

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА FABACEAE НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСУ ЖЕЛТОЙ МОЗАИКИ ФАСОЛИ (*Potyvirus*, *Potyviridae*) В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ



PERSPECTIVES OF BREEDING OF VEGETABLE CROPS OF FABACEAE FAMILY TO BEAN YELLOW MOSAIC VIRUS (*Potyvirus*, *Potyviridae*) RESISTANCE IN THE CONDITIONS OF MOSCOW REGION

Енгальчева И.А.^{1*} – кандидат с.-х. наук
Козарь Е.Г.¹ – кандидат с.-х. наук
Антошкин А.А.¹ – кандидат с.-х. наук
Пронина Е.П.¹ – кандидат с.-х. наук
Волков Ю.Г.² – кандидат биол. наук
Какарека Н.Н.² – кандидат биол. наук
Щелканов М.Ю.² – доктор биол. наук

Гапека А.В.² – зав. опытно-экспериментальным участком

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»
143072, Россия, Московская обл.,
Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14
*E-mail: engirina1980@mail.ru

² Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной
Азии ДВО РАН Россия, Владивосток

Engalycheva I.A.¹ – Ph.D. in Agriculture
Kozar E.G.¹ – Ph.D. in Agriculture
Antoshkin A.A.¹ – Ph.D. in Agriculture
Pronina E.P.¹ – Ph.D. in Agriculture
Volkov Y.G.² – Ph.D. in Biology
Kakareka N.N.² – Ph.D. in Biology
Shchelkanov M.Y.² – Dr. of Sc. in Biology
Gapeka A.V.² – Head of Experimental Station

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Vegetable Center"
14, Selektionnaya, VNISSOK,
Odintsovo region, Moscow district, Russia, 143072

² Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS
Russia, Vladivostok

В связи с изменением климата фитомониторинг распространения наиболее вредоносных вирусопатогенов на посевах сельскохозяйственных растений приобретает все большую значимость, так как в последние десятилетия отмечено нарастание их вредоносности, в частности вируса желтой мозаики фасоли – ВЖМФ (Bean yellow mosaic – BYMV). Возбудитель, как и большинство представителей рода *Potyvirus*, имеет широкий круг растений-хозяев из различных семейств, в том числе и из Fabaceae. В России впервые был идентифицирован на юге Дальнего Востока, где в середине XX столетия отмечали массовое поражение клевера, люпина, чины душистой, гороха, фасоли, бобов. Вслед за продвижением теплолюбивых бобовых культур на север ареал распространения ВЖМФ значительно расширился. В последние годы эпифитотии регистрированы на посевах фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) и бобов овощных (*Faba bona* Medik. var. *major* Harz.) в условиях умеренно-континентального климата Нечерноземной зоны РФ. Природные очаги ВЖМФ – дикие виды клевера и горошка, удалить практически невозможно, а борьба с переносчиками возбудителя как способ профилактики малоэффективна. Поэтому поиск источников устойчивости к ВЖМФ и создание исходного материала для селекции является в настоящее время приоритетным направлением наших фитопатологических исследований. В задачи данного этапа входили идентификация и изучение свойств московских изолятов ВЖМФ; комплексная оценка устойчивости и других хозяйственно ценных признаков коллекционного и селекционного материала фасоли овощной (810 образцов) и бобов овощных (40 образцов) лаборатории селекции и семеноводства бобовых культур ФГБНУ ФНЦО. В работе использовали методы визуальной диагностики, серологической диагностики, биотестирования и электронной микроскопии. На основании проведенных исследований выявлены особенности физико-химических характеристик московских изолятов ВЖМФ, вредоносность которых в смешанной инфекции с другими вирусами доходила до 100%. Описаны основные симптомы, вызываемые данными изолятами на растениях-индикаторах и на растениях-хозяевах в условиях Московской области. На основе оценки коллекционного и селекционного материала фасоли овощной и бобов овощных выделены источники резистентности к ВЖМФ с комплексом хозяйственно ценных признаков (скороспелость, форма и цвет боба, продуктивность и др.). Данные образцы включены в селекционную программу ФГБНУ ФНЦО по созданию высокопродуктивных сортов фасоли овощной, отвечающих требованиям современного рынка.

Ключевые слова: фасоль овощная, бобы овощные, вирус желтой мозаики фасоли, BYMV, изолят, устойчивость, сортообразец, урожайность.

Для цитирования: Енгальчева И.А., Козарь Е.Г., Антошкин А.А., Пронина Е.П., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Щелканов М.Ю., Гапека А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА FABACEAE НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСУ ЖЕЛТОЙ МОЗАИКИ ФАСОЛИ (*Potyvirus*, *Potyviridae*) В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ. Овощи России. 2018;(6):77-83. DOI:10.18619/2072-9146-2018-6-77-83

In the context of climate change phytomonitoring of the prevalence of the most common viral pathogens on the crops becomes even more important, because during the last decades the harmfulness of those pathogens, in particular Bean yellow mosaic (BYMV) has grown in intensity. The causative agent as the most members of *Potyvirus* genus, has a wide range of host plants belonging to various families including Fabaceae. In Russia the virus was for the first time identified in the south of the Far East, where in the middle of XX century the massive damage of clove, lupine, sweet pea, pea, bean and Russian bean was observed. The distribution area of BYMV considerably expanded after advancement of heat-loving leguminous crops towards north. During the last years epiphytotic were reported in the planted crops of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), and Russian bean (*Faba bona* Medik. var. *major* Harz.) under conditions of temperate continental climate of nonchernozem belt in the RF. It is not feasible to eradicate natural BYMV foci, while the control of the causative agent carriers as a preventive measure is not very effective. There fore at present the search for the sources of resistance to BYMV and creation of parent selection material is a priority area of our phytopathologic research. At the present stage the tasks included: identification and study of the properties of BYMV Moscow isolates; integral assessment of resistance and other economically valuable characteristics of collection material and breeding stock material of kidney bean (810 specimens) and Russian bean (40 specimens) generated in the Laboratory of Legume Selection and Seed Production, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center". To achieve the goal visual, serological diagnostic methods were used together with biotesting and electron microscopy. The research revealed special physical-chemical characteristics of BYMV Moscow isolates characterized by 100% harmfulness when occurred as co-infection with the other viruses. The main symptoms caused by the above isolates in indicator plants and host plants under conditions of Moscow Region have been described. Evaluation of collection and selection materials of kidney bean and Russian bean formed the basis for identification of the sources of resistance to BYMV exhibiting integrated economically valuable properties (early ripeness, bean shape and color, productivity, etc.). These specimens have been included into selection program of the Federal Research Vegetable Center which is aimed on creation of high-productive varieties of the kidney bean meeting the modern market demands.

Keywords: vegetable beans (*Phaseolus vulgaris* L.), faba beans (*Faba bona* Medik. var. *major* Harz.), yellow bean mosaic virus, BYMV, isolate, resistance, varieties, yield.

For citation: Engalycheva I.A., Kozar E.G., Antoshkin A.A., Pronina E.P., Volkov Y.G., Kakareka N.N., Shchelkanov M.Y., Gapeka A.V. PERSPECTIVES OF BREEDING OF VEGETABLE CROPS OF FABACEAE FAMILY TO BEAN YELLOW MOSAIC VIRUS (*Potyvirus*, *Potyviridae*) RESISTANCE IN THE CONDITIONS OF MOSCOW REGION. Vegetable crops of Russia. 2018;(6):77-83. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-6-77-83

Фасоль является ценной продовольственной культурой благодаря наличию высоких вкусовых качеств, содержанию необходимых аминокислот, витаминов, способности быстро усваиваться организмом [1,2]. Ввиду высокой себестоимости производства фасоли, основной удельный вес принадлежит предприятиям, расположенным вокруг крупных заводов перерабатывающей промышленности, и личным приусадебным хозяйствам. Успех селекции этой продовольственной культуры определяется созданием сортов с высоким репродуктивным потенциалом, пригодностью к механизированной уборке, устойчивостью к неблагоприятным абиотическим условиям среды. Сорта также должны обладать высоким качеством продукции, включая биохимический состав, вкусовые качества, пригодность для заморозки, наличие необходимого сочетания морфологических и технологических признаков (например, прямого боба темно-зеленой окраски и др.).

Одним из факторов, лимитирующих выращивание овощных бобовых культур, является поражение их различными фитопатогенами, среди которых высокий удельный вес занимают вирусы. На данный момент известно порядка двухсот наиболее вредоносных вирусопатогенов, наносящих экономический ущерб во всех странах мира, где возделываются культуры фасоли и бобов; среди них значительную группу составляют афидофильные вирусы [3].

К наиболее вредоносным для фасоли овощной относятся: повсеместно распространенный вирус обыкновенной мозаики фасоли *Bean common mosaic (Potyvirus, Potyviridae)*, вирус желтой мозаики фасоли *Bean yellow mosaic (Potyvirus, Potyviridae)*, вирус скручивания листьев фасоли *Bean leafroll (Luteovirus, Luteoviridae)*, вирус некротической мозаики фасоли *(Bean common mosaic virus necrosis (Potyvirus, Potyviridae))*. Растения бобов в естественных условиях поражаются вирусами: крапчатости бобов *Broad bean mottle (Bromovirus, Bromoviridae)*, некроза бобов *Broad bean necrosis (Furovirus, Virgaviridae)*, сурового хлороза бобов *Broad bean severe chlorosis (Closterovirus, Closteroviridae)*, окрашивания бобов *Broad bean stain (Comovirus, Comovirinae, Secoviridae, Picornavirales)*, настоящей мозаики бобов *Broad bean true mosaic (Comovirus, Comovirinae, Secoviridae, Picornavirales)*, увядания бобов *Broad bean wild (Fabavirus, Comovirinae, Secoviridae, Picornavirales)*, вирус огуречной мозаики *Cucumber mosaic virus (Cucumovirus, Bromoviridae)*, пожелтения жилки бобов *Broad bean yellow vein (Cytorhabdovirus, Rhabdoviridae, Mononegavirales)* и желтой мозаики фасоли *Bean yellow mosaic (Potyvirus, Potyviridae)* [4].

В связи с изменением климата в последние десятилетия отмечается нарастание вредоносности вирусных болезней, в том числе и вируса желтой мозаики фасоли. Как и большинство представителей рода *Potyvirus*, этот возбудитель имеет очень широкий диапазон растений-хозяев из различных семейств в том числе и *Fabaceae* [5,6]. ВЖМФ широко распространен по всему миру и зачастую приводит к серьезным потерям урожая. Этому способствует тот факт, что все штаммы *Bean yellow mosaic potyvirus* передаются векторно более, чем двадцатью видами тлей непersistентным способом, но наиболее важными для его передачи являются *Myzus persicae* Sulzer, *Acyrtosiphon pisum* Harris и *Aphis fabae* Scopol [4,7]. По горизонтали распространение также возможно ВЖМФ механическим путем, а по вертикали – семенами [6]. В Австралии распространение ВЖМФ носит эндемичный характер, особенно в зонах с более высоким уровнем осадков, и наиболее вредоносен для таких бобовых культур, как клевер, люпин, кормовые бобы, фасоль [8]. В Китае и в других странах, где выращивают много бобовых культур, этот патоген отличается высоким штаммовым разнообразием и вызывает различные симптомы – пятнистости, мозаики, часто сопровождающиеся низкорослостью инфицированных растений, деформацией цветка и бобов. Некоторые штаммы вызывают некроз, а очень ранняя инфекция может вызвать гибель растения [9].

На территории России ВЖМФ впервые был идентифицирован в 60-е годы XX столетия. В южных регионах Дальнего Востока и Средней полосы РФ вирус вызывает

массовое поражение клевера, бобов овощных, люпина, чины душистой, фасоли, гороха [10,11]. Подавляя рост растений, вирус на 20-90% снижает выход зеленой массы и количества семян, приводя к значительным потерям урожая бобовых культур, в том числе фасоли и бобов [12]. Вслед за созданием новых сортов и продвижением теплолюбивых бобовых культур на север, ареал распространения ВЖМФ также расширился. В последние годы эпифитотии этой болезни были зарегистрированы и в условиях умеренно-континентального климата Нечерноземной зоны РФ, в частности в Московской и Тульской областях [3,13]. Защитные мероприятия против вирусов обычно включают в себя борьбу с переносчиками, удаление очагов инфекции и внедрение устойчивых к патогену сортов. Инфекционность ВЖМФ не сохраняется в переносчике более 1 часа, поэтому передача может осуществляться только мобильными формами тлей, проникающими в посевы с природных очагов. В связи с этим борьба с переносчиками как способ профилактики малоэффективна. Природные очаги ВЖМФ – это различные виды клевера (*Trifolium* spp.) и горошка (*Vicia* spp.), удалить которые практически невозможно. Поэтому работа по созданию исходного материала с устойчивостью и толерантностью к вирусу желтой мозаики фасоли в современных условиях актуальна и приобретает все большую значимость.

Целью наших исследований являлись идентификация и изучение изолятов ВЖМФ, фитопатологическая оценка перспективного коллекционного и селекционного материала фасоли овощной и бобов овощных на устойчивость к вирусной инфекции.

Материал и методы исследований

Фитосанитарный мониторинг развития вирусной инфекции на посевах бобовых культур в агроценозах Московской области осуществляли в 2014-2018 годах на базе ФГБНУ ФНЦО. Работу по идентификации и изучению свойств выделенных изолятов ВЖМФ проводили на базе лаборатории иммунитета и защиты растений, селекции и семеноводства бобовых культур ФГБНУ ФНЦО и лаборатории вирусологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

Материалом для исследования являлись:

- коллекционные и селекционные образцы фасоли овощной (суммарно 810 образцов) и бобов овощных (40 образцов) лаборатории селекции и семеноводства бобовых культур ФГБНУ ФНЦО различного географического и генетического происхождения. В их число вошли районированные и перспективные сорта российской селекции (в т.ч. ФГБНУ ФНЦО), а также сорта иностранной селекции (Франция, Польша, Тайланд, Китай, Италия, США).

- изоляты вируса *Bean yellow mosaic potyvirus*, выделенные из пораженных растений этих культур.

Методы исследований. Изучаемые образцы фасоли овощной и бобов овощных высевали в поле на естественном инфекционном фоне по схеме рендомизированных блоков так, чтобы каждый образец имел приблизительно одинаковые шансы на заражение [14]. Оценку поражения вирусной инфекцией проводили методом визуальной диагностики характерных симптомов на листьях растений по шестибальной шкале: 0 – отсутствие симптомов; 0,5 – слабое проявление симптомов на единичных листьях; 1 – поражено менее 10%; 2 – поражено 10-30%; 3 – поражено 30-50%; 4 – поражено более 50% всей листовой поверхности растения. Устойчивость каждого образца оценивали по общепринятым показателям: распространенность (%), индекс поражения (средний балл), степень развития болезни (%) [15]. Учет проводили три раза за вегетацию в фазы: третьей пары настоящих листьев, цветения и технической спелости бобов. По совокупности всех оценок образцы дифференцировали на пять групп устойчивости (табл. 1).

При каждом обследовании проводили фитопрочистки, удаляя сильно пораженные растения, в результате чего к моменту последнего учета оставались наиболее устойчивые генотипы. Определяющей стадией для отбора устойчивых форм являлась фаза технической спелости бобов, так как к этому времени отмечали массовое проявление симптоматики на растениях фасоли и бобов.

Таблица 1. Распределение образцов фасоли овощной на группы устойчивости к вирусной инфекции ВЖМФ
Table 1. Distribution varieties of vegetable bean into resistance groups to BYMV

Степень устойчивости	Степень развития болезни, %	Средний балл поражения	Группа устойчивости
Устойчивые	0-10,0	0-0,2	I
Толерантные	10,1-15,5	0,3-0,5	II
Слабовосприимчивые	12,6-25,0	0,6-1,0	III
Средневосприимчивые	25,1-50,0	1,5-2,0	IV
Сильновосприимчивые	51,1-100	3,0-4,0	V

В течение всего вегетационного периода одновременно проводили оценку хозяйственно ценных признаков по соответствующим методикам [16,17]. Выделение перспективных образцов проводили на основе их селекционной ценности по комплексу всех изученных признаков.

Идентификация фитовирусов. Наличие антигенов вируса в листьях растений определяли методом иммуноферментного анализа по сэндвич-варианту с использованием реагентов фирмы Agdia. Оценку результатов ИФА проводили с помощью спектрофотометра при длине волны 480 нм по коэффициентам экстинкции. Для идентификации фитовирусов также применяли иммунологический экспресс-метод диагностики заболеваний с использованием иммуно-стрипов фирмы Agdia.

Биотестирование проводили на тест-растениях следующих видов: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), томат (*Lycopersicon esculentum* Mill.), петуния (*Petunia x hybrida* hort. ex Vilm.), фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.), горох посевной (*Pisum sativum* L.), горошек душистый (*Lathyrus odoratus* L.), капуста пекинская (*Brassica pekinensis* Rupr.), табак (*Nicotiana tabacum* L.) сортов Ксанти и Самсун, гомфрена шаровидная (*Gomphrena globosa* L.), дурман обыкновенный (*Datura stramonium* L.), кабачок (*Cucurbita pepo* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), бобы овощные (*Faba bona* Medik. var. *major* Harz.), вигна (*Vigna sinensis* (Hassk.) Endl.) пажитник (*Trigonella foenum-graecum* L.).

Для идентификации вируса огуречной мозаики применяли также иммунологический экспресс-метод диагностики заболеваний с использованием иммунострипов фирмы Agdia.

Электронную микрографию препаратов вирусов проводили на оборудовании Центра Коллективного пользования «Дальневосточный центр электронной микроскопии»: ННЦМБ ДВО РАН (электронный микроскоп «Libra 200 FE HT»).

Результаты исследований

В условиях Московской области основные симптомы поражения растений фасоли овощной ВЖМФ проявлялись в виде желтой мозаики или крапчатости листьев (рис. 1). Появляясь в начале вегетации, четкая контрастная желтая мозаика сохранялась до конца вегетации. Зачастую отмечали сильное скручивание листовой пластины внутрь. Из-за укорачивания междоузлий у поверхности почвы могла формироваться розетка из мелких листьев. В бобах большинства пораженных растений образовывались недоразвитые семена.

Результаты проведенного биотестирования показали, что изоляты ВЖМФ, выделенные из пораженных растений, вызвали различные системные симптомы при механической инокуляции растений-индикаторов (табл. 2). Так, растения пажитника на заражение фасолевым изолятом ВЖМФ отреагировали угнетением и задержкой роста; гороха, горошка душистого и фасоли – темно-зеленой мозаикой, крапчатостью, истончением и деформацией листовой пластинки; бобов – морщинистостью и мозаикой.

При электронно-микроскопическом исследовании в препарате, изготовленном из сока фасоли, были обнаружены нитевидные вирионы (рис.3). Морфометрия показала, что модальные размеры частиц составляли 670-800 нм Ч 12-15 нм. Подобная морфология вирионов характерна для патогенов из рода *Potyvirus*. Симптоматика заболевания бобов данным изолятом, а также диагностика ИФА стали определяющими доводами в его идентификации, так как согласно литературным данным в наших условиях бобы овощные (конские) наиболее часто поражает вирус желтой мозаики фасоли из рода *Potyvirus* [12,18].

Электронная микроскопия препарата из листьев некоторых сильно пораженных растений фасоли с симптомами мозаичности, увядания и карликовости показала наличие трех видов вирионов: изометрических частиц ~40 нм, нитевидных гибких – 900x10-15 нм, жестких – 850-900x10-15 нм и палочковидных – ~400-500x15 нм. Размеры нитевидных



Рис. 1. Симптомы мозаичности и некротизации на листьях фасоли овощной, пораженных ВЖМФ.
Fig.1. The symptoms of mosaic and necrosis on the leaves of the vegetable bean, affected BYMV.



Рис. 2. Симптомы мозаичности и некротизации на листьях бобов овощных, пораженных ВЖМФ.
Fig.2. The symptoms of mosaic and necrosis on the leaves of the Faba beans, affected BYMV.

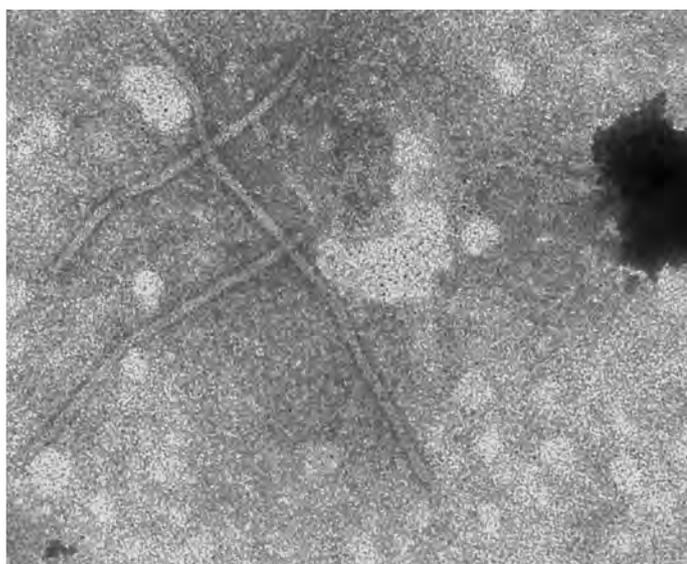


Рис. 3. Вирионы вируса желтой мозаики фасоли, обнаруженные в растениях фасоли обыкновенной и бобов конских.
Fig.3. Virions of the yellow bean mosaic virus of discovered in vegetable bean plants and Faba beans.

вирионов соответствуют роду *Potyvirus* и позволяют предварительно идентифицировать их как вирус желтой мозаики фасоли и вирус обыкновенной мозаики фасоли (*Bean common mosaic potyvirus*). Более короткие вирионы по морфологии сходны с частицами рода *Potexvirus* и предварительно могут быть идентифицированы как вирус мозаики белого клевера – широко распространенного возбудителя болезней бобовых растений. Изометрические частицы принадлежат вирусу огуречной мозаики (*Cucumber mosaic virus*). Наличие этого вируса было подтверждено иммунологическим экспресс-методом диагностики с использованием иммунострипов. При такой смешанной инфекции степень развития болезни доходила до 100%. По сообщению других исследователей, Приморский фасолевый изолят ВЖМФ заражал только растения семейства *Fabaceae*, но также наносил наиболее значительный экономический ущерб, если находился в смешанной инфекции с другими вирусами, например, с вирусом скручивания листьев гороха [12, 18, 19].

Механической инокуляцией изолят ВЖМФ, выделенный из растений бобов, был также передан на индикаторные растения. Сравнительный анализ проявившихся симптомов на тест-растениях, инокулированных изучаемым изолятом, представлен в таблице 2. Результаты проведенного биотестирования показали, что симптомы на растениях фасоли

Таблица 2- Характер проявления симптомов при инокуляции тест-растений московскими изолятами ВЖМФ из пораженных растений семейства *Fabaceae*
Table 2. The Nature of Symptoms during inoculation of test plants by moscow BYMV isolates from affected plants of the *Fabaceae* Family

Растения-индикаторы	Симптомы, вызванные изолятом ВЖМФ, выделенным из листьев	
	бобов овощных	фасоли овощной
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (фасоль обыкновенная)	не проявились	системная мозаика с истончением и деформацией, задержка роста
<i>Faba bona</i> Medik. (бобы)	морщинистость, системная мозаика	морщинистость, системная мозаика
<i>Pisum sativum</i> L. (горох посевной)	крапчатость, темно-зеленая мозаика	системная мозаика с истончением и деформацией листовой пластинки
<i>Trigonélla grajcum</i> L. (пажитник)	угнетение роста	угнетение, задержка роста, системная мозаика
<i>Lathyrus odontus</i> L. (горошек душистый)	мозаика, угнетение роста	желтая мозаика, угнетение роста

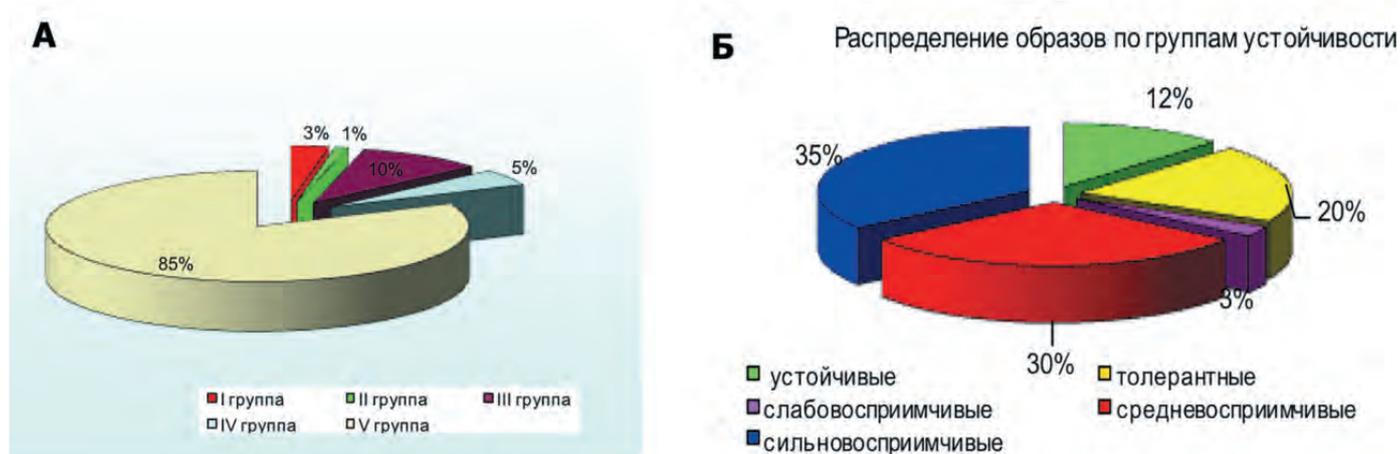


Рис. 4. Распределение образцов фасоли овощной (А) и бобов овощных (Б) по степени устойчивости к ВЖМФ в фазе технической спелости бобов (естественный инфекционный фон, Московская область, 2014-2018 годы).
Fig.4. The Differentiation of vegetable bean samples (A) and faba beans samples (B) into Groups of Resistance to BYMV in the Phase of technical ripeness. (natural infectious background, Moscow region, 2014-2018)

Таблица 3 - Характеристика перспективных образцов фасоли овощной, выделенных по устойчивости к ВУМВ (2014-2018 годы)
Table 3. The characteristic samples of vegetable bean on the basis of resistance to BYMV

Образец	Питомник*	1 оценка	2 оценка	3 оценка		
				Степень развития, %	Индекс, балл (Хср±Sx)	CV, %
Устойчивые образцы						
Хавская универсальная	кп	0	0	4,5	0,18±0,03	3,67
Перун	кп	0	0	5,8	0,23±0,03	3,45
Плутто	кп	0	0	10,0	0,4±0,03	4,40
Bertires	кп	0	0	10,5	0,53±0,03	7,40
№169	гп	0	0	10,5	0,56±0,07	7,85
183	гп	0	0	10,0	0,4±0,03	4,40
188	гп	0	0	10,0	0,4±0,03	4,40
189	гп	0	0	10,0	0,4±0,03	4,40
192	гп	0	0	10,0	0,4±0,03	4,40
Толерантные образцы						
Ульяша	кп	0	0	10,5	0,4±0,05	11,43
Иришка	кп	0	0	12,5	0,5±0,00	0,00
Fartran	кп	0	0	13	0,58±0,01	2,42
Золотая шейка	кп	0	0	15,3	0,61±0,05	8,94
Слабовосприимчивые образцы						
Золотой нектар	кп	0	0	16,3	1,05±0,16	15,13
Весточка	кп	0	0	16,7	0,67±0,06	8,66
Кириция	кп	0	0	17,2	0,50±0,05	10,0
Mirage	кп	0	0	18,3	0,73±0,07	9,20
Нота	кп	0	0	22,2	0,89±0,09	9,65
Fanapnos	кп	0	0	25,6	1,1±0,07	12,73
Ксения	кп	0	0	22,9	1,35±0,04	2,96
№123	гп	0	0	23,0	1,2±0,05	8,50
F ⁴ (Пагода x Славянка)	гп	0	0	25,0	1,4±0,05	12,75
№ 210	гп	0	0	22,8	1,25±0,07	1,96

* кп – коллекционный питомник; гп – гибридный питомник.

Таблица 4. Характеристика перспективных источников устойчивости фасоли овощной по комплексу признаков
Table 4. Characteristics of promising sources of resistance of vegetable beans for a complex of signs

Образец	Скороспелость	Окраска боба	Длина боба, см	Число бобов, шт	Окраска семян	Урожайность, т/га
Нота	раннеспелый	зеленые	18-20	5-8	светло-коричневые	10-12
Fartran	раннеспелый	зеленые	10-13	20-30	белые	12- 14
Mirage	раннеспелый	зеленые	11-13	15-20	белые	11-13
Перун	среднеранний	зеленые	11-13	12-15	белые	10-14
Хавская универсальная	среднеранний	темно-зеленые	14-15	15-20	белые	12-15
Весточка	среднеранний	желтые	8-10	7-8	белые с коричневым пятном	10-12
Иришка	среднеранний	зеленые	12-13	20-25	белые	12-14
Кириция	среднеспелый	зеленые	10-12	10-15	вишневые	12-14
Золотой нектар	среднепоздний	зеленые	10-14	15-20	белые	5-8

не проявились. На бобах наблюдались системная мозаика и морщинистость, а на горохе – ярко выраженная темно-зеленая мозаика. При поражении ВЖМФ индикаторных растений пажитника и горошка душистого отмечено явное угнетение роста.

При электронной микроскопии в эпидермисе листьев исходного образца бобов и растений-индикаторов, зараженных вирусом, были обнаружены типичные для представителей рода *Potyvirus* околядерные нитевидные вирусные частицы длиной 800 нм, шириной 15-20 нм.

Оценка на устойчивость к ВЖМФ. Высокая напряженность естественного инфекционного фона при развитии вирусной болезни в 2014-2018 годах позволила провести оценку и отбор коллекционного и селекционного материала лаборатории селекции и семеноводства бобовых культур на устойчивость к идентифицированному вирусопатогену. Особую селекционную ценность представляли сортообразцы, проявившие высокую степень устойчивости на протяжении всей вегетации в разные годы исследований.

Распространение болезни, вызванной ВУМВ на культуре фасоли, в зависимости от образца значительно варьировало и составляло от 2% до 100%. Балльная оценка выявила, что наибольшее число образцов из разных питомников вошло в группу сильновосприимчивых. Их доля при поражении ВУМВ от общего числа изученных составила 85% (рис.4 А).

Степень распространения болезни, вызванной ВЖМФ на бобах овощных, варьировала и в зависимости от образца составляла от 30% до 90%. Оценка состояния бобов, проведенная в фазу технической спелости на устойчивость к ВЖМФ, показала, что 35% изученных образцов были в сильной степени поражены вирусом (сте-

пень развития болезни в зависимости от образца составила 50-77% (рис. 4Б).

Наибольший интерес для селекции представляют образцы из I и II групп устойчивости, у которых признаки поражения растений ВУМВ не отмечались на протяжении всего вегетационного периода стабильно в разные годы. Это четыре образца из коллекционного (Хавская универсальная, Перун, Плуто, Vertires) и пять номеров из селекционного питомника фасоли овощной. В качестве источников устойчивости к вирусной инфекции в сочетании с высокими хозяйственно ценными признаками из коллекционного питомника также были выделены толерантные образцы: Уляша, Иришка, Fartran, Золотая шейка (табл. 3).

Селекционную ценность также представляют 13 слабо-восприимчивых образцов фасоли овощной (III группа) из разных питомников, которые характеризовались низкой вариабельностью признака «устойчивость к вирусной инфекции». При высокой напряженности инфекционного фона появление признаков поражения ВЖМФ на листьях у данных образцов отмечалось только в фазу технической спелости бобов и не приводило к снижению продуктивности растений, что свидетельствует об их высокой толерантности.

Практический интерес для селекции представляют также образцы из группы среднеустойчивых с высоким коэффициентом варьирования по устойчивости индивидуальных растений внутри популяции. Например, в селекционных комбинациях F₆ (Секунда x Плуто) и F₃ (Poroto Evestad x Секунда), сортообразцах Вирица и Gold Vital индекс поражения был достаточно высоким и составил 2,0-3,0 балла, но коэффициент вариации по баллу поражения при этом, находился в пределах значительной изменчиво-

сти ($CV=40-55\%$). В исходных популяциях данных образцов присутствовало от 10% до 35% растений с низкой степенью поражения (до 1 балла). Среди них были выделены наиболее продуктивные формы без выраженных симптомов поражения вирусной инфекцией, которые маркировали и объединяли в отдельную группу. В результате селективного отбора в полученных потомствах степень развития болезни снизилась в 2,5-3 раза за счет увеличения доли бессимптомных и толерантных растений с баллом поражения 0-0,5. Так, по итоговой оценке в 2018 году потомство восьмого поколения F8 (Секунда x Плуто) вошло в группу устойчивых.

Для создания новых конкурентоспособных сортов фасоли овощного направления перспективные образцы, выделенные нами в качестве исходного материала для селекции в результате многолетней работы (пять лет), должны сочетать в себе высокую степень устойчивости и толерантности к ВЖМФ с важными хозяйственно ценными признаками. К таковым относятся: скороспелость, ряд морфологических признаков (длина, форма и окраска боба, отсутствие пергаментного слоя и волокна в фазу технической спелости) и урожайность. Характеристика выделенных перспективных образцов представлена в таблице 4. Эти образцы, в основном, отвечают требованиям, предъявляемым к моделям современных сортов спаржевого типа для переработки и заморозки: форма боба от плоскоокруглой до округлой, длина от 10 до 15 см, боб без скручиваний, окраска лучше от зеленой до темно-зеленой, допускается желтая. При промышленной переработке используют сорта детерминантного типа, то есть кустовые с высоким прикреплением нижнего боба (не <15 см). Восемь детерминантных сортов относятся к группе продуктивных – урожайность бобов в технической стадии спелости в среднем составляет 10-15

т/га в зависимости от абиотических и эколого-географических условий. Образец Золотой нектар – вьющийся, боб спаржевого типа, рекомендован для выращивания в личных приусадебных хозяйствах (ЛПХ), его урожайность от 2,5 до 3,5 кг/м² в зависимости от густоты стояния и абиотических условий (5-8 т/га).

Фитопатологическая оценка коллекционного и селекционного питомников бобов овощных позволила выделить группу устойчивых и толерантных к вирусной инфекции сортообразцов: *Белорусские*, *Rebay*, *ВФ-1-8096*, *Bontilla*, *Русские Черные*, *Szenkowice*, *Windzor Bialy*, *204/91A*, *№378*, *№381*. При очень высоком уровне заражения балл поражения у данных образцов был невысоким и составил 0,5-0,8. Интерес представляет также образец №24-12 из слабовосприимчивой группы устойчивости, у которого балл поражения составил 1,5 (на листьях были отмечены точечные некрозы), а на бобах симптомов не обнаружено. По сочетанию с другими хозяйственно ценными признаками также были выделены перспективные селекционные образцы: сорт *Русские белые* и образец №3, которые в конкурсном сортоиспытании проявили высокую толерантность и к другим вредоносным для данной культуры болезням (аскохитоз, альтернариоз, ВОМ).

Таким образом, на основе комплексной оценки коллекционного и селекционного материала двух культур семейства Fabaceae в разные годы испытания были выделены источники с высоким уровнем резистентности, как исходный материал для селекции на устойчивость к ВЖМФ. В настоящее время они включены в селекционную программу ФГБНУ ФНЦО по созданию высокопродуктивных сортов фасоли овощной и бобов овощных для Нечерноземной зоны, отвечающих требованиям современного рынка.

● Литература

1. Антошкин А.А., Голубкина Н.А., Антошкина М.С., Ушаков В.А., Смирнова А.М. Соотношение различных зольных веществ в семенах фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) – Второй Международный форум "Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России" ФГБОУ ВО Омский ГАУ. 2018. – С.9-12.
2. Казьдуб Н.Г., Маракаева Т.В., Коцюбинская О.А. УРОЖАЙНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННЫХ БОБОВ СОРТОВ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ СЕЛЕКЦИИ ОМСКОГО ГАУ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. Овощи России. 2017;(2):50-54. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-50-54>.
3. Убале С. Гару Абдуллахи. Биологические особенности развития тлей-переносчиков вирусов фасоли и оптимизация защитных мероприятий. – Автореферат канд биол наук. – 2000. – 24 с.
4. Hampton R.O., Jensen A., Hagel G. T. Attributes of bean yellow mosaic potyvirus transmission from clover to snap beans by four species of aphids (Homoptera: Aphididae). - Journal of economic entomology. – V.98. – 2005.
5. Московец С.М., Краев В.Г., Порембская Н.Б., Билик Л.Г. Віруси і вірусні хвороби бобових культур на Україні. – Київ. – 1971.
6. Brunt A.A., Crabtree K., Dallwitz M., Gibbs A.J., Watson L. Viruses of plants (Descriptions and lists from the VIDE Database) // UK, CAB International. – 1996.
7. Чекалин Н.М. Генетические основы селекции зернобобовых культур на устойчивость к патогенам // Полтава: Изд-во «Интерграфика». – 2003.
8. McKirdy S.J., Jones R. – Australian Journal of Agricultural Research. – V.46. – 2015. – P.135-152.
9. Biddle A.J., Cattlin N.D. Pests, diseases, and disorders of peas and beans // NW: Publishing Manson. – 2007.
10. Поливанова Т.А. Вирус желтой мозаики фасоли в Приморском крае. – В кн.: Некоторые вопросы биологии и медицины на Дальнем Востоке. – Владивосток. – 1968. – С.21-24.
11. Поливанова Т.А., Жук Г.П. Штаммы вируса желтой мозаики фасоли в южном районе Нечерноземья. – Труды ЛСХА. – 1981. – В.191. – С.120-123.
12. Гнутова Р.В., Золотарёва Е.В. Болезни овощных культур и картофеля на Дальнем Востоке России. – Владивосток, Дальнаука. – 2011. – 169 с.
13. Тимина Л.Т., Енгальчева И.А. КОМПЛЕКС ПАТОГЕНОВ НА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУРАХ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РФ. Овощи России. 2015;(3-4):123-129. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-123-129>
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1975. – 315 с.
15. Методические рекомендации по оценке и созданию исходного материала перца сладкого с устойчивостью к вирусу бронзовости томата. – Москва. – 18 с.
16. Методические указания и рекомендации по селекции и семеноводству овощных бобовых и капустных культур / ВНИИССОК, М., 2001. – С.161-164.
17. Международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. – Л., 1985.
18. Толкач В.Ф., Гнутова Р.В. Некоторые свойства дальневосточных изолятов вируса желтой мозаики фасоли, выявленных на бобовых культурах. – Сельскохозяйственная биология. – 2011. – С.104-111.
19. Дьяконов К.П., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г. Вирусные болезни зернобобовых культур на Дальнем Востоке России // С.-х. биология. – 2006. – №3. – С.29-36.

● References

1. Antoshkin A.A., Golubkina N.A., Antoshkina M.S., Ushakov V.A., Smirnova A.M. Ratio of various ash substances in vegetable bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) - Second International Forum "Grain legumes, a developing direction in Russia" FSBEI HE Omsk State Agrarian University. 2018. pp. 9-12.
 2. Kazydub N.G., Marakaeva T.V., Kotsyubinskaya O.A. YIELD CAPACITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF GREEN BEANS IN CULTIVARS OF KIDNEY BEAN BRED AT OMSK AGRARIAN UNIVERSITY IN THE SOUTH FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA. Vegetable crops of Russia. 2017;(2):50-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-2-50-54>
 3. Ubale S. Garu Abdullahi. Biological features of the development of bean aphid vectors and optimization of protective measures. Abstract of the Candidate of Biol Sciences. 2000. 24 p.
 4. Hampton R.O., Jensen A., Hagel G. T. Attributes of bean yellow mosaic potyvirus transmission from clover to snap beans by four species of aphids (Homoptera: Aphididae). Journal of economic entomology. – V.98. – 2005.
 5. Moskovets S.M., Kraev V.G., Porebskaya N.B., Bilik L.G. Viruses and viral diseases of legumes in Ukraine. Kiyiv, 1971.
 6. Brunt A.A., Crabtree K., Dallwitz M., Gibbs A.J., Watson L. Viruses of plants (Descriptions and lists from the VIDE Database) // UK, CAB International. 1996.
 7. Chekalin N.M. Genetic bases of selection of leguminous crops for resistance to pathogens // Poltava: Publishing house "Intergraphics". 2003.
 8. McKirdy S.J., Jones R. Australian Journal of Agricultural Research. V.46. 2015. P.135-152.
 9. Biddle A.J., Cattlin N.D. Pests, diseases, and disorders of peas and beans // NW: Publishing Manson. 2007.
 10. Polivanova, T.A. Yellow bean mosaic virus in Primorsky Krai. – In book: Some questions of biology and medicine in the Far East. Vladivostok. 1968. P.21-24.
 11. Polivanova, T. A., Zhuk G. P. Strains of the yellow bean mosaic virus in the southern region of the Non-Black Earth Region. - Proceedings of the LSHA. 1981. V.191. P.120-123.
 12. Gnutova R.V., Zolotarëva E.V. Diseases of vegetable crops and potatoes in the Far East of Russia. Vladivostok, Dal'nauka. 2011. 169 p.
 13. Timina L.T., Engalicheva I.A. COMPLEX OF PATHOGENES ON VEGETABLE CROPS IN CONDITION OF CENTRAL REGION OF RUSSIA. Vegetable crops of Russia. 2015;(3-4):123-129. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-123-129>
 14. Dosphehov B.A. Methods of field experience. M., 1975. 315 p.
 15. Guidelines for assessing and creating the source material of sweet pepper with resistance to the tomato spotted wilt virus. Moscow, 18 p.
 16. Guidelines and recommendations on the breeding and seed production of vegetable legumes and cabbage crops / VNIISOK, M., 2001. P.161-164.
 17. The international classifier of the CMEA of cultural species of the genus *Phaseolus* L. L., 1985.
 18. Tolkach V.F., Gnutova R.V. Some properties of Far Eastern isolates of yellow bean mosaic virus identified on legumes. Agricultural biology. 2011. P.104-111.
 19. Dyakonov K.P., Kakareka N.N., Volkov Yu.G. Viral diseases of leguminous crops in the Far East of Russia // Agricultural biology. 2006. №3. P.29-36.
- Supplement to the journal «Protection and quarantine of plants», 2011;5:54.