

УДК 635.152:631.52
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-35-39>

Синявина Н.Г., Кочетов А.А., Хомяков Ю.В.,
 Конончук П.Ю., Вертебный В.Е.,
 Дубовицкая В.И., Ткачева А.Ю.

ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ)
 195220, Россия, г. Санкт-Петербург,
 Гражданский пр., д. 14
 *E-mail: sinad@inbox.ru

Ключевые слова: редис, светокультура, продуктивность, хозяйственно ценные признаки, селекция.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: : Синявина Н.Г., Кочетов А.А., Хомяков Ю.В., Конончук П.Ю., Вертебный В.Е., Дубовицкая В.И., Ткачева А.Ю. РЕДИС ДЛЯ СВЕТОКУЛЬТУРЫ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ. Овощи России. 2019;(3):35-39.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-35-39>

Поступила в редакцию: 28.05.2019
Опубликована: 25.06.2019

Sinyavina N.G., Kochetov A.A., Homiyakov Yu.V.,
 Kononchuk P.Yu., Verlebniy V.E.,
 Dubovickaya V.I., Tkacheva A.Yu.

Agrophysical Research Institute
 14, Grazhdanskiy prosp.,
 St. Petersburg, 195220 Russia
 E-mail: sinad@inbox.ru

Keywords: small radish, light culture, productivity, economically valuable characters, breeding.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Sinyavina N.G., Kochetov A.A., Homiyakov Yu.V., Kononchuk P.Yu., Verlebniy V.E., Dubovickaya V.I., Tkacheva A.Yu. SMALL RADISH FOR LIGHT CULTURE: CHALLENGES AND PROSPECTS. Vegetable crops of Russia. 2019;(3):35-39 (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-35-39>

Received: 28.05.2019
Accepted: 25.06.2019

РЕДИС ДЛЯ СВЕТОКУЛЬТУРЫ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ



Интенсивная светокультура – основа регулируемой агроэкосистемы – дает возможность круглогодично получать растительную продукцию высокого качества в любом регионе мира в непосредственной близости к потребителю. Наиболее экономически оправдано использование ее для выращивания овощной продукции в условиях Крайнего Севера, где остро ощущается дефицит свежих овощей и витаминов. Наши исследования ассортимента различных овощных культур показали, что при использовании искусственного освещения и малообъемных технологий выращивания многие виды и сорта растений обладают низкой продуктивностью, слабой адаптацией к соответствующим условиям, а потому малорентабельны при массовом производстве. Для расширения ассортимента овощной продукции, предназначенной для выращивания в светокультуре, необходим массовый скрининг имеющихся в мировом ассортименте сортов и гибридов различных культур с целью отбора лучших, а также целенаправленная селекция новых форм и сортов, максимально адаптированных к соответствующим технологиям выращивания. Целью настоящей работы было создание новых форм редиса для светокультуры, обладающих необходимым комплексом хозяйственно ценных признаков. Использование разработанной ранее методологии прогнозируемого получения трансгрессий по хозяйственно ценным признакам растений позволило нам с помощью целенаправленной гибридизации и последующего стабилизирующего отбора получить новые перспективные формы редиса. Их особенностью являются высокая продуктивность и короткий период вегетации (готовность к уборке на 21-25 суток от высева), способность формировать товарные корнеплоды в малом объеме корнеобитаемой среды, устойчивость к стеблеванию при повышенных температурах. Ряд полученных форм имеет также компактную листовую розетку и слабо опушенный лист салатного типа. Товарная урожайность новых форм редиса в условиях светокультуры достигает 5,5 кг/м² (для гибридов F₁) и 4 кг/м² для стабильных линий, что в два раза и более превышает урожайность родительских сортов и в полтора раза – лучшие по продуктивности из существующих сортов, оцененных нами в светокультуре.

SMALL RADISH FOR LIGHT CULTURE: CHALLENGES AND PROSPECTS

Intense light culture, the most impotent part of a regulated agroecosystem, makes it possible to produce high quality plant products all year round in any region of the world in close proximity to the consumer. It is most economically viable to use light culture for growing vegetables in the Far North, where there is an acute shortage of fresh vegetables and vitamins. Our studies of the range of different vegetable crops have shown that when using artificial lighting and low-volume cultivation technologies, many plant species and varieties have low productivity, low adaptability to the relevant conditions, and therefore unprofitable for mass production. To expand the range of vegetable products intended for cultivation in the light culture, it is necessary to do a massive screening of the varieties and hybrids of various crops available in the world assortment with the aim of selecting the best and also purposeful breeding of new forms and varieties maximally adapted to the appropriate cultivation technologies. The purpose of this work was to create new forms of small radish for light culture, having the necessary complex of economically valuable characters. The use of the previously developed methodology of predicting transgressions for economically valuable plant traits allowed us to obtain new promising forms of radish with using purposeful hybridization and subsequent stabilizing selection. Their characteristics are high productivity and early maturity (ripeness to harvesting for 21-25 days from seeding), the ability to produce marketable yield of roots in a small volume of root medium, resistance to bolting at higher temperatures. A number of the obtained forms also has a compact rosette of leaves and an almost glabrous leaf of the salad type. Marketable productivity of new forms of radish in intense light culture conditions reaches 5,5 kg/m² (for hybrids F₁) and 4 kg/m² for stable lines, which is twice or more than the productivity of the parental cultivars and one and a half times more than the best in productivity cultivars that were tasted in light culture.

Введение

Производство овощной продукции полностью без солнечного света, в условиях интенсивной светокультуры способно решить проблему круглогодичного обеспечения населения свежими овощами в регионах, где традиционные способы – выращивание растений в открытом и защищенном грунте – являются малоэффективными из-за недостатка тепла и солнечного света. Получаемая при данном способе культивирования продукция характеризуется высоким качеством – содержанием витаминов, ценных аминокислот, биологически активных веществ, макро- и микроэлементов; в процессе ее производства не применяют пестициды, а благодаря возможности конвейерного производства и ступенчатого сбора она всегда свежая. Расширение ассортимента, создание и внедрение новых, скоро-спелых, высокоурожайных гибридов и сортов овощных культур, адаптированных к светокультуре – одна из важных задач для селекционеров и агрономов.

В Агрофизическом НИИ в настоящее время ведется научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа по созданию фитотехкомплексов для круглогодичного интенсивного выращивания растений при искусственном освещении [1]. Одним из ее этапов является изучение особенностей роста, продуктивности и качества ряда овощных культур при их культивировании в регулируемых условиях под различными источниками света (лампы ДНаЗ, ДРИКЗ, LED-источники света). Помимо изучения видового разнообразия и подбора адаптированных к светокультуре сортов, сотрудники отдела светофизиологии и светокультуры растений создают и усовершенствуют технологии выращивания и методы оптимизации продукционного процесса. Важным направлением работы отдела являются также генетико-селекционные исследования, основной целью которых стала разработка современных эффективных методов селекции при использовании регулируемой агроэкосистемы (РАЭС) и создание новых форм растений с улучшенными хозяйственно ценными признаками, предназначенных, в частности, для выращивания в интенсивной светокультуре.

Одним из направлений этой работы в настоящее время является создание новых форм редиса (линий, сортов) с ком-

плексом хозяйственно ценных признаков, максимально реализующих свой потенциал продуктивности в условиях интенсивной светокультуры. В литературе данные о проведении в России исследований такого рода на сегодняшний день отсутствуют. При осуществлении данной работы все этапы, связанные с оценкой параметров длительности вегетационного периода, продуктивности, устойчивости к стеблеванию, компактности листовой розетки необходимо осуществлять непосредственно в тех условиях, для которых предназначаются будущие новые сорта – в светокультуре. Согласно Теории экологогенетической организации количественных признаков [2], при выращивании растений в различных средах (разные экологические зоны, открытый грунт, защищенный грунт, светокультура и др.) и при разных технологиях возделывания на них действуют различные по своей природе лимитирующие факторы среды, в зависимости от которых существенно меняется спектр генов, детерминирующих в конечном счете урожайность культуры и реализацию многих хозяйственно ценных признаков, и одни и те же сорта могут проявлять свои свойства контрастным образом. Особенностью светокультуры, кроме использования иных, чем в открытом и защищенном грунте, технологий выращивания, является возможность объединения различных по своим физиологическим требованиям растений (томат, огурец, зеленные культуры) в пределах одного помещения, где показатели микроклимата настраиваются под наиболее требовательную культуру (огурец или томат), в частности, температура воздуха в период вегетации составляет 23±3°C. В таких условиях большинство образцов редиса, которому для реализации продукционного потенциала требуется более низкая, чем для огурца, температура выращивания [3], не способны формировать высокую урожайность товарных корнеплодов из-за раннего перехода к генеративному развитию и/или низкой товарности корнеплодов.

Ранее нами была изучена коллекция образцов редиса по степени реализации ряда хозяйственно ценных признаков в условиях светокультуры [4]. Исследования показали, что урожайность большинства изученных образцов не превышала 1,5-1,8 кг/м², а товарность корнеплодов составля-

ла 40-80%, за исключением нескольких образцов иностранной селекции. На начальном этапе селекционной работы на основе скрининга сортов были подобраны родительские пары и получены межсортовые гибриды F₁ редиса [5], у которых гетерозис по продуктивности достигал 230% по отношению к лучшему родительскому сорту, и средняя масса корнеплода при уборке на 25 сутки от посева составляла 50-55 г, а товарность корнеплодов – 90-95%.

Целью настоящей работы являлось создание наследственно закрепленных высокопродуктивных форм редиса для светокультуры с улучшенными хозяйственно ценными свойствами на основе выделенных трансгрессивных форм у гибридов 2-4 поколений в предварительно подобранных вариантах скрещивания.

Материалы и методы

Объектом исследований служили сорта редиса Славия, Перно, Виола, Глобус, а также гибриды первого – шестого поколений в комбинациях Славия x Виола, Перно x Виола, Глобус x Виола. Редис высевали сухими семенами в оригинальную вегетационную светоустановку полезной площадью 3 м², оборудованную лампами ДРИКЗ-400 (рис.1). Облученность растений в опытах составляла 50±10 Вт/м², продолжительность светового периода – 12 часов в сутки. В качестве корнеобитаемой среды использовали субстрат на основе верхового торфа с минеральными добавками с толщиной корнеобитаемого слоя 3-4 см. Схема посева – 5x10 см. Размер оцениваемой выборки для каждого сорта и гибрида F₁ – 40 растений, для F₂-F₆ – 300-50 растений. Полив осуществляли водой, подкормку – раствором Кнопа три раза в неделю. Температуру поддерживали на уровне 23±3°C днем и 20±3°C ночью. Уборку растений проводили на 23-25 сутки от высева. Оценку морфологических признаков и параметров продуктивности проводили по стандартным методикам [6]. Среди гибридных растений популяций F₂ отбирали генотипы с высокими темпами роста и значительной массой корнеплода (равной или превышающей показатель для F₁), устойчивые к стеблеванию, обладающие определенными хозяйственно ценными признаками (товарный вид корнеплода, малоопушенный лист салатного типа, компактная листовая розетка, цвет коры кор-



A

B

C

Рис.1. А, В – установка с растениями редиса (общий вид); С – маточники редиса
Fig.1. General view of the plant growing light equipment with radish plants (A,B); C – mother plants of radish



Рис. 2. Варьирование по форме корнеплодов редиса в светокультуре (А – сорт Кинг Конг, В – сорт Моховской)
Fig. 2. Variation in the form of radish root crops in light culture (A – cultivar King Kong, B – cultivar Mohovskoy)

неплода – розовый, красный, фиолетовый). В последующих поколениях (F_3 - F_6) посредством инбридинга и стабилизирующего отбора получали константные линии с прогнозируемыми параметрами. Отобранные для получения семян корнеплоды редиса для ускорения цветения подвергали воздействию низких температур ($3..5^{\circ}\text{C}$) в течение 15-20 сут., затем высаживали в сосуды объемом 1,8-3 л (одно-три растения на сосуд), наполненные субстратом, описанным выше. Растения до цветения выращивали на светостановках при условиях, тождественных описанным выше, при 16-часовом фотопериоде (Рис.1). Опыление цветков осуществляли вручную. Определение биохимического состава растений проводили по стандартным методикам: [7] – содержание нитратов, [8] – сухое вещество, сахара, [9] – витамин С. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Excel 2010.

Результаты и обсуждение

В реестре селекционных достижений за 2018 год [10] зарегистрировано 227 сортов и гибридов редиса, из них только 4 предназначены для защищенного грунта, для светокультуры на сегодняшний момент образцов нет. Наши исследования биоразнообразия редиса при выращивании в интенсивной светокультуре показали, что более 70% скороспелых образцов из числа изученных не способны реализовать свой потенциал продуктивности в этих условиях. Часть их переходила к стеблеванию после трех недель вегетации, не успев сформировать товарные корнеплоды, а у сортов со средней массой корнеплода 20 ± 4 г при уборке наблюдали значительное расщепление по размерам и форме корнеплода (рис. 2а, в). Это расщепление в сортопопуляциях, отрицательно влияющее на их товарные качества, возникает, вероятно, под влиянием искусственного света. В результате урожайность товарных корнеплодов лучших из изученных нами сортов редиса в светокультуре в основном не превышает $2,0 \text{ кг/м}^2$ за 25-30 суток вегетации.

Полученные результаты показали, что для повышения рентабельности производства редиса в светокультуре необходимо вести селекционно-генетические исследования по созданию новых скороспелых и высокопродуктивных форм редиса, максимально адаптированных к условиям интенсивной светокультуры. Сорт редиса для светокультуры должен реализовывать в соответствующих условиях культивиру-

вания следующие свойства: высокие темпы роста корнеплода (формирование товарных корнеплодов за 21-25 сут. вегетации), отсутствие стеблевания, товарность корнеплодов не ниже 90%, средняя масса корнеплода от 20 г при густоте стояния 200 растений на 1 м^2 (товарная урожайность от 4 кг/м^2). Желательны также компактная розетка листьев и слабо опушенный тип листа для возможного использования в пищу всего растения, так как листья редиса обладают более высокой пищевой ценностью по сравнению с корнеплодами [11,12].

Разработанная нами стратегия селекции редиса для светокультуры предусматривала следующие этапы работы: предварительная оценка коллекции сортов по способности реализовывать свой продукционный потенциал и хозяйственно ценные признаки в условиях интенсивной светокультуры; подбор родительских сортов из числа изученных по принципу благоприятного взаимодополнения по компонентам хозяйственно ценных признаков; оценка полученных гибридов F_1 в подобранных комбинациях скрещивания; изучение гибридных популяций F_2 - F_4 с целью выявления трансгрессивных форм с нужным комплексом признаков, соответствующих концептуальной модели редиса для светокультуры; инбридинг и стабилизирующий отбор при доведении выделенных форм до константных линий и до сорта.

На основании проведенных испытаний ранее были подобраны родительские пары, в которых каждый из родителей обладал определенным набором хозяйственно ценных признаков, и гетерозис по продуктивности у полученных межсортных гибридов F_1 составил до 230% по отношению к лучшему родительскому сорту [5]. В работе [13] было показано, что гены, детерминирующие диаметр и длину корнеплода у представителей рода *Raphanus* (редиса, лобы, дайкона), наследуются независимо, благодаря чему возможно получение гетерозиса по массе корнеплода у гибридов первого поколения (и трансгрессий по продуктивности в F_2 и последующих поколениях) при скрещивании родительских сортов с округлой и длинноцилиндрической формой корнеплода. В наших экспериментах все корнеплоды F_1 имели промежуточную по отношению к родителям эллиптическую форму и фиолетовую окраску в комбинациях, где одним из родительских сортов был сорт с фиолетовой окраской коры корнеплода Виола (табл.1).

За счет высокой товарности (90-95%) и высокой массы корнеплода урожайность растений популяций F_1 составляла до $5,5 \text{ кг/м}^2$.

На следующем этапе была проведена работа по созданию новых форм редиса с комплексом наследственно закрепленных хозяйственно ценных свойств. Основными критериями отбора в расщепляющихся гибридных популяциях F_2 - F_6 служили масса и форма корнеплода (сочетание длины и диаметра, обеспечивающее превышение массы корнеплода у потомков по сравнению с родительскими сортами), отсутствие стеблевания, малоопушенный лист (в комбинациях, где одним из родительских сортов был сорт Виола, для которого характерна низкая степень опушенности листа), а также доля хозяйственно полезной части урожая – соотношение массы корнеплода к массе растения в целом. Во всех исследуемых комбинациях среди растений F_2 были выделены высокопродуктивные формы с определенным набором интересующих нас хозяйственно ценных признаков. Проведение стабилизирующего отбора при использовании инбридинга позволило нам в 5-6 поколениях получить стабильные по форме и цвету коры корнеплода высокопродуктивные формы редиса (табл.1, рис.3). В комбинациях Перно x Виола и Славия x Виола получены стабильные линии как с розовым, так и с темно-фиолетовым цветом коры. Товарность корнеплодов F_6 достигает 95-100%, в то время как у родительских сортов она составляет 60-80%. Форма корнеплодов F_6 в основном эллиптическая – промежуточная между родительскими сортами. Устойчивость к стеблеванию в светокультуре у полученных форм составляет 100%, за исключением комбинации Славия x Виола, где с данным признаком необходимо провести дальнейшую работу по стабилизации, либо применять более ранние сроки уборки – на 21-23 сут. Следует отметить также, что отбор на компактность листовой розетки привел во всех случаях к уменьшению доли листьев в общей массе растения по сравнению с родительскими сортами и гибридами F_1 . Кроме того, растения редиса в популяциях F_6 в комбинациях Глобус x Виола и Перно x Виола характеризуются малоопушенными листьями салатного типа (признак, характерный для родительского сорта Виола), что делает их потенциально пригодными в пищу целиком.

Биохимический анализ корнеплодов редиса, выращенных в светокультуре, выявил сходные значения содержания

Таблица 1. Биометрические показатели и продуктивность родительских сортов и гибридов редиса в светокультуре, 2019 год. Возраст растений – 25 суток
 Table 1. Biometric characters and productivity of parental cultivars and radish hybrids in light culture, 2019. Plant age – 25 days

Образец	Высота розетки, см	Диаметр розетки, см	Масса корнеплода, г	M2/M1*	Длина корнеплода, мм	Диаметр корнеплода, мм	Процент застеблевавшихся растений**	Цвет коры корнеплода	Степень опушенности листьев	Товарная урожайность, кг/м ²
Глобус	18,2±0,9	15,4±1,2	20,8±3,6	0,64±0,05	93,1±9,8	23,0±1,8	35	Красный	Средняя	2,1
Перно	15,7±0,8	13,4±0,9	13,3±2,8	0,65±0,04	84,2±10,3	20,2±1,1	23	Розовый с белым кончиком	Средняя	1,6
Славия	16,4±0,8	14,8±1,3	17,7±3,3	0,65±0,05	89,5±9,9	20,8±1,6	45	Розовый с белым кончиком	Средняя	1,7
Виола	14,8±0,5	13,5±0,7	16,0±3,4	0,64±0,04	40,2±5,3	29,1±2,5	0	Фиолетовый	Низкая	1,7
F ₁ Глобус х Виола	19,4±0,9	16,2±1,4	33,1±4,8	0,62±0,06	78,5±6,9	32,3±2,9	0	Фиолетовый	Средняя	5,5
F ₁ Перно х Виола	16,3±0,8	16,0±1,2	31,6±4,6	0,70±0,05	73,2±5,4	28,2±2,4	0	Фиолетовый	Средняя	5,0
F ₁ Славия х Виола	19,0±0,9	16,5±1,4	33,4±4,8	0,63±0,04	75,3±6,7	28,4±2,5	10	Фиолетовый	Средняя	5,2
F ₆ Глобус х Виола	14,4±0,8	15,2±1,1	23,6±3,4	0,77±0,05	64,4±5,5	30,9±2,1	0	Темно-фиолетовый	Низкая	4,0
F ₆ Перно х Виола	12,7±0,7	13,3±1,2	23,5±3,2	0,74±0,04	61,7±6,5	29,3±1,9	0	Темно-фиолетовый	Низкая	4,2
F ₆ Славия х Виола	15,0±0,7	15,5±1,4	22,4±3,8	0,73±0,05	63,3±6,3	30,4±1,8	10	Темно-фиолетовый	Средняя	3,9

*M1 – масса растения, г; M2 – масса корнеплода, г; ** – на момент уборки на 25 сутки вегетации

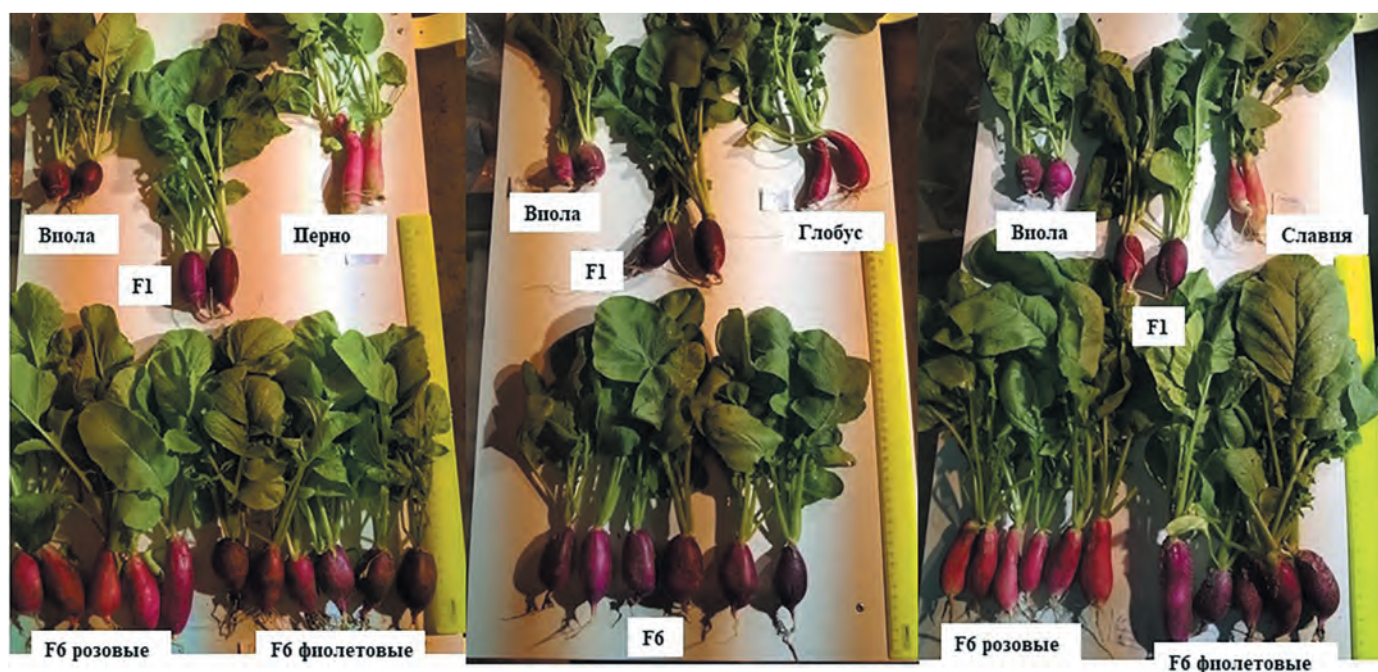


Рис. 3. Родительские сорта и гибриды F₁ и F₆ в комбинациях Перно х Виола, Глобус х Виола, Славия х Виола.
 Fig. 3. Parental cultivars and hybrids F₁ and F₆ in combinations Perno x Viola, Globus x Viola, Slavia x Viola.

Таблица 2. Биохимические показатели корнеплодов родительских сортов и гибридов редиса в светокультуре
Table 2. Biochemical composition of root crops of parental cultivars and radish hybrids in light culture

Образец	Показатель					
	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг н.в.	Витамин С, мг/100 г н.в.	Сумма сахаров, % с.в.	Моносахара, % с.в.	Дисахара, % с.в.
Виола	5,2±0,8	1557±235	27,1±4,1	12,4±1,9	9,6±1,4	2,9±0,4
Глобус	4,9±0,7	1208±181	20,7±3,1	18,3±2,7	12,8±1,9	5,5±0,8
Перно	4,9±0,8	1356±203	21,6±3,2	11,5±1,7	6,3±0,9	5,2±0,8
Славия	4,5±0,7	1747±262	23,3±3,5	12,9±1,9	7,2±1,1	5,7±0,9
F ₁ Глобус х Виола	4,8±0,8	1209±181	21,3±3,2	19,5±2,9	17,2±2,6	2,3±0,3
F ₆ Глобус х Виола	5,1±0,8	982±147	22,0±3,3	22,6±3,4	6,1±0,9	16,4±2,5
F ₆ Перно х Виола розовые	4,4±0,7	938±141	20,5±3,1	26,7±4,0	12,0±1,8	14,7±2,2
F ₆ Перно х Виола фиолетовые	4,9±0,8	1521±228	25,5±3,8	20,7±3,1	16,7±2,5	4,0±0,6
F ₆ Славия х Виола	4,5±0,7	1077±162	20,2±3,0	16,9±2,5	10,0±1,5	6,9±1,0

сухого вещества, нитратов, витамина С и сахаров по сравнению с таковыми в защищенном [14] и открытом [15] грунте. Корнеплоды гибридов редиса характеризовались более высоким содержанием сахаров по сравнению с родительскими сортами. Для линии комбинации Перно х Виола эти различия были статистически достоверны при $P \leq 0,05$. По остальным показателям существенных отличий выявлено не было.

Заключение

Результаты исследований свидетельствуют о перспективности применяемого подхода к селекции редиса для светокультуры. Использование разработанной нами методологии ускоренной селекции позволило за короткий срок (3-4 года) получить ряд перспективных линий редиса для светокультуры с комплексом хозяйственно ценных признаков, ограничившись изуче-

нием небольшого числа комбинаций скрещивания и сравнительно небольших выборок гибридных популяций. Полученные линии редиса в различных комбинациях скрещивания в два и более раз превосходят по продуктивности в светокультуре родительские сорта и в полтора раза – лучшие из сортов иностранной селекции. Дальнейший улучшающий отбор и доведение новых форм до уровня сортов – следующий этап настоящей работы.

Об авторах:

Синявина Н.Г. – кандидат биол. наук, с. н. с.
Кочетов А.А. – кандидат биол. наук, в. н. с.,
руководитель лаб. экологической генетики и селекции растений
Хомяков Ю.В. – кандидат биол. наук, в. н. с.,
руководитель лаб. биохимии почвенно-растительных систем
Конючук П.Ю. – кандидат с.-х. наук, в. н. с.
Вертебный В.Е. – с. н. с.
Дубовицкая В.И. – н. с.
Ткачева А.Ю. – аспирант

About the authors:

Sinyavina N.G. – PhD in Biology, Senior Researcher
Kochetov A.A. – PhD in Biology, Leading Researcher
Homyakov Yu.V. – PhD in Biology, Leading Researcher
Kononchuk P. Yu. – PhD in Agriculture, Leading Researcher
Vertebny V.E. – Senior Researcher
Dubovitskaya V.I. – Researcher
Tkacheva A.Yu. – Postgraduate student

Литература

1. Панова Г.Г., Черноусов И.Н., Удалова О.Р. и др. Научно-технические основы круглогодичного получения высоких урожаев качественной растительной продукции при искусственном освещении // Доклады РАСХН. 2015. №4. С.17-21.
2. Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М. и др. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Доклады АН СССР, 1984. Т.274. №3. С.720-723.
3. Ховрин А.Н., Янаева Д.А., Домблидес Е.А. Создание линейного материала для генеративной селекции в защищенном грунте // Картофель и овощи. 2017. №1. С.35-38.
4. Синявина Н.Г., Кочетов А.А., Мирская Г.В. и др. Изучение биоразнообразия редиса в условиях интенсивной светокультуры и выявление доноров хозяйственно-ценных признаков для селекции // Овощи России. 2018. №3. С.56-59.
5. Кочетов А.А., Синявина Н.Г. Стратегия создания высокопродуктивных форм редиса, адаптированных для выращивания в светокультуре // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. №1. С.26-30.
6. Методические указания по изучению и поддержанию мировой коллекции корнеплодов. Л., 1989. 88 с.
7. МУ 5048-89. Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1989. 52 с.
8. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. Л.: Агрпромиздат, 1987. 430 с.
9. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / Под ред. В.А. Тутельяна, И.М. Скурихина. М.: Брандес-Медицина, 1998. 342 с.
10. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Москва, 05 марта 2018 г. / Официальный сайт ФБНУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» (ФГБУ «Госсорткомиссия») <http://reestr.gosort.com>
11. Goyeneche R., Roura S., Ponce A. et al. Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots // J. of Functional Foods, 2015, V. 16, pp. 256-264.
12. Koley T.K., Khan Z., Ouklar D. et al. High resolution LC-MS characterization of phenolic compounds and the evaluation of antioxidant properties of a tropical purple radish genotype // Arabian Journal of Chemistry, 2017.11.007.
13. Макарова Г.А., Мирская Г.В., Кочетов А.А. и др. Методология прогнозирования трансгессий по хозяйственно ценным признакам растений / Методические рекомендации. СПб, 2009. 48 с.
14. Федорова М.И., Заячковская Т.В., Сорта редиса селекции ВНИССОК и их использование // Овощи России. 2016. №3. С.54-61.
15. Чернышева Н.Н., Кашнова Е.В., Тулина А.О. Хозяйственно-биологическая оценка селекционных образцов редиса в Западной Сибири // Аграрная наука – сельскому хозяйству. Сб статей в 3 книгах. Барнаул, 2016 г. Т.2. С.262-264.

References

1. Panova G.G., Chernousov I.N., Udalova O.R. et al. Scientific basis of all-the-year-round obtaining high yields of plant production with high-quality under artificial light // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2015. № 4. P.17-21.
2. Dragavtsev V.A., Litun P.P., Shkel N.M. et al. Model of ecological and genetic control of quantitative plant characteristics. // Reports of the Academy of Sciences of the USSR, 1984. Vol.274. № 3. P.720-723.
3. Khovrin A.N., Yanaeva D.A., Domblydes E.A. Creation of linear material for heterosis breeding of radish suitable for cultivation in greenhouses // Potato and vegetables. 2017. №1. P.35-38.
4. Sinyavina N.G., Kochetov A.A., Mirskaya G.V. et al. Study of the raphanus sativus l. (small radish) biodiversity under conditions of intensive light-culture and identification of donors of economically valuable characters for breeding // Vegetable crops of Russia. 2018. №3. P.56-69.
5. Kochetov A.A., Sinyavina N.G. The strategy of creating highly productive forms of radish, adapted for cultivation under artificial light conditions // Russian agricultural sciences. 2019. №1. P. 26-30.
6. Guidelines for the study and maintenance of the world collection of root vegetables. L. 1989. 88 p.
7. МУ 5048-89. Guidelines for the determination of nitrates and nitrites in crop production. M.: TsINAO, 1989. 52 p.
8. Methods of biochemical studies of plants / Ed. A.I. Ermakova. L. : Agropromizdat, 1987. 430 p.
9. Guideline of methods of analyzing the quality and safety of food products / Ed. V.A. Tutelyana, I.M. Skurikhina. M.: Brandes-Medicine, 1998. 342 p.
10. State register of breeding achievements allowed to use. Moscow, March 5, 2018 / Official site of the FBNU "State Commission of the Russian Federation for Testing and Preservation of Selection Achievements" (FGBU "Gosorgkomissiya") <http://reestr.gosort.com>
11. Goyeneche R., Roura S., Ponce A. et al. Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots // J. of Functional Foods, 2015, V. 16, pp. 256-264.
12. Koley T.K., Khan Z., Ouklar D. et al. High resolution LC-MS characterization of phenolic compounds and the evaluation of antioxidant properties of a tropical purple radish genotype // Arabian Journal of Chemistry, 2017.11.007.
13. Makarova, G.A., Mirskaya, G.V., Kochetov, A.A. et al. Methodology of predicting transgressions for economically valuable plant traits. Methodical recommendations, St. Petersburg, 2009. 48 p.
14. Fedorova M.I., Zayachkovskaya T.V. Radish cultivars bred at VNISSOK and their use // Vegetable crops of Russia. 2016. №3. P.54-61.
15. Chernysheva N.N., Kashnova E.V., Tulina A.O. Economic and biological assessment of radish breeding cultivars in Western Siberia // Agrarian science - agriculture. Digest of articles in 3 books. Barnaul, 2016 T.2. P.262-264.