

Совершенствование методики отбора при селекции картофеля на устойчивость к колорадскому картофельному жуку

Improvement of the selection method for potato breeding for resistance to the Colorado potato beetle

Марданшин И.С.

Mardanshin I.S.

Аннотация

Abstract

Создание сортов картофеля, устойчивых к повреждению колорадским жуком, – основное направление стабилизации картофельных агроценозов в долгосрочной перспективе. Цель настоящих исследований – совершенствование методики отбора генотипов с относительно высокой устойчивостью к повреждению колорадским жуком. Предложена методика отбора по фенотипическому признаку интенсивности проявления реакции сверхчувствительности (СВЧ) листовой пластинки листьев картофеля к яйцекладкам колорадского жука. Чтобы исключить зависимость селекционного отбора от наличия кладки насекомого на листовой пластинке из состава химических соединений, находящейся на поверхности хориона откладываемых яиц, был выделен эффектор, запускающий реакцию сверхчувствительности (СВЧ-реакцию) к появлению на поверхности листовой пластинки яиц колорадского жука. На основе результатов двухлетних полевых опытов на большом описании усовершенствованной методики отбора устойчивых к насекомому генотипов с использованием эффектора, запускающего СВЧ-реакцию на кладки яиц колорадского жука, позволяет оценивать гибриды в младших питомниках в отсутствие фитофага. В статье приводится подробное описание усовершенствованной методики оценки и отбора устойчивых к насекомому генотипов с использованием эффектора, запускающего СВЧ-реакцию на кладки яиц колорадского жука. Воспроизводимость СВЧ-реакции листьев картофеля на кладки яиц колорадского жука в полевых условиях при использовании биохимического эффектора позволяет провести визуализацию наличия устойчивости растений к вредителю, значительно облегчить оценку и отбор устойчивых генотипов, что в конечном счете существенно повышает результативность селекционного процесса.

Creation of resistant potato varieties to damage by the Colorado potato beetle is the main direction of stabilization of potato fields in the long term. The aim of these studies is to improve the methodology for the selection of genotypes with a relatively high resistance to damage by the Colorado potato beetle. A method is proposed for the selection of genotypes with a relatively high resistance to damage by the Colorado potato beetle according to the phenotypic sign of the intensity of the hypersensitivity reaction (HR) of the leaf blade of potato leaves to the clutches of eggs of the Colorado potato beetle. In order to exclude the dependence of the selection screening on the presence of an insect clutch on the leaf blade, an effector that triggers a HR – response to clutches was isolated from the composition of chemical compounds on the chorion surface of the laid eggs. On the basis of two-year field experiments on a large number of cultivars, the presence of a positive correlation dependence of the average degree (coefficient 0.451) between the intensity of necrosis formation in response to the treatment of the leaf blade by the effector that triggers a HR – response and the level of resistance of potato plants to phytophagous was established. The use of the triggering effector HR – the reaction to the egg clutches of the Colorado potato beetle makes it possible to evaluate hybrids in younger nurseries in the absence of a phytophages. The article provides a detailed protocol of an improved methodology for assessing and selecting insect-resistant genotypes using the triggers effector HR – response to egg clutches of the Colorado potato beetle. Stable repeatability of the HR – response of potato leaves to clutches of Colorado potato beetle eggs in the field using the microwave response effector allows visualizing the presence of plant resistance to the pest, greatly facilitating the assessment and selection of resistant genotypes, which ultimately significantly increases the effectiveness of the breeding process.

Ключевые слова: колорадский жук, устойчивость, селекция картофеля, СВЧ-реакция.

Key words: Colorado potato beetle, resistance, potato breeding, HR – reaction.

Для цитирования: Марданшин И.С. Совершенствование методики отбора при селекции картофеля на устойчивость к колорадскому картофельному жуку // Картофель и овощи. 2021. №11. С. 25-28. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.40.15.004>

For citing: Mardanshin I.S. Improvement of the selection method for potato breeding for resistance to the Colorado potato beetle. Potato and vegetables. No11. Pp. 25-28. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.40.15.004> (In Russ.).

Серьезной проблемой для картофелеводства страны остается колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) [1]. Он быстро приспосабливается к широко применяемым инсектицидам, а потери урожая могут достигать от 10 до 55% [2]. Традиционные методы селекции картофеля по выведению сортов, относительно устойчивых к колорадскому жуку, обес-

печивают лишь средний уровень относительной устойчивости растений [3].

Цель исследований: совершенствование методики отбора генотипов с относительно высокой устойчивостью к повреждению колорадским жуком по фенотипическому признаку интенсивности проявления реакции сверхчувствительности листовой пластинки листьев кар-

тофеля к кладкам яиц колорадского жука.

Стадия дальнейшей колонизации растения вредными организмами и поэтому нейтрализация патогена в этот момент наиболее эффективна. Ранее в работе Л.Т. Шпакова (1993) отмечено, что относительно устойчивые сорта реагировали образованием некрозов

на листьях под кладками яиц вредителя, что отсутствовало у неустойчивых сортов [4]. В работе Н.Ф. Балбышева и Д.Х. Лоренцена (1997) отмечена перспективность использования гиперчувствительного ответа на кладки колорадского жука как защитного барьера растений [5]. Значительно меньшая повреждаемость колорадским жуком была замечена нами на сорте картофеля Башкирский. Сорт характеризуется интенсивным развитием СВЧ-реакции на кладки фитофага [6].

Радикальное снижение выживаемости потомства вредителя (на 1-2 порядка) при СВЧ-реакции растения на яйцекладку само по себе снимает проблему вредоносности насекомого. По результатам трехлетних полевых опытов на большом количестве сортообразцов картофеля установлено, что между интенсивностью развития СВЧ-реакции листовой пластинки на кладки вредителя и устойчивостью к колорадскому жуку существует корреляционная зависимость средней степени. Коэффициент корреляции между этими признаками составлял, в зависимости от года, 0,568-0,671 [7], т.е. этот фенотипический признак может быть использован для отбора генотипов с относительной устойчивостью к повреждению колорадским жуком.

Период массовой кладки и отрождения колорадского жука на картофеле приходится на фазу бутонизации и начала цветения растений. Оценка в питомнике гибридов второго года относительной устойчивости генотипов к повреждению колорадским жуком – оптимальный момент выявления перспективных образцов. В данном питомнике генотипы представлены в основном 4-8 растениями, при этом гибридные популяции еще не подвергнуты жесткому селекционному отбору. Однако в силу биологических особенностей насекомые не склонны посещать генетически раз-

нокачественные гибриды ввиду наличия более доступного источника пищи. Поэтому период заселения фитофагом растений питомника гибридов второго года и кладка яиц сильно растянуты во времени, что значительно осложняет проведение наблюдений, а фиксируемые фенотипические реакции генотипов могут искажаться вследствие старения ботвы. В связи с этим нами изучен прием, улучшающий методику отбора генотипов картофеля с относительно высокой устойчивостью к колорадскому жуку по этому признаку. Для того чтобы исключить зависимость проведения отбора от наличия кладки насекомого на листовую пластинку, был выделен из состава химических соединений, находящихся на поверхности хориона откладываемых яиц, эффектор запускающий СВЧ-реакцию на кладки.

Условия, материалы и методы исследований

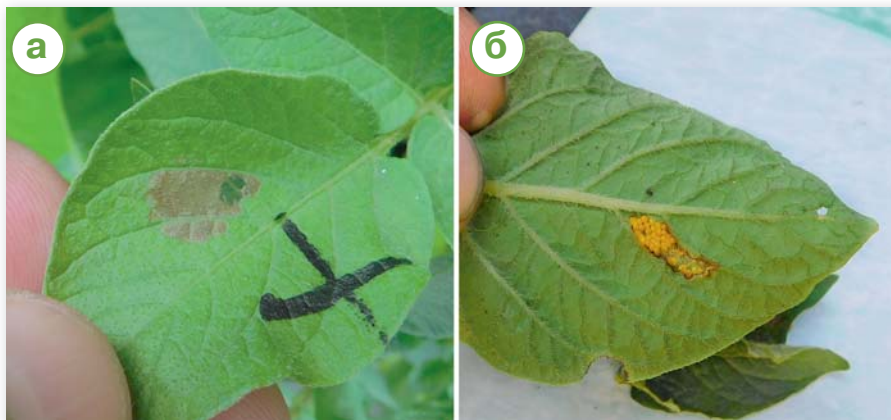
Для проверки воспроизводимости в полевых условиях СВЧ-реакции листьев картофеля при их обработке эффектором, выделенным с поверхности хориона яиц насекомого, был заложен опыт с использованием 48 различных по устойчивости сортов картофеля. Опыт заложен в Предуральской лесостепной зоне на полях Бирского ОПХ Башкирского НИИСХ, почвы опытного участка серые лесные, среднесуглинистые. В период проведения наблюдений (июнь-июль) в 2017 году фон среднесуточных температур находился в зоне 16,8-21,5 °С и суммой осадков 166 мм, которые выпадали равномерно, а в 2019 году фон среднесуточных температур находился в зоне 16,1-20,6 °С, сумма осадков составила 95 мм, которые выпадали также относительно равномерно. Высаживали по 40 растений каждого сорта. Растения свободно заселялись колорадским жуком, который питался листьями и откладывал на них яйца. Параллельно

на неповрежденные насекомыми листья растений одновременно на три листочка пяти растений каждого сорта наносили по 5 мкл эффектора СВЧ-реакции. Обработанные листочки помещали для последующего осмотра. Оценка проводилась в период бутонизации – начала цветения. Оценка в баллах фенотипического проявления СВЧ-реакции листовой пластинки различных сортов на кладку яиц колорадского жука проводили сразу после отрождения личинок по оригинальной методике. Устойчивость растений к повреждению фитофагом оценивали в баллах через одну неделю после массового отрождения личинок вредителя. Развитие СВЧ-реакции после обработки листьев эффектором регистрировали на 1, 2, 3, 5 и 7 сутки после нанесения. Оценка интенсивности развития СВЧ-реакции проводили по пятибалльной шкале: 0 баллов – отсутствие СВЧ-реакции, 1 балл – выпирание листовой пластинки в месте прикрепления кладки, 2 балла – развитие некроза на 25 % площади, занимаемой кладкой, 3 балла – развитие некроза на 50 % площади, занимаемой кладкой, 4 балла – развитие некроза на 100 % площади, занимаемой кладкой, 5 баллов – прободение листовой пластинки в месте прикрепления кладки. По каждому сорту учет развития СВЧ-реакции проводился по 10 листьям.

Результаты исследований

Установлено, что при использовании эффектора СВЧ-реакции для имитации яйцекладки на листовую пластинку у 47 сортов из 48 ответ растений на кладку совпал с сортовой реакцией (табл.). При этом установлено, что у 38 сортов из 48 интенсивность развития реакции при имитации кладки насекомого нанесением препарата также совпадала с уровнем фенотипического проявления СВЧ-реакции на настоящие кладки фитофага. Развитие СВЧ-реакции на листьях чувствительных сортов при нанесении на них препарата эффектора СВЧ-реакции протекало менее интенсивно, чем реакция непосредственно на настоящие кладки (рис. а, б). Это вполне объясняется тем, что препарат содержит не все эффекторы, вызывающие СВЧ-реакцию листьев картофеля на кладки яиц насекомого. Однако факт наличия СВЧ-реакции либо на кладки самих яиц насекомого, либо на эффектор СВЧ-реакции, у листьев очевиден.

Статистический анализ зависимости между интенсивностью развития СВЧ-реакции в баллах на настоящие кладки насекомого и уров-



Листовая пластинка листа картофеля: а – реакция на нанесение эффектора СВЧ-реакции, б – СВЧ-реакция на кладки яиц колорадского жука

Воспроизводимость СВЧ-реакции листьев картофеля при использовании эффлектора для имитации яйцекладки, 2017 и 2019 годы

Сорт	Развитие СВЧ-реакции на яйцекладку, балл	Некроз при нанесении эффлектора, средний балл				Устойчивость ботвы, балл
		1 сутки	2 сутки	5 сутки	7 сутки	
Фреско	4,5	1	3,5	4,0	4,0	7,1
Кондор	4,25	0	0,5	3,25	3,25	6,5
Зумба	1,75	0	0	1,25	1,25	6,8
Танго	1	0	0,25	1	1	6,8
Колетте	3	0	1,75	2	2	7,5
Башкирский	1	1	1	1	1	7,5
Сафо	3,5	0,75	2,25	2,25	2,5	6,9
Ресурс	0	0	0	0	0	8,0
Удача	0,75	0	0	0,5	0,75	5
Фрегат	1	1	1	1	1	6,5
Лига	1	0	1	1	1	7,1
Лазарь	4,25	1	3	4,0	4,0	6,4
Галактика	1,75	0	0	1	1	7,8
Белоснежка	4,25	1	2	3,25	4,0	6,5
Гибрид 53	3,5	3	3,5	3,5	3,5	7,5
Жигулевский	0,25	0	0	0	0,25	4,2
Свитанок киевский	0,25	0	0	0,25	0,25	8
Накра	0	0	0	0	0	5,5
Диско	1	0	0	0	1	4
Гибрид 21	3,5	1	1,3	2,5	2,5	8
Горняк	0,25	0	0	0,25	0,25	7
Аллегро	1,25	0	1,25	1,25	1,25	7,5
Институтский	0,5	0	0	0,5	0,5	4,1
Гибрид 13	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	7,5
Скарб	1	0	0,75	0,75	0,75	6,5
Мадейра	2	0,5	1	1	1	6,5
Амароза	2,75	0	0,75	1,75	1,75	7
Никулинский	2	0	0	0,5	2	7,5
Весна	0	0	0	0	0	5
Луговской	0	0	0	0	0	4
Розалинд	0	0	0	0	0	4
Амалия	0	0	0	0	1	2,1
Гранат	1	0	0,25	1	1	6,5
Сентябрь	0	0	0	0	0	4
Саньява	0,75	0	0,25	0,5	0,75	4,8
Нандина	1	0	0,75	0,75	1	6,5
Ранняя роза	0	0	0	0	0	3
Рая	0	0	0	0	0	3,5
Роксана	1	0	0,5	0,5	1	2,5
Регги	0	0	0	0	0	4
Наяда	1,5	0	1	1	1,5	1,5
Зекура	2	0,5	0,5	2	2	4,9
Бронницкий	0	0	0	0	0	1
Андро	1,5	0	0,75	1,5	1,5	2,5
Антошка	1	0	0,5	0,5	1	2
Садовый	0	0	0	0	0	1,5
Красная горка	0	0	0	0	0	2,5
Ред фэнтази	0	0	0	0	0	1

нем относительной устойчивости сортов подтвердил наличие положительной корреляционной связи средней степени с коэффициентом 0,513. При использовании для имитации откладки яиц эффектора СВЧ-реакции между интенсивностью развития СВЧ-реакции и уровнем относительной устойчивости сортов также установлена положительная корреляционная связь средней степени (коэффициент 0,451). Таким образом, полученные данные позволяют утверждать, что использование для имитации факта кладки эффектором СВЧ-реакции демонстрирует приемлемые результаты и эффектор может использоваться при проведении оценки селекционного материала.

Методически данный способ оптимально использовать в два этапа. На первом этапе в питомнике сеянцев после получения растений из ботанических семян гибридных популяций на случайно выбранных 4-5 растениях наносят препарат эффектора СВЧ-реакции. Обработанные листья помечают маркерным карандашом и через 2-3 суток осматривают растения (рис. а). Наличие хотя бы одного растения с признаком СВЧ-реакции свидетельствует о высокой вероятнос-

ти присутствия генов устойчивости и перспективности дальнейшего поиска в данной гибридной популяции образцов устойчивых к повреждению растений картофеля колорадским жуком.

Отсутствие СВЧ-реакции на обработку препаратом среди случайно выбранных растений с высокой долей вероятности свидетельствует об утрате в процессе создания исходного материала генных комплексов, кодирующих некрогенетический защитный барьер, и поиск генотипов с данным защитным механизмом в этой гибридной популяции малоперспективен.

На втором этапе проводят индивидуальную оценку генотипов в питомнике гибридов второго года среди перспективных гибридных популяций, выделенных на первом этапе. Для этого в фазу бутонизации – начала цветения на лист одного растения каждого гибрида для имитации кладки насекомого наносят по 5 мкл эффектора СВЧ-реакции. Лист помечают маркерным карандашом для последующей идентификации. Через 2-3 дня проводят регистрацию наличия СВЧ-реакции, а также степень ее развития в баллах. Все образцы с проявлением реакции отмечают пос-

редством реперного колышка около выделенного генотипа. Генотипы с СВЧ-реакцией на уровне 4-5 баллов отмечают окрашенным в красный цвет репером. Уборку урожая отобранных генотипов проводят, упаковывая в мешочки вместе с клубнями реперный колышек. Таким образом, по результатам проведения оценки в питомнике гибридов второго года образцы ранжируют по их устойчивости к повреждению колорадским жуком для дальнейшего использования этих данных при комплексной оценке перспективного селекционного материала. На данный способ определения чувствительных к кладкам колорадского жука гибридов картофеля получен патент на изобретение.

Выводы

Воспроизводимость СВЧ-реакции листьев картофеля на кладки яиц колорадского жука в полевых условиях при использовании биохимического эффектора позволяет провести визуализацию наличия устойчивости растений к вредителю, значительно облегчить оценку и отбор устойчивых генотипов, и это, в конечном счете, существенно повышает результативность селекционного процесса.

Библиографический список

References

1. Говоров Д.Н., Живых А.В., Барков В.А. Распространение колорадского жука на посадках картофеля в Российской Федерации в 2014-2016 годах // Защита картофеля. 2017. №1. С. 9–14.
2. Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р. Стратегия защиты сельскохозяйственных растений от адвентивных видов насекомых-фитофагов на примере колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) // Вестник защиты растений. 2005. Т.3. С. 3–15.
3. Иванова О.В., Фасулати С.Р. Устойчивость картофеля к колорадскому жуку и специфика ее структуры у сортов различных групп спелости // Защита и карантин растений. 2015. №6. 40–43.
4. Шпаков Л.Т. Подбор и оценка гибридов-бекроссов межвидового происхождения для селекции картофеля на устойчивость к колорадскому жуку: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М.: ВНИИКС, 1993. 24 с.
5. Balbyshev N.F., Lorenzen J.H. Hypersensitivity and egg drop: a novel mechanism of host plant resistance to Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) // Journal of economic entomology. 1997. T.90. №2. С. 652–657.
6. Марданшин И.С., Умаров И.А. Сорт Башкирский устойчив к колорадскому жуку // Картофель и овощи. 2013. №7. С. 30–31.
7. Mardanshin I.S., Shakirzyanov A.Kh. The prospect of using a necrotic protective barrier in the creation of potato varieties resistant to the Colorado potato beetle // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No12(203). Pp. 15–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-15-21.

1. Govorov D.N., Zhivyh A.V., Barkov V.A. Distribution of the Colorado potato beetle on potato plantings in the Russian Federation in 2014-2016. Potato protection. 2017. No1. Pp. 9–14 (In Russ.).
2. Vilкова N.A., Suhoruchenko G.I., Fasulati S.R. The strategy of protecting agricultural plants from adventive species of phytophagous insects on the example of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae). Bulletin of plant protection. 2005. Vol.3. Pp. 3–15 (In Russ.).
3. Ivanova O.V., Fasulati S.R. Potato resistance to the Colorado potato beetle and the specificity of its structure in varieties of different ripeness groups. Plant protection and quarantine. 2015. No6. Pp. 40–43 (In Russ.).
4. Shpakov L.T. Selection and evaluation of interspecific backcross hybrids for breeding potatoes for resistance to the Colorado potato beetle: abstract of thesis Cand. Sci. (Agr.). Moscow. VNIKH. 1993. 24 p. (In Russ.).
5. Balbyshev N.F., Lorenzen J.H. Hypersensitivity and egg drop: a novel mechanism of host plant resistance to Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of economic entomology. 1997. Vol.90. No2. Pp. 652–657.
6. Mardanshin I.S., Umarov I.A. The Bashkirskiy variety is resistant to the Colorado potato beetle. Potato and vegetables. 2013. No7. Pp. 30–31 (In Russ.).
7. Mardanshin I.S., Shakirzyanov A.Kh. The prospect of using a necrotic protective barrier in the creation of potato varieties resistant to the Colorado potato beetle. Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No12(203). Pp. 15–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-15-21.

Об авторе

Author details

Марданшин Ильдар Салимьянович, канд. биол. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства картофеля, Башкирский НИИСХ Уфимского Федерального Исследовательского Центра РАН. Тел.: +7 (905) 181-54-69. E-mail: ildar.mardanshin1966@yandex.ru

Mardanshin I.S., Cand. Sci. (Biol.), head of Laboratory of Potato Breeding and Seed Growing, Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. Phone: +7 (905) 181-54-69. E-mail: ildar.mardanshin1966@yandex.ru