

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ
РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А.Г. Тулинов

Реферат. Исследования проводили с целью генетического скрининга перспективных селекционных гибридов картофеля для выявления генотипов устойчивых к комплексу фитопатогенов. Работу выполняли в Институте агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН и компании «Синтол» (г. Москва) с использованием набора реагентов «ГенЭксперт «Маркеры генов устойчивости картофеля» («Синтол»). Для проведения исследований были выбраны 10 маркеров генов устойчивости к раку картофеля, золотистой картофельной цистообразующей нематоде, бледной картофельной нематоде, X-вирусу и Y-вирусу (гены H1, Gro1-4 выявляли с помощью маркеров TG-689, 57R, N195 и Gro1-4-1, ген Sen1 – с использованием маркера NL25, ген Gra2 – Gra2-2). В качестве объекта исследований выбраны листья растений пяти гибридов картофеля, проходящих селекционное испытание в питомниках размножения: 2341-265 (Амур × Гала), 2339-8 (Оксания × Гала), 2339-9 (Оксания × Гала), 1992-14 (Удача × Элмундо), 2000-60 (КоLETTE × FZ 1867). У образцов 2339-8 и 1992-14 выявлено максимальное в выборке количество маркеров (по пять у каждого), сцепленных с генами устойчивости: у обоих гибридов – TG-689, 57R, N195 и NL25; у 2339-8 – маркер Gro1-4-1, а у 1992-14 – Gra2-2. У селекционного номера 2341-265 отмечен только маркер гена устойчивости к раку картофеля – NL25. Образец 2339-8 охарактеризован как ценный источник R-генов, имеющих в своем геноме гены устойчивости к золотистой цистообразующей картофельной нематоде (H1, Gro1-4) и к раку картофеля (Sen1). Генотип гибрида 1992-14, несущий ген Gra2, рекомендован для выведения новых сортов картофеля, устойчивых к различным видам нематод.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.), гибрид, ген, маркер, амплификация, генотипирование.

Введение. Картофель – наиболее распространенная пропашная культура, возделываемая сельскохозяйственными товаропроизводителями в Республике Коми [1, 2]. Аграрии региона предъявляют все большие требования к создаваемым в результате селекционного процесса сортам. Это вызвано многими факторами – глобальное изменение климата, распространение на территории республики болезней и вредителей, мигрировавших на север из южных регионов нашей страны, проявление все большей устойчивости различных фитопатогенов сельскохозяйственных культур к применяемым средствам химической защиты растений и успешное противостояние им и многое другое [3, 4, 5]. Все вышесказанное определяет основную задачу сегодняшней селекции – непрерывность и постоянное совершенствование самого процесса выведения новых перспективных сортов. На современном этапе наука позволяет провести подбор сортов и гибридов для каждого региона России в соответствии с его агроклиматическими и фитосанитарными особенностями [6]. В последние годы широкое распространение получил метод генетического скрининга на наличие генов, отвечающих за устойчивость к раку, золотистой и бледной картофельным нематодам (ЗКН и БКН), вирусам картофеля X, Y (ХВК и YВК) и другим болезням, в том числе карантинным, что позволяет на ранних этапах селекционного процесса отобрать наиболее предпочтительные гибриды [7, 8, 9].

Цель исследований – генетический скрининг и отбор перспективных селекционных гибридов картофеля, сочетающих устойчивость к комплексу фитопатогенов, для создания новых сортов, адаптированных к

условиям Крайнего Севера.

Условия, материалы и методы. Материалом для исследования служили перспективные гибриды картофеля питомника размножения – 2341-265 (Амур × Гала), 2339-8 (Оксания × Гала), 2339-9 (Оксания × Гала), 1992-14 (Удача × Элмундо), 2000-60 (КоLETTE × FZ 1867). Определяли наличие 10 основных генов устойчивости к раку (*Synchytrium endobioticum*), золотистой картофельной нематоде (*Globodera rostochiensis*), бледной картофельной нематоде (*Giobodera pallida*), X-вирусу и Y-вирусу.

Генетический скрининг проведен в аналитической лаборатории Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН и на базе научно-производственной компании «Синтол» (г. Москва).

Оценивали наличие генов устойчивости картофеля к болезням и вредителям с использованием соответствующих маркеров (ген / маркер): Y вирус картофеля – *Ry_{adg}* / RYSC3 [10], *Ry_{chc}* / Ry186 [11], *Ry_{sto}* / YES3-3A [12]; золотистая цистообразующая картофельная нематода – H1 / TG689 [13], H1 / 57R [14], H1 / N195 [11], Gro1-4 / Gro1-4-1 [15]; бледная картофельная нематода – Gra2 / Gra2-2 [11, 15]; рак картофеля – Sen1 / NL25 [16]; X вирус картофеля – Rx1 / PVX [11, 15].

ДНК выделяли из листьев растений, отобранных в межфазный период бутонизация–цветения со среднего яруса куста по одному листу с растения, методом органической экстракции (<http://www.syntol.ru/catalog/prochie-reagenty-dlya-molekulyarnoy-biologii/nabor-genekspert-kartofel.html>). Качество и количество выделенной ДНК оценивали

спектрофотометрически на приборе NanoDrop ND-1000 (США).

Генотипирование ДНК картофеля проводили с использованием набора реагентов «ГенЭкспертКартофель» («Синтол»), фрагментный анализ на наличие маркеров генов устойчивости картофеля – набора реагентов «ГенЭксперт «Маркеры генов устойчивости картофеля» («Синтол»). В качестве отрицательного контроля была выбрана вода деионизированная (ГОСТ 11.029.003-80), положительного – смесь десяти плазмид, содержащих искомые фрагменты ДНК картофеля с расщепляемыми генами.

Для проведения ПЦР-анализа использовали термоциклер Applied Biosystems 2720 Thermal Cycler (США). Объем реакционной смеси – 23 мкл. В реакционную смесь добавляли по 2 мкл ДНК в концентрации 5...15 нг. После амплификации смешивали 1 мкл ПЦР-смеси, 9 мкл формамида и 1 мкл маркера молекулярного веса, в качестве которого использовали СД-600 (канал Iiz) производства фирмы «Синтол».

Режим амплификации включал следующие этапы: 1 цикл – денатурация при 95°C, 5 мин.; 40 циклов – при 95°C, 20 с, отжиг – при 61°C, 30 с, элонгация – при 72°C, 40 мин; 1 цикл – дорепликация при 72°C, 1 мин.

Последующий процесс электрофореза исследуемого материала проводили на устройстве секвенирования ДНК Нанофор-05 (8-капиллярный), производства Института аналитического приборостроения РАН в соответствии с руководством и инструкцией по применению генетического анализатора (<http://www.syntol.ru/information-support/instruktsii/>). Анализ выполнения электрофореза, информация о детекции флуоресценции, идентификация аллелей проходили в автоматическом режиме. Информация передавалась на персональный компьютер и обрабатывалась на нем с помощью программы «ГенЭксперт» (версия 5.0.1.6).

На последнем этапе проводили проверку выполненного анализа с целью исключения получения ложноположительных данных согласно инструкции к набору «ГенЭксперт «Маркеры генов устойчивости картофеля» фирмы «Синтол». Определяли наличие или отсутствие пиков продуктов амплификации известной длины. При наличии пиков делали вывод о присутствии в исследуемом образце генов устойчивости к патогенам, при отсутствии – соответственно обратный вывод [17].

Результаты и обсуждение. В положительном контроле были определены все 10 выбранных для исследования маркеров генов устойчивости, тогда как в отрицательном контроле пики отсутствовали. Это позволило сделать вывод о точности проведенного анализа и отсутствии ложноположительных результатов.

По результатам анализа следует выделить гибрид картофеля 2341-265 и охарактеризовать его как не перспективный для проведения дальнейшей селекционной работы по выведению новых перспективных сортов в связи с выявлением у него только одного гена устойчивости к раку картофеля – *Sen1* (NL25) (см. табл.).

Следует отметить гибрид 2339-8, несущий в своем генотипе, в отличие от остальных изучаемых образцов, оба гена, отвечающих за устойчивость к золотистой картофельной нематодой – гены *H1* и *Gro1-4*, выявленные с использованием маркеров TG-689, 57R, N195 и *Gro1-4-1* соответственно, а также гена устойчивости к раку картофеля – *Sen1* (маркер NL25). Доминантная аллель гена *Sen1*, характеризующаяся особенностью к полной блокаде развития и репродукционной активности вида патогенных грибов *S. endobioticum*, выявлена у всех рассматриваемых гибридов. У гибридов 2339-9 и 2000-60 выявлены три маркера гена, кодирующих устойчивость к *G. rostochiensis* – *H1* (TG-689, 57R, N195) и маркер гена к *S. endobioticum* – *Sen1* (NL25).

Таблица – Результаты генотипирования исследуемых образцов*

Маркер	RYSC3	Ry186	YES3-3A	TG-689	57R	N195	Gro1-4-1	Gpa2-2	NL25	PVX
Ген	<i>Ry^{adg}</i>	<i>Ry^{chc}</i>	<i>Ry^{sto}</i>	<i>H1</i>			<i>Gro1-4</i>	<i>Gpa2</i>	<i>Sen1</i>	<i>Rx1</i>
Устойчивость	Y-вирус			золотистая цистообразующая картофельная нематода				Бледная картофельная нематода	Рак картофеля	Х-вирус
2341-265	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	с/о	в	с/о
2339-8	с/о	с/о	с/о	в	в	в	в	с/о	в	с/о
2339-9	с/о	с/о	с/о	в	в	в	с/о	с/о	в	с/о
1992-14	с/о	с/о	с/о	в	в	в	с/о	в	в	с/о
2000-60	с/о	с/о	с/о	в	в	в	с/о	с/о	в	с/о

* – с/о – сигнал отсутствует, в – ген выявлен.

Из всех рассматриваемых генотипов картофеля следует выделить гибрид 1992-14 в котором выявлено пять из десяти основных маркеров генетической устойчивости к патогенам, в том числе и к *G. pallida* – *H1* (TG-689, 57R,

N195), *Gpa2* (*Gpa2-2*), *Sen1* (NL25). Наличие гена устойчивости к *G. pallida* выделяет этот гибрид из всех рассматриваемых и делает его весьма перспективным для дальнейшого процесса селекции и выведения сортов,

устойчивых к бледной картофельной нематод в тех районах страны, в том числе и в Республике Коми, в которых этот патоген распространен.

У всех исследуемых генотипов не выявлены маркеры PVX гена Rx1 устойчивости к X-вирусу и маркеры к генам RYSC3 (Ry_{adg}), Ry186 (Ry_{che}), YES3-3A (Ry_{sto}) устойчивости к Y-вирусу. Это свидетельствует о необходимости включения в селекционный процесс новых перспективных генотипов, несущих гены устойчивости к этим вирусам.

Выводы. Проведенный молекулярно-генетический анализ наличия генов устойчивости к патогенам у перспективных гибридов картофеля позволил выделить ряд генотипов, обладающих конкурентными преимуществами над остальными, проходящими селекционные испытания в питомниках размножения. У образцов 2339-8 (Оксания×Гала) и 1992-14 (Удача×Элмундо) выявлено максимальное в выборке количество маркеров (по пять у каждого), сцепленных с генами устойчивости:

у обоих гибридов – TG-689, 57R, N195 и NL25; у 2339-8 – еще определен маркер Gro1-4-1, а у 1992-14 – Gra2-2. У одного селекционного номера 2341-265 (Амур×Гала) отмечен только маркер гена устойчивости к раку картофеля (*Synchytrium endobioticum*) – NL25. Образец 2339-8 можно характеризовать как ценный источник R-генов, несущий в своем геноме гены устойчивости к золотистой цистообразующей картофельной нематод *G. rostochiensis* (H1, Gro1-4) и к раку картофеля *Synchytrium endobioticum* (SenI). Генотип гибрида 1992-14 (Удача×Элмундо), несущий ген Gra2, рекомендован для скрещивания и создания новых селекционных линий с целью выведения новых сортов картофеля, устойчивых к различным видам нематод (бледная картофельная нематода *G. pallida*).

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию №FUUU-2023-0001 (регистрационный №123033000036-5) при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Литература

1. Щербакова А. С. Агроклиматические районы и урожайность сельскохозяйственных культур в изменяющихся условиях регионального климата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. № 1(61). С. 142–147. doi: 10.12737/2073-0462-2021-142-147.
2. Тулинов А. Г. Оценка урожайности и параметров адаптивности перспективных гибридов картофеля в условиях Республики Коми // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. № 3(71). С. 57–61. doi: 10.12737/2073-0462-2023-57-61.
3. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства / А. В. Коршунов, Е. А. Симаков, Ю. Н. Лысенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 3(32). С. 12–20. doi: 10.24411/0235-2451-2018-103.
4. Шорохов М. Н., Долженко О. В., Долженко В. И. Инсектициды для борьбы с тлями-переносчиками вирусов на картофеле // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 37–40. doi: 10.31857/S2500262721050070.
5. Подбор перспективных гибридов картофеля по параметрам их адаптивности для условий Европейского Севера / З. З. Евдокимова, М. В. Калашник, Л. Н. Головина и др. // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7(186). С. 26–32. doi: 10.32417/article_5d52af44264156.24918284.
6. Зотеева Н. М., Евдокимова З. З. Исходный материал для селекции картофеля, полученный с использованием видов *Solanum* L. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183(4). С. 115–121. doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-115-121.
7. Молекулярные маркеры как инструмент в селекции на устойчивость к Y-вирусу картофеля / В. А. Бирюкова, В. А. Жарова, Н. А. Чалая и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(6). С. 777–789. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.777-787.
8. Устойчивость картофеля к карантинным болезням / А. В. Хютти, О. Ю. Антонова, Н. В. Мироненко и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(1). С. 51–61. doi: 10.18699/VJ17.223.
9. Исследование коллекционных образцов картофеля на наличие генетических маркеров устойчивости к фитопатогенам / А. Б. Сайнакова, М. С. Романова, С. Н. Красников и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(1). С. 18–24. doi: 10.18699/VJ18.326.
10. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes / K. Kasai, Y. Morikawa, V. A. Sorri, et al. // Genome. 2000. Vol. 43. No. 1. URL: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/g99-092> (дата обращения: 09.08.2024). doi: 10.1139/g99-092.
11. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato / K. Mori, Y. Sakamoto, N. Mukojima, et al. // Euphytica. 2011. Vol. 180. No. 3. P. 347–355. doi: 10.1007/s10681-011-0381-6.
12. Song Y., Schwarzfischer A. Development of STS markers for selection of extreme resistance (Rysto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars // American Journal of Potato Research. 2008. Vol. 85. No. 2. P. 159–170. doi: 10.1007/s12230-008-9012-8.
13. Application of DNA markers linked to the potato H1 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of *Globodera rostochiensis* / R. Galek, M. Rurek, W. S. De Jong, et al. // Journal of Applied Genetics. 2011. Vol. 52. No. 4. P. 407–411. doi: 10.1007/s13353-011-0056-y.
14. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.) / L. Schultz, N. O. I. Cogan, K. McLean, et al. // Plant Breeding. 2012. Vol. 131. No. 2. P. 315–321. doi: 10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x.
15. DNA marker assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan / K. Asano, A. Kobayashi, S. Tsuda, et al. // Breeding Science. 2012. Vol. 62. No. 2. P. 142–150. doi: 10.1270/jsbbs.62.142.
16. C. Gebhardt, D. Bellin, H. Henselewski, et al. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato // Theoretical and Applied Genetics. 2006. 112. No. 8. P. 1458–1464. doi: 10.1007/s00122-006-0248-8.

17. Исследование сортов и гибридов картофеля из селекционного питомника ФИЦ Коми НЦ УрО РАН на наличие маркеров устойчивости к фитопатогенам / В. Г. Зайнуллин, А. А. Юдин, А. А. Куш и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 7. С. 85–91.

Сведения об авторе:

Тулинов Алексей Геннадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, e-mail: toolalgen@mail.ru

Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар, Россия.

GENETIC SCREENING OF PROMISING POTATO HYBRIDS OF KOMI REPUBLIC

A.G. Tulinov

Abstract. The studies were conducted with the aim of genetic screening of promising selection hybrids of potatoes to identify genotypes resistant to a complex of phytopathogens. The study was carried out at A.V. Zhuravskiy Institute of Agrobiotechnology of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and Sintol company (Moscow) using the GenExpert reagent kit “Markers of potato resistance genes” (“Syntol”). For the study, 10 markers of genes encoding resistance to potato cancer, golden potato cyst nematode, pale potato cyst nematode, X-virus and Y-virus were selected (genes H1, Gro1-4 were detected using markers TG-689, 57R, N195 and Gro1-4-1, gene Sen1 – using marker NL25, gene Gpa2 – Gpa2-2). The objects of the study were leaves of plants of five potato hybrids undergoing selection testing in breeding nurseries: 2341-265 (Amur × Gala), 2339-8 (Oksania × Gala), 2339-9 (Oksania × Gala), 1992-14 (Udacha × Elmundo), 2000-60 (Colette × FZ 1867). The maximum number of markers (five in each) linked to resistance genes was revealed in samples 2339-8 and 1992-14: TG-689, 57R, N195 and NL25 in both hybrids; Gro1-4-1 marker in 2339-8 and Gpa2-2 in 1992-14. Only the marker of potato wart resistance gene, NL25, was noted in selection number 2341-265. Sample 2339-8 was characterized as a valuable source of R-genes, having in its genome the genes of resistance to golden potato cyst nematode (H1, Gro1-4) and potato wart (Sen1). The genotype of the 1992-14 hybrid, carrying the Gpa2 gene, is recommended for breeding new potato varieties resistant to various types of nematodes.

Key words: potato (*Solanum tuberosum* L.), hybrid, gene, marker, amplification, genotyping.

References

1. Shcherbakova AS. [Agroclimatic regions and crop yields in changing regional climate conditions]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; 1(61). 142-147 p. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-142-147.
2. Tulinov AG. [Assessment of crop yield and adaptability parameters of promising potato hybrids in Komi Republic]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; 3(71). 57-61 p. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-57-61.
3. Korshunov AV, Simakov EA, Lysenko YuN, Anisimov BV, Mityushkin AV, Gaitov MYu. [Actual problems and priority areas for the development of potato growing]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018; 3(32). 12-20 p. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-103.
4. Shorokhov MN, Dolzhenko OV, Dolzhenko VI. [Insecticides for the control of aphids-carriers of viruses on potatoes]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2021; 5. 37-40 p. DOI: 10.31857/S2500262721050070.
5. Evdokimova ZZ, Kalashnik MV, Golovina LN, Chelnokova VV, Kotova ZP. [Selection of promising potato hybrids according to their adaptability parameters for the conditions of the European North]. Agrarnyy vestnik Urala. 2019; 7 (186). 26-32 p. DOI: 10.32417/article_5d52af44264156.24918284.
6. Zoteeva NM, Evdokimova ZZ. [Source material for potato breeding obtained using *Solanum* L. species]. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. 2022; 183(4). 115-121 p. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-115-121.
7. Biryukova VA, Zharova VA, Chalaya NA. [Molecular markers as tools in breeding for resistance to potato virus Y]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022; 23(6). 777-789 p. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.777-787.
8. Khyutti AV, Antonova OYu, Mironenko NV, Gavrilenko TA, Afanasenko OS. [Potato resistance to quarantine diseases]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2017; 21(1). 51-61 p. DOI: 10.18699/VJ17.223.
9. Saynakova AB, Romanova MS, Krasnikov SN, Litvinchuk OV, Alekseev YaI, Nikulin AV, Terenteva EV. [Study of collection potato accessions for the presence of genetic markers of resistance to phytopathogens]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2018; 22(1). 18-24 p. DOI: 10.18699/VJ18.326.
10. Kasai K, Morikawa Y, Sorri VA. Development of SCAR markers to the PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes. [Internet]. Genome. 2000; 43(1). [cited 2024, August 09]. Available from: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/g99-092>. DOI: 10.1139/g99-092.
11. Mori K, Sakamoto Y, Mukojima N. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. Euphytica. 2011; 180(3). 347-355 p. DOI: 10.1007/s10681-011-0381-6.
12. Song Y, Schwarzfischer A. Development of STS markers for selection of extreme resistance (Rysto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars. American Journal of Potato Research. 2008; 85(2). 159-170 p. DOI: 10.1007/s12230-008-9012-8.
13. Galek R, Rurek M, De Jong WS. Application of DNA markers linked to the potato H1 gene conferring resistance to pathotype Ro1 of Globodera rostochiensis. Journal of Applied Genetics. 2011; 52(4). 407-411 p. DOI: 10.1007/s13353-011-0056-y.
14. Schultz L, Cogan NOI, McLean K. Evaluation and implementation of a potential diagnostic molecular marker for H1-conferred potato cyst nematode resistance in potato (*Solanum tuberosum* L.). Plant Breeding. 2012; 131(2). 315-321 p. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2012.01949.x.
15. Asano K, Kobayashi A, Tsuda S. DNA marker assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. Breeding Science. 2012; 62(2). 142-150 p. DOI: 10.1270/jsbbs.62.142.
16. Gebhardt C, Bellin D, Henselewski H. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato. Theoretical and Applied Genetics. 2006; 112(8). 1458-1464 p. DOI: 10.1007/s00122-006-0248-8.
17. Zaynullin VG, Yudin AA, Kush AA. [Study of potato varieties and hybrids from the breeding nursery of Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian]. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2019; 7. 85-91 p.

Author:

Tulinov Aleksey Gennadevich – Ph.D. of Agricultural Sciences, researcher, e-mail: toolalgen@mail.ru

A.V. Zhuravskiy Institute of Agricultural Biotechnology, Komi Scientific Center, Ural branch, Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Komi Republic, Russia.