манаenkova Т.И. Анатомо-морфологические особенности строения семядольных листьев различных сортов ярового рапса в связи с устойчивостью к крестоцветным блошкам / Т.И. Манаenkova // Тез. докл. конф. молодых ученых. ВИЗР. Экологич. проблемы защ. раст. Л.: 1990а. С. 228.
- Манаenkova Т.И. Устойчивость ярового рапса к крестоцветным блошкам и рапсовому цветоеду / Т.И. Манаenkova // Научн.-техн. бюлл. ВНИИМК. 1990б. Вып. 1 (108). С. 85–87.
- Манаenkova Т.И. Устойчивость ярового рапса к крестоцветным блошкам (*Phyllotreta*) и рапсовому цветоеду (*Meligethes aeneus* F.) / Т.И. Манаenkova // Автореф. ... канд. дисс. Л.: ВИЗР. 1990в. 18 с.
- Оробченко В.П. Рапс озимый / В.П. Оробченко // М.: Сельхозгиз. 1959. 159 с.
- Шапиро И.Д. Иммуниет полевых культур к насекомым и клещам / И.Д. Шапиро // Л.: ЗИН АН СССР. 1985. 321 с.
- Шапиро И.Д. Иммуниет растений к вредителям и болезням / И.Д. Шапиро, Н.А. Вилкова, Э.И. Слепян // М.: Агропромиздат. 1986. 192 с.
- Шпота В.И. Направления, результаты и задачи селекции рапса / В.И. Шпота // Селекция и семеноводство. 1982. N 12. С. 34–36.
- Nielsen J.K. Host plant selection of monophagus and clicophagus flea beetles feeding in cruciferes / J.K. Nielsen // Entomol. exper. appl. 1978. Vol. 24. N 3. P. 562–563.
- Nielsen J.K. The effect of glucosinolates on responses of young *Phyllotreta nemorum* larvae to non-host plant / J.K. Nielsen // Entomol. exper. appl. 1989. Vol. 51. N 3. P. 249–259.
- Tanton M.T. Responce to food plant stimul: by larve of the mustard beetle *Phaedon cochleariae* / M.T. Tanton // Entomol. exper. appl. 1977. Vol. 22. P. 113–122.
- Wuori T. Blossom beetle (*Meligethes aeneus* F.) as a yield factor in turnip rapae (*Brassica campestris* L.) / T. Wuori, U. Tulisalo // J. Agric.Sci. Finl. 1986. Vol. 58. N 5. P. 221–237.

Translation of Russian References

- Glukhov M.M. Melliferous plants / M.M. Glukhov // Moscow: Kolos. 1974. 305 p. (In Russian).
- Juniper B.E. Plant surface morphology / B.E. Juniper, K.E. Jeffrey // Moscow: Agropromizdat. 1960. 160 p.
- Lebedeva V.A. On control measures against *Phyllotreta* and impact of the latter on plant growth and yield / V.A. Lebedeva // Zashchita rastenii ot vrediteliei. 1924. N 3–5. P. 131–133. (In Russian).
- Manaenkova T.I. Anatomical and morphological features of structure of cotyledon leaves of different varieties of spring rape in connection with resistance to cruciferous flea beetles / T.I. Manaenkova // In: Tez. dokl. konf. molodykh uchenykh. Ekologich. problemy zashch. rast. Leningrad: VIZR. 1990a. P. 228. (In Russian).
- Manaenkova T.I. Resistance of spring rapeseed to cruciferous flea beetles and rapeseed pollen beetle / T.I. Manaenkova // In: Nauchn-tekhn. byull. VNIIMK. 1990b. Vol. 1 (108). P. 85–87. (In Russian).
- Manaenkova T.I. Resistance of spring rapeseed to cruciferous flea beetles (*Phyllotreta*) and rapeseed pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) / T.I. Manaenkova // Abstract of PhD Thesis. Leningrad: VIZR. 1990. 18 p. (In Russian).
- Orobchenko V.P. Winter rape / V.P. Orobchenko // Moscow: Selkhozgiz. 1959. 159 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Immunity of field crops to insects and mites / I.D. Shapiro // Leningrad: ZIN AN SSSR. 1985. 321 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Plant immunity to pests and diseases / I.D. Shapiro, N.A. Vilкова, E.I. Slepian // Moscow: Agropromizdat. 1986. 192 p. (In Russian).

Shpota V.I. Directions, results and problems of rape breeding / V.I. Shpota // Selektiya i semenovodstvo. 1982. N 12. P. 34–36. (In Russian).

Vilkova N.A. Physiological basis of the theory of plant resistance to pests / N. A. Vilkova // Abstract of DSc Thesis. Leningrad. 1980. 48 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 2(96), p. 16–21

MECHANISMS AND PARAMETERS OF SPRING RAPE RESISTANCE TO MAJOR PESTS

B.P. Asyakin

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

Immunogenetic barriers are revealed based on a study of the interaction between cruciferous flea beetles and rape blossom weevil and host plants; the barriers cause resistance of spring oilseed rape to each and both species of those pests. Thus, the mechanism of morphological barrier, which determines the resistance of rape to pollen beetle, is the structure of inflorescences in the period of budding due to compact arrangement of buds in the inflorescence that prevents the pest penetration inside the buds, which significantly reduces its harmfulness. The mechanisms of resistance of spring rape to cruciferous flea beetles are the epicuticular wax on cotyledons in the phase of seedlings, the thickness of leaf blade and upper epidermis, the size of conducting bundle, as well as the distance from the latter to upper surface of the sheet. Physiological and oxidative barrier mechanisms are the low content of substances of the secondary metabolism of plant glucosinolates, determining the combined resistance of spring rapeseed to both cruciferous flea beetles and rapeseed pollen beetle. Reparative barrier mechanism is the ability of resistant varieties to restore the lost leaf surface or buds in case of damage. Based on the identified immunogenetic barriers, a conceptual model of spring rape varieties resistant to cruciferous flea beetles and rapeseed pollen beetle is developed.

Keywords: pest; pollen beetle; *Meligethes aeneus*; cruciferous flea beetle; *Phyllotreta*; plant immunity; tolerant variety.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Асякин Борис Павлович. Ведущий научный сотрудник, кандидат
биологических наук, e-mail: entomology@vizr.spb.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608,
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Asyakin Boris Pavlovich. Leading Researcher, PhD in Biology,
e-mail: entomology@vizr.spb.ru