

А. И. Шибeko, младший научный сотрудник

И. В. Павлова, кандидат биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

ИЗУЧЕНИЕ СЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ (*DAUCUS CAROTA* VAR. *SATIVUS* HOFFM.) В СЕМЬЯХ ОТ МАТЕРЕЙ С МУЖСКОЙ СТЕРИЛЬНОСТЬЮ

РЕЗЮМЕ

В связи с перспективами гибридов F_1 моркови столовой изучен селекционный материал с мужской стерильностью из отечественного сорта Лявониха. На примере семенных растений показано проявление петалоидных и браун-типов мужской стерильности в семьях свободноопыленных растений с браун-типом цветков. Установлено единообразное проявление петалоидного типа мужской стерильности у потомства из апомиктичных семян от растения с петалоидным типом мужской стерильности. Проведена селекция сестринских форм по хозяйственно ценным признакам: единообразию корнеплодов, типичности корнеплодов, семенной продуктивности, завязыванию апомиктичных семян.

Ключевые слова: морковь столовая (*Daucus carota* var. *sativus* Hoffm.), петалоидный и браун-типы мужской стерильности цветка, единообразие урожая, типичность корнеплодов, семенная продуктивность, завязывание апомиктичных семян.

ВВЕДЕНИЕ

Морковь столовая наряду с капустой белокочанной, свеклой столовой и луком репчатым входит в четверку основных овощей, выращиваемых в Республике Беларусь [1]. В последнее десятилетие посевная площадь под морковь столовую составляет около 2 тыс. га, или около 20 % от общей площади под холодостойкими овощными культурами. Средняя урожайность моркови столовой составляет 23,4 т/га [2]. Вероятно, в связи с этим она все еще входит в десятку главных импортируемых в Республику Беларусь продуктов с относительно небольшим объемом импорта из стран вне СНГ – до 20 тыс. долл. США/год [3], что составляет 3,1–22,5 тыс. т/год [4]. Данная культура является основным источником β - и α -каротина в питании населения во всем мире [5].

Беларусь не присоединилась к Конвенции UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) по правам селекционеров растений, хотя ввела национальную систему патентов на сорта [6]. В связи с тем, что третья часть мировых гибридов моркови (в том числе и модельный образец

данных исследований – Романс F₁) не разрешена к использованию в выведении новых сортов [7], открывается правовая сторона важности создания тестеров мужской стерильности для будущих гибридов F₁ из отечественного селекционного материала моркови столовой.

Отечественные гибриды F₁ моркови столовой, удовлетворяющие условиям рынка товарных корнеплодов, с растениями, более адаптированными к местным условиям, чем импортные, начали появляться совсем недавно. Поэтому все еще актуально создание тестеров мужской стерильности из местных сортов для гибридной гетерозисной селекции. В предыдущих исследованиях изучены растения петалоидного типа мужской стерильности моркови столовой сорта Лявониha. Установлено, что в благоприятных условиях роста данные растения способны производить семена в изолированных от насекомых-опылителей соцветиях [8]. Считается, что такие семена образуются путем апомиксиса [9]. В данной работе изучены семенные растения из апомиктической семьи от петалоидного растения и из семей от свободного опыления растений с браун-типом мужской стерильности из сорта Лявониha. В работе определяли наличие и типы мужской стерильности растений в указанных семьях, оценивали завязывание семян при изоляции от опылителей, изучали рост и развитие корнеплодов в данных семьях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для получения семенных растений корнеплоды вырастили из семян в 2018 г. Из каждой семьи отобрали от 2 до 9 типичных корнеплодов с типичным нантским морфотипом корнеплода (цилиндрический, тупоконечный), которые в зимний период 2018–2019 гг. хранили высаженными в контейнеры с торфяным питательным грунтом в корнеплодохранилище полуназемного типа с естественной приточно-вытяжной вентиляцией. Яровизация во время зимнего хранения проходила при температуре воздуха в хранилище –1...+4 °C. В период хранения при необходимости проводили поливы.

Подготовка опытного участка заключалась в культивации для закрытия влаги, вспашке, нарезке гребней, разбивке на делянки. При подготовке почвы вносили основные минеральные удобрения N₁₅P₁₅₀K₁₂₀. Весной 18 апреля лучшие корнеплоды моркови были высажены в гребни высотой 16–18 см с междурядьями 70 см. Семьи разместили в посеве гречихи посевной на расстоянии 5 м одна от другой. Рядом с каждой семьей высадили контрольные (отцовские) растения для обеспечения свободного опыления. На появляющихся цветоносных побегах семенных растений 15 мая выявили первичные колонии тли. В связи с этим провели обработку посадок инсектицидом Би-58 (0,5 л/га).

Работа проводилась в рамках задания 6.77 «Разработка метода культивирования *in vitro* моркови столовой (*Daucus carota* L.) для клонального микроразмножения форм тестеров ЦМС в гибридной селекции» ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства», 2016–2020 гг. (подпрограмма 6 «Земледелие и селекция»).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В феврале 2019 г. отмечено пробуждение корнеплодов, выращенных в контейнерах, и начало отрастания листьев. В результате измерения установлено, что в зависимости от семьи высота розетки листьев была от 3,0 до 10,5 см. По отрастанию листьев отмечали высокую сохранность корнеплодов во всех заложённых на хранение семьях.

После высадки в полевые условия растения попали под влияние засухи, поэтому проводили полив. Усиленное развитие розетки отмечали после начала дождливого периода в конце первой декады мая. Все семьи имели полустоячую листовую розетку. Часть вариантов опыта в семьях с braun-типом мужской стерильности отличалась выраженным полиморфизмом по высоте прямоходящего листа (табл.). Наиболее выровненными по высоте розетки были семьи LBrSt33, LBrStX1, LBrStX3, LBr25, LBrStX4, LBrSt22, LBrSt6.1.

Таблица – Характеристики семей на основе мужской стерильности моркови столовой сорта Лявониха (вегетация 2019 г.)

Образец	Количество высаженных растений, шт.	Высота розетки листьев, см (май)	Количество растений с мужской стерильностью, шт.	Выявленный у потомства тип мужской стерильности цветка	Количество растений, образующих семена в индивидуальном изоляторе, шт.
Семьи от свободно опыленных растений с braun-типом (Br) мужской стерильности					
LBrStX4	2	8,5±4,5	1	Петаллоидный	1
LBrSt33	2	9,5±0,5	0	Не выявлено	0
LBrStX3	2	10,0±4,0	0	Не выявлено	0
LBrSt3	2	10,5±6,5	0	Не выявлено	1
LBrSt8	6	11,0±6,5	0	Не выявлено	0
LBr25	2	13,0±4,0	0	Не выявлено	0
LBrSt6	2	13,0±6,0	0	Не выявлено	0
LBrStX1	5	13,0±3,4	1	Петаллоидный	0
LStBrX2	5	13,5±3,2	1	Braun	0
LBrSt30	8	13,3±8,5	1	Braun	0
LBr29	5	15,8±5,8	0	Не выявлено	0
LBrSt21	3	16,0±7,1	1	Braun	1
LBrSt7	9	16,7±5,8	1	Петаллоидный	1
LBrSt6.1	5	17,0±4,6	0	Не выявлено	0
LBrSt32	3	19,3±6,9	0	Не выявлено	0
LBrSt22	2	19,5±4,5	1	Петаллоидный	0
Семья от растения с петаллоидным типом (Pet) мужской стерильности (семена из изолятора)					
LPet из 2	9	14,8±7,1	6	Петаллоидный	5
Растения из открыто опыляемой популяции образцов					
Романс F ₁	4	14,5±3,8	1	Петаллоидный	1
Минчанка	8	12,5±2,8	0	Не выявлено	0
Лявониха	31	16,2±7,3	2	Braun, петаллоидный	3

Из них растения семей ЛBrSt6.1, ЛBrSt22 развивались быстрее, чем контрольные, что важно для последующего семеноводства. Семья на основе петалоидного типа содержала максимальное количество опытных растений и развивалась на уровне контроля.

В вариантах опыта растения отличались по ширине места прикрепления листьев к корнеплоду. У растений, сформировавших множество ростков, удаляли периферические побеги, оставляя один доминирующий. В середине мая у единичных растений в семьях наблюдали появление цветоносного побега. Для соцветий-зонтиков изготовили индивидуальные изоляторы из круга тонкого полиэстера, стягиваемого по периметру скользящей нитью. Изоляторы закрепляли на центральном соцветии и соцветии ветви первого порядка. В ходе опыта отобрали растения, вступившие в фазу цветения до конца июня, остальные отбраковали.

В ходе наблюдения за цветением опытных растений были выявлены формы с брауп- и петалоидными типами мужской стерильности цветка. Искомые формы выявлялись как в контрольной партии растений сорта Лявониha, так и в опытных семьях. У половины семей потомства материнских растений с брауп-типом мужской стерильности цветка мужская фертильность восстанавливалась у всех растений. Около 20 % семей от брауп-матерей содержали единичные растения с брауп-типом цветка, 30 % – единичные растения петалоидного типа мужской стерильности. Все потомство петалоидного растения ЛРет из 2, вступившее в фазу цветения, характеризовалось мужской стерильностью петалоидного типа.

Все выделенные в опыте растения с мужской стерильностью цветка различались между собой по морфологии частей цветка (рис. 1). Соцветия растений с брауп-типом цветков отличались наличием буроватого оттенка. Растения с петалоидным типом цветков выглядели декоративно, их соцветия выделялись махровой фактурой, цвет чашелистиков варьировал оттенками от белого до салатного. Между сестринскими растениями петалоидного типа в пределах апомиктической семьи ЛРет из 2 наблюдались отличия по форме (ровный, изрезанный край, изогнутый) и окраске чашелистиков, а также степени раскрытости цветка (рис. 1, i1–i5).

Изучение содержимого индивидуальных изоляторов с соцветий контрольных растений образца Лявониha с нормальными цветками показало, что большинство из них не завязывало семян без опылителей (рис. 2). Десятая часть контрольных растений формировала от 0,1 до 1,0 г семян в изоляторах. Данный факт рассматривается как свидетельство наличия самосовместимых форм. Масса семян с остальных свободноопыленных соцветий контрольных растений составляла 30–40 г. В большинстве семей от свободно опыленных растений с брауп-типом мужской стерильности семена в изоляторах не обнаруживались. Единичные растения формировали 0,2–1,5 г семян в изоляторах на фертильных растениях в 1/8 числа этих семей. Половина обнаруженных в этой группе семей петалоидов завязывала 0,5–0,6 г семян на изолятор. Аналогичное исследование растений из семьи ЛРет из 2, выращенных из семян, полученных в 2017 г. в изоляторе петалоида, показало наличие до 0,3–1,0 г семян на изолятор на



Рисунок 1 – Выделенные в опыте зонтички растений моркови столовой с разными типами мужской стерильности: а – контроль; b, c, d – braun-формы из семей: b-ЛВr30, c-ЛВrSt21, d-ЛStBrX2; e, f, g, h, i1–i5 – петалоиды из семей: e-Романс F₁, f-ЛВr22, g-ЛStBrX4, h-ЛStBrX1, i-ЛPet из 2 (i1-растение 1, i2-растение 2, i3-растение 3, i4-растение 4, i5-растение 5)

каждом из сестринских растений. На материнском петалоидном растении количество семян в изоляторах было на уровне свободно опыленных соцветий [8]. Растения коммерческого гибрида Романс F₁ отличались небольшим количеством семян в изоляторах (0,1 г/изолятор). Исходя из этих наблюдений можно заключить, что изолирование индивидуальных соцветий некоторых петалоидных форм сорта Лявониха может быть способом получения апомиктичных семян.

Показано, что из таких семян можно вырастить сестринские растения единогообразного петалоидного типа. Данное явление можно использовать для размножения тестеров петалоидных форм на этапе поиска закрепителей

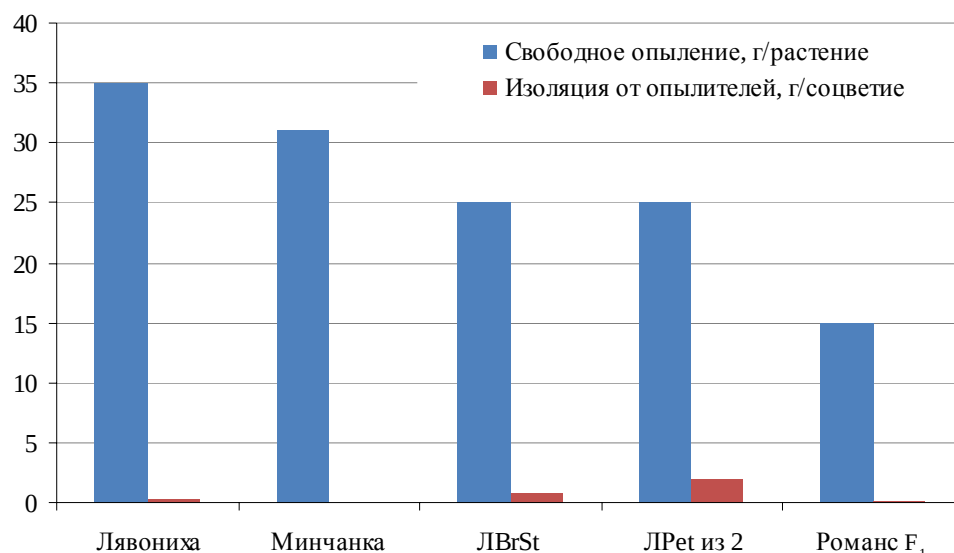


Рисунок 2 – Количество семян на растениях моркови при разных способах опыления (среднее значение на образец)

стерильности и создания изогенных линий для гибридной селекции. В результате дополнительных исследований было установлено, что полевая всхожесть семян семьи ЛРет из 2, выделенных в 2017 г., намного выше контроля. Благодаря этому технически зрелые корнеплоды имели компактный размер, массу в пределах 110 ± 20 г, не перерастали. Однако образец формировал загущенный по сравнению с другими семьями и контролем посев растений, содержащий до 50 % в мелких корнеплодов. При выращивании корнеплодов ЛРет из 2 в условиях 2019 г. наблюдали разнообразие маркет-типов корнеплодов: 70 % нантский (тупоконечный цилиндр), по 5 % шантане (тупоконечный конус), парижский (шарообразный) и император (удлиненный конус). Из сестринских корнеплодов образца отбраковали до 3 % разветвленных и 10 % растреснувших форм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В полевом опыте из 20 % семей семенных растений от braun-материнских форм моркови столовой сорта Лявониха выделили формы с braun-типом мужской стерильности, из 30 % семей – с петалоидным типом. Достигшее фазы цветения апомиктичное потомство петалоидной формы, выделенной в 2017 г. из сорта Лявониха, единообразно проявляло петалоидный тип цветка. Данная семья отличается от контроля наличием апомиксиса, повышенной полевой всхожестью семян и является источником корнеплодов нантского морфотипа.

Список использованных источников

1. Overviews of food systems and agro-industry, value chains, and food loss and waste in the countries of Eastern Europe and Centeal Asia: technical report. Tatiana LeGrand [Electronic resource]. – Budapest, FAO. 2018. – Mode of access: www.fao.org/3/i9788en/i9788EN.pdf/. – Date of access: 24.09.2019.

2. Как вырастить морковь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://belniio.by/vyrastit_morkov.html. – Дата доступа: 24.09.2019.
3. Agriculture and food processing. National agency of investment and privatization Republic of Belarus [Electronic resource]. – 2016. Agriculture. – Mode of access: <https://www.investinbelarus.by>. – Date of access: 24.09.2019.
4. Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2018: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; редкол.: В. И. Медведева [и др.]. – Минск, 2018. – С. 194.
5. Arscott, S. A. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phyto-chemicals acting as a functional food / S. A. Arscott, S. A. Tanumihardjo // Compr Rev Food Sci Food Saf. – 2010. – № 9. – P. 223–239.
6. Seed policy and programmes for the Central and Eastern European Countries, Commonwealth of independent States and other Countries in Transition [Electronic resource]. – FAO. 2001. – Mode of access: <http://www.fao.org/3/y2722e/y2722e0k.htm>. – Date of access: 24.09.2019.
7. Luby, C. H. Assessment and Accessibility of Phenotypic and Genotypic Diversity of Carrot (*Daucus carota* L. var. *sativus*) Cultivars Commercially Available in the United States [Electronic resource] / C. H. Luby, J. C. Dawson, I. L. Goldman // PLoS one. – 2016. – № 11 (12). – Mode of access: e0167865. doi:10.1371/journal.pone.0167865. – Date of access: 24.09.2019.
8. Павлова, И. В. Оценка потомства исходных растений моркови столовой (*Daucus carota* L.) с различными фенотипами мужской стерильности цветка сорта Лявониha / И. В. Павлова, А. С. Васько, Е. Г. Царева // Овощеводство: сб. науч. тр. – 2017. – Т. 25. – С. 103–111.
9. Barcaccia, G. Apomixis in plant reproduction: a novel perspective on an old dilemma / G. Barcaccia, E. Albertini // Plant Reprod. – 2013. – Vol. 26(3). – P. 159–179.

Поступила в редакцию 26 сентября 2019 г.

A. I. Shibeko, I. V. Pavlova

FLOWERING FEATURES OF CARROT (*DAUCUS CAROTA* VAR. *SATIVUS* HOFFM.) SEED PLANTS FAMILIES FROM MALE STERILE PARENT

SUMMARY

Male sterile carrot breeding material from the domestic variety Lyavoniha has been studied in connection with the prospects of hybrids F_1 creation. Some seed plants in families of freely pollinated brown-type male sterile plants manifested petaloid or brown types of male sterility. A uniform manifestation of the petaloid male sterility in offspring from apomictic seeds from a petaloid plant was established. The selection of sister forms was carried out according to economically valuable characteristics: uniform root crops, typical root market class crop, seeds set, apomictic seeds set.

Key words: carrot (*Daucus carota* var. *sativus* Hoffm.), petaloid and brown types of male sterility, uniform root crop, typical root market class, seeds set, apomictic seeds set.