



# ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ РЕДИСА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ СВЕТОКУЛЬТУРЫ И ВЫЯВЛЕНИЕ ДОНОРОВ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

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

Синявина Н.Г.<sup>1\*</sup> – кандидат биол. наук, с.н.с.  
Кочетов А.А.<sup>1</sup> – кандидат биол. наук, ведущий н.с.,  
руководитель лаб. экологической генетики и селекции растений  
Мирская Г.В.<sup>1</sup> – кандидат биол. наук, ведущий н.с.  
Рушина Н.А.<sup>1</sup> – аспирант, м.н.с.  
Панова Г.Г.<sup>1</sup> – кандидат биол. наук, руководитель отдела  
светофизиологии растений и биопроductивности агроэкосистем  
Артемиева А.М.<sup>2</sup> – кандидат с.-х. наук, ведущий н.с., руководитель  
отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур

<sup>1</sup> ФГБУ Агрофизический научно-исследовательский институт (АФИ)  
195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14

\*E-mail: sinad@inbox.ru

<sup>2</sup> ФГБУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических  
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)»  
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 44

Sinyavina N.G.<sup>1</sup> – PhD in Biology, Senior Researcher  
Kochetov A.A.<sup>1</sup> – PhD in Biology, Leading Researcher  
Mirskaya G.V.<sup>1</sup> – PhD in Biology, Leading Researcher  
Rushina N.A.<sup>1</sup> – Postgraduate student, junior researcher  
Panova G.G.<sup>1</sup> – PhD in Biology, Leading Researcher  
Artemieva A.M.<sup>2</sup> – PhD in Agriculture, Leading Researcher

<sup>1</sup> Agrophysical Research Institute

14, Grazhdanskiy prosp.,

St. Petersburg, 195220 Russia

E-mail: sinad@inbox.ru

<sup>2</sup> Federal Research Centre N.I. Vavilov

Institute of Plant Genetic Resources (VIR) B.

Morskaya St, 42-44,

Saint-Petersburg, 190000, Russia

Обеспечение населения Северных регионов России свежей овощной продукцией собственного производства является одной из приоритетных народнохозяйственных задач. Отсутствие качественного отечественного селекционного материала, адаптированного к соответствующим условиям выращивания, является существенным препятствием для ее решения. Создание новых высокопродуктивных сортов овощных культур для защищенного грунта, в том числе для светокультуры, позволит значительно расширить объемы собственного производства овощей в защищенном грунте, особенно в регионах с холодным климатом. Одной из наиболее перспективных культур для защищенного грунта является редис – скороспелая культура с ценным биохимическим составом. В ФГБУ Агрофизический научно-исследовательский институт (г. Санкт-Петербург) разработана стратегия создания новых высокопродуктивных форм редиса с прогнозируемым комплексом хозяйственно ценных свойств, предназначенных для выращивания в интенсивной светокультуре. На первом этапе ее реализации в условиях светокультуры проведено изучение внутривидового разнообразия редиса (26 сортов различного происхождения) по комплексу хозяйственно ценных признаков (скороспелость, продуктивность, морфологические характеристики). Растения выращивали в оригинальных светостановках, оборудованных лампами ДНАЗ-400 (12 час. фотопериод, освещенность 15-20 клк), в малом объеме корнеобитаемой среды (горф с минеральными добавками). У исследуемых сортов выявлено значительное разнообразие по скороспелости, продуктивности, устойчивости к стеблеванию, ряду морфологических признаков корнеплода и листа. Выделены наиболее продуктивные сорта – Bov, Estella, Rocco (Нидерланды), Nobo Chind Criollo (Перу), способные за 30 суток вегетации давать урожай высокотоварных корнеплодов до 3,5 кг/м<sup>2</sup>, а также сорта – источники хозяйственно ценных признаков (компактная розетка, неопушенный лист, устойчивость к стеблеванию) для последующей селекции. На основе результатов проведенных сортоиспытаний подобраны комбинации скрещивания, в потомстве которых планируется получить формы редиса с комплексом хозяйственно ценных признаков, превосходящие по продуктивности родительские сорта. Они послужат родоначальниками для новых форм редиса, адаптированных к условиям светокультуры. Во всех подобранных комбинациях скрещивания уже получены гибриды F<sub>1</sub>, обладающие степенью гибридного превосходства по массе корнеплода от 110 до 230% над лучшими из родительских сортов.

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

**Для цитирования:** Синявина Н.Г., Кочетов А.А., Мирская Г.В., Рушина Н.А., Панова Г.Г., Артемиева А.М. ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ РЕДИСА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ СВЕТОКУЛЬТУРЫ И ВЫЯВЛЕНИЕ ДОНОРОВ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ. Овощи России. 2018; (3): 56-59. DOI:10.18619/2072-9146-2018-3-56-59

Supply of the domestic fresh vegetables commodity to the population of Northern regions of Russia is one of the most priority tasks of the national economy. Lack of the local, high-quality and adopted breeding material is highly problematic for breeding programs. Generation of the new, highly productive vegetable cultivars for the glass-covered ground, including light culture, will promote to expand significantly the volume of local production of vegetables in protected ground, especially in regions with a cold climate. One of the most prospective crops for protected ground is small radish, an early ripening crop with a valuable biochemical composition. A strategy for creation of the new, highly productive forms of small radish, beard predictable complex of economically valuable characters for growing in conditions of intensive light culture, has been developed in the Agrophysical Research Institute (Saint-Petersburg). At the first stage, represent interspecific set of 26 small radish cultivars from different regions, was investigated in controlled conditions (artificial light, climate cell) to reveal a complex of economically valuable properties (early maturity, productivity, morphological traits). The plants were grown in original plant growing light equipment (lamps DNAZ-400, photoperiod 12 hours, irradiation 15-20 klk), in a small volume of substrate (peat with mineral additives). It was observed that the small radish varieties have significant diversity in precocity, productivity, resistance to bolting, also they vary in a number of morphological features of roots and leaves. Bov, Estella, Rocco (Netherlands), Nobo Chind Criollo (Peru) were the most productive cultivars. They can produce yield of commercial roots during 30 days of vegetation up to 3.5 kg/m<sup>2</sup>. In addition, cultivars – genetic resources of economically valuable properties (compact rosette, glabrous leaf, resistance to bolting) were revealed for a breeding. Parent pairs for crossing were selected. It is planned to obtain offspring small radish forms with a complex of economically valuable properties, more productive than the parents. In all matched hybrid combinations, F<sub>1</sub> hybrids were obtained. They have a degree of hybrid superiority in roots weight from 110 to 230% over the best of the parent form. They will become the ancestors of the original forms of small radish, intended for cultivation in conditions of intense light culture.

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

**For citation:** Sinyavina N.G., Kochetov A.A., Mirskaya G.V., Rushina N.A., Panova G.G., Artemieva A.M. 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): 56-59. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-3-56-59

### Введение

Выращивание свежей, качественной, безопасной для человека овощной продукции в непосредственной близости к конечному потребителю, вне зависимости от времени года и погодных условий – важная задача, стоящая перед современным сельским хозяйством России. Без широкого использования защищенного грунта решить ее невозможно. Значительная часть семян овощных культур, выращиваемых в защищенном грунте, закупается за рубежом, так как селекция и семеноводство отечественных сортов и гибридов для защищенного грунта в России развиты недостаточно хорошо. Наиболее успешно в данном направлении работают селекционеры ВНИИССОК, агрофирм Поиск, Гавриш, Аэлита, Биотехника. Благодаря им создана линейка сортов и гибридов томата, огурца, салата и ряда других культур, которые хорошо себя зарекомендовали при выращивании в тепличных комбинатах.

С редисом, который является скороспелой и ценной в биохимическом отношении культурой, но обладает довольно низкой рентабельностью, также ведется селекционно-генетическая работа [1-5]. Однако, на начало 2018 года в Государственном реестре селекционных достижений из зарегистрированных 226 сортов и гибридов редиса для защищенного грунта предназначены всего 4 сорта [6]. По мнению В.И. Леунова [7], «уровень селекционной работы по созданию гетерозисных гибридов основных товарных корнеплодных культур, моркови, свеклы столовой и редиса не позволяет иметь необходимый набор линейного материала для создания гибридов с соответствующими признаками, которые были бы востребованы у производителя товарной продукции», что подтверждает необходимость ведения селекционной работы с корнеплодными культурами и, в частности, с редисом, с использованием имеющегося научного потенциала, современных методик и оборудования, в том числе и разработанных в ФГБНУ АФИ.

Наиболее актуальна работа по селекции новых высокопродуктивных сортов и гибридов редиса для светокультуры, использование которой позволяет выращивать растения без привязки к климатическим условиям и может быть реализовано в любом регионе мира, включая Арктику. Высокая себестоимость получаемой продукции может быть снижена за счет внедрения энерго-ресурсосберегающих технологий выращивания и селекции новых сортов, максимально реализующих потенциал продуктивности в этих условиях. В настоящее время в Агрофизическом НИИ ведутся работы, направленные на создание фитотехкомплексов, предназначенных для культивирования овощных растений, прежде всего, в условиях Крайнего Севера, в закрытых помещениях при полном отсутствии солнечного света, а также поиск сортов овощных культур, реализующих потенциал продуктивности при искусственном освещении и малообъемных технологиях выращивания.

Одним из направлений в рамках проводимых исследований является селекция новых высокопродуктивных линий редиса, предназначенных для использования в создаваемых фитотехкомплексах. Это направление

является частью работ по селекции, традиционно ведущихся в Агрофизическом НИИ с 30-х годов XX века. Их главной целью является использование агрофизических подходов и методов для ускорения селекционного процесса. Важным инструментом изучения генетических особенностей селектируемых культур является выращивание растений в регулируемой агроэкосистеме (РАЭС), где действие основных физических факторов среды строго контролируется и может изменяться в зависимости от задач исследователя [8, 9]. Это стало возможным благодаря применению современного высокотехнологичного вегетационного оборудования, в котором реализованы оригинальные методы формирования световой и корнеобитаемой среды [10, 11]. Использование различных режимов выращивания в РАЭС позволяет детально изучать и прогнозировать наследование наиболее важных хозяйственно ценных признаков, выделять генотипы, реализующие эти признаки в конкретных условиях выращивания, и создавать генотипы с прогнозируемым комплексом селекционно-ценных признаков.

Вывести селекционно-генетические работы на другой качественный уровень позволила разработка новой селекционной методологии прогнозируемого получения трансгрессий растений по хозяйственно ценным признакам, созданная и апробированная в Агрофизическом НИИ на ряде культур (пшеница, дайкон) [12-14]. Она позволяет без ущерба для качества селекционного процесса ограничиться изучением гибридного потомства в единичных специально подобранных комбинациях скрещивания вместо изучения потомства сотен родительских пар. Это стало возможным за счет предложенного принципа подбора родительских пар, осуществляемого на основании изучения внутривидового разнообразия селектируемой культуры в регулируемых условиях. Теоретической основой разработанной методологии служит созданная академиком В.А. Драгавцевым с соавторами и многократно подтвержденная на практике в России и за рубежом теория эколого-генетической организации количественных признаков растений (ТЭГОКП) [15].

Цель исследования состояла в оценке продуктивности сортов редиса зарубежной и отечественной селекции в условиях интенсивной светокультуры, а также выявлении

сортов-доноров либо источников селекционно ценных признаков. На основе этой оценки планировалось выделить наиболее высокопродуктивные сорта, максимально реализующие продукционный потенциал редиса при искусственном освещении, и использовать их в разработанных фитотехкомплексах. Другой задачей исследований был подбор родительских пар для получения трансгрессий по продуктивности и комплексу хозяйственно ценных свойств на основе выявленных особенностей сортов [12].

### Материалы и методы

В опытах использовали семена редиса 26 сортов различного происхождения из коллекции ФГБНУ ВИР им. Н.И. Вавилова, а также сорта российских семеноводческих фирм. Редис высаживали сухими семенами в оригинальную вегетационную светостановку (рис.1), оборудованную в качестве источника света лампами ДНаЗ-400 (производитель ООО «Рефлекс»). Освещенность растений в опытах составляла 15-20 клк, продолжительность светового периода – 12 часов в сутки. Субстрат – торфяной питательный субстрат (ТПС, производитель ООО «Пельгорское-М»), толщина корнеобитаемого слоя – 5 см. Схема посадки – 10х10 см. Размер оцениваемой выборки для каждого сорта (гибрида F<sub>1</sub>) – 40 растений. Полив осуществляли водой, подкормку – 0,5 Н раствором Кнопа три раза в неделю. Температуру поддерживали на уровне 23±3 С днем и ночью. Уборку растений проводили на 23-28-31 сутки от высева. При уборке учитывали массу растений, число листьев, размеры 3-4 листа, степень опушенности листа, компактность листовой розетки, длину, диаметр и массу корнеплода, количество товарных корнеплодов, а также скороспелость и устойчивость к стеблеванию в условиях интенсивной светокультуры. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Excel 2010.

### Результаты и обсуждение

Изучение коллекции редиса в РАЭС при заданных нами условиях выращивания позволило более четко выявить реализацию хозяйственно ценных признаков различных сортов редиса в условиях фиксированного 12-часового дня и повышенной для редиса температуры. У исследуемых сортов наблю-



Рис.1. Общий вид светостановки с растениями редиса (возраст растений 16 сут. от высева сухими семенами).  
Fig.1. General view of the plant growing light equipment with radish plants (plant age 16 days from seed sowing).



Таблица 1. Биометрические показатели и продуктивность сортов редиса, выделенных в качестве источников хозяйственно ценных признаков  
Table 1. Biometric characters and productivity of radish cultivars identified as sources of economically valuable properties

| Сорт  | Количество<br>листьев | Лист      |            | Корнеплод |            | Масса           |                | M2/M1 | Устойчивость<br>к стеблеванию | Товарность,<br>% | Степень<br>опушенности |
|---|-----------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------------|----------------|-------|-------------------------------|------------------|------------------------|
|   |                       | длина, см | ширина, см | длина, см | диаметр,см | растения,<br>M1 | корнеплода, M2 |       |                               |                  |                        |
| Длина корнеплода                                |                       |           |            |           |            |                 |                |       |                               |                  |                        |
| Глобус F <sub>1</sub> , Россия                  | 6,1                   | 25,4      | 8,9        | 10,8      | 1,7        | 37,7            | 23,8           | 0,63  | +-                            | 85               | +-                     |
| Slavia, Чехия                                   | 5,3                   | 21,4      | 6,4        | 8,3       | 2,2        | 33,4            | 22,3           | 0,67  | +-                            | 90               | +-                     |
| 18 Дней, Россия                                 | 6,1                   | 25,9      | 7,4        | 9,4       | 2,3        | 37,9            | 24,6           | 0,65  | +-                            | 80               | +-                     |
| Pernot, Дания                                   | 6,3                   | 22,3      | 8,3        | 9,8       | 2          | 38,5            | 21,1           | 0,55  | +-                            | 80               | +-                     |
| Диаметр корнеплода                              |                       |           |            |           |            |                 |                |       |                               |                  |                        |
| Спринтер, Россия                                | 6,2                   | 25,5      | 7,6        | 4,2       | 3,4        | 39,1            | 21,1           | 0,54  | +-                            | 80               | +-                     |
| Ризен-Буттер, Россия                            | 5,5                   | 22,5      | 6,9        | 4,6       | 3,4        | 32,8            | 22,2           | 0,68  | +-                            | 80               | +-                     |
| Виола, Россия                                   | 6                     | 20        | 6,5        | 4,7       | 3,6        | 35,2            | 23,4           | 0,66  | ++                            | 90               | --                     |
| Неопушенный лист                                |                       |           |            |           |            |                 |                |       |                               |                  |                        |
| Jigscar, Венгрия                                | 7,6                   | 35        | 9,4        | 5,7       | 1,3        | 51,5            | 10,3           | 0,2   | +-                            | 30               | --                     |
| Общая адаптированность к условиям светокультуры |                       |           |            |           |            |                 |                |       |                               |                  |                        |
| Nobo Chind Criollo, Перу                        | 5,5                   | 19,3      | 5,5        | 5         | 3,3        | 32,6            | 24,3           | 0,75  | ++                            | 100              | ++                     |
| Bov, Нидерланды                                 | 5,6                   | 16        | 5,1        | 3,8       | 2,9        | 21,1            | 17,1           | 0,8   | ++                            | 100              | ++                     |
| Rocco, Нидерланды                               | 6                     | 17,6      | 4,4        | 3,6       | 3,1        | 25,7            | 18,2           | 0,71  | ++                            | 100              | ++                     |
| Estella, Нидерланды                             | 4,8                   | 15,7      | 5,8        | 4,5       | 3,5        | 30,5            | 23,6           | 0,77  | ++                            | 100              | +-                     |

\*Примечания: жирным шрифтом выделены наиболее важные параметры сортов, которые определены нами как источники ценных признаков, реализующихся в светокультуре.

дали значительное разнообразие как по морфологическим признакам, так и по скороспелости и продуктивности. Средняя масса корнеплода у разных сортов варьировала от 10,2 до 24,6 г; форма корнеплода – от округлой до цилиндрической; окраска коры корнеплода – от белой до красной и фиолетовой; доля листьев в общей массе растения составляла от 20 до 70%; степень опушенности – от неопушенного (–) до сильно опушенного (++) листа; устойчивость к стеблеванию в условиях светокультуры – от 0 – неустойчивые (–) до 100% (++).

Выявлены сорта, способные давать в светокультуре урожай до 3-3,5 кг/м<sup>2</sup> за 28-31 суток вегетации. Среди них сорта голландской селекции – Bov, Estella и Rocco, а также перуанский сорт Nobo Chind Criollo, которые характеризовались однородностью, высокой товарностью корнеплодов, устойчивостью к стеблеванию, компактной листовой розеткой и высоким соотношением массы корнеплода и массы растения в целом. Однако более скороспелыми (готовыми к уборке на 21-23 сутки от посева) оказались сорта Pernot (Дания) и Slavia (Чехия), а также сорта российской селекции Спринтер, Ризенбуттер, Виола, Глобус и 18 дней (табл.1). Сорт редиса венгерской селекции Jigscar в условиях светокультуры практически не образовывал товарных корнеплодов, однако при этом характеризовался неопушенным, салатного типа листом, что может быть использовано в селекции новых сортов редиса, полностью пригодных в пищу.

Внешний вид растений некоторых сортов, отобранных для селекционной работы по созданию новых форм редиса для светокультуры, приведен на рис.2. Следует отметить, что такие признаки как число листьев,

длина и ширина листа имели значительно меньший коэффициент вариации у всех изучаемых сортов (4-14%) по сравнению с изменчивостью массы растения, массы корнеплода, длины и диаметра корнеплода (8-35% в зависимости от сорта). Внутри многих сортов наблюдали расщепление по форме корнеплода, что, возможно, связано с тем, что они были отобраны не для условий светокультуры. Поэтому в сортопопуляциях для дальнейшей работы (проведение скрещиваний, получение семян) использовали образцы, обладающие максимально выраженным проявлением селекционируемого признака.

При изучении коллекции редиса особое внимание уделялось сортам, образующим корнеплоды с максимальным проявлением признаков длины либо диаметра. Это связано с тем, что при дальнейшей работе планировалось получить гибриды с повышенной продуктивностью за счет сочетания в них генов, детерминирующих длину корнеплода от одного из родителей и диаметра – от другого [13,14,16]. В наших предыдущих работах возможность успешного применения такой идеологии показана при интродукции дайкона в Северо-Западный регион России [12]. Из сортов с округлыми корнеплодами для дальнейшей работы были отобраны скороспелые сорта Спринтер, Ризенбуттер, Виола, а из сортов с цилиндрической формой корнеплода – Pernot, Slavia, 18 Дней, Глобус. Сорт редиса с фиолетовой окраской коры корнеплода Виола помимо высоких показателей массы и диаметра корнеплода характеризовался также высокой устойчивостью к стеблеванию, хорошей выровненностью корнеплодов, достаточно компактной листовой розеткой и имел близ-

кий к салатному типу лист с очень слабым опушением. Следует отметить, что редис Глобус F<sub>1</sub> производства агрофирмы Биотехника с заявленной округлой формой корнеплода в условиях интенсивной светокультуры сформировал корнеплоды с максимальной длиной (10,8±0,9 см) и был включен нами в дальнейшую селекционную работу в качестве донора длины.

Для получения гибридов F<sub>1</sub> были подобраны комбинации скрещивания по принципу благоприятного взаимодополнения по селекционно ценным признакам, прежде всего – по длине и диаметру корнеплода, с целью получения в последующем гибридных растений, трансгрессивных по массе корнеплода, т.е. превосходящих лучший из родительских сортов по данному параметру. Все полученные гибриды F<sub>1</sub> имели промежуточную эллиптическую форму корнеплода (индекс формы корнеплода L/D = 1,6...2,6) и превосходили по массе лучший из родительских сортов в каждой подобранной комбинации скрещивания. При этом уровень гетерозиса по массе корнеплода (а также растения в целом) варьировал в разных комбинациях от 110 до 230%.

Совмещение полной или частичной устойчивости к стеблеванию с высокими темпами роста корнеплода в условиях интенсивной светокультуры и, как следствие, высокими показателями выхода товарных корнеплодов, позволило нам выделить в качестве наиболее перспективных гибриды F<sub>1</sub> в комбинациях скрещивания Slavia x Slavia, Глобус x Виола, Pernot x Виола и Slavia x Ризенбуттер, средняя масса корнеплодов которых составляла 38-55 г за 23-25 суток вегетации. В их гибридном потомстве мы планируем получить транс-



A – Estella, B – Slavia, C – Viola, D – Спринтер; E – Ризенбуттер; F – Pernot; G – 18 Дней; H – Глобус F1; I – Jigsaw

Рис. 2. Внешний вид сортов редиса с различными хозяйственно-ценными признаками, реализующимися в условиях интенсивной светокультуры.  
Fig.2. General view of radish cultivars with various economically valuable properties, realized in conditions of intense light culture.

грессивные формы с комплексом хозяйственно ценных признаков для дальнейшей селекционной работы по созданию сортов редиса для светокультуры.

### Заключение

В результате проведенных в светокультуре исследований выявлено значительное разнообразие изученных сортов редиса по ряду хозяйственно ценных признаков (длина, диаметр, масса корнеплода, темпы роста, опушенность листа, компактность листовых

розетки, устойчивость к стеблеванию). Выделены сорта редиса, устойчивые к стеблеванию в условиях интенсивной светокультуры, с компактной листовой розеткой, высокой продуктивностью и товарностью корнеплодов – Bov, Estella, Rocco (Нидерланды), Nobo Chind Criollo (Перу), способные обеспечивать урожайность до 3,5 кг/м<sup>2</sup> за 30 суток вегетации. Для дальнейшей селекционной работы по созданию сортов редиса для светокультуры выделены образцы – источники различных хозяйственно цен-

ных признаков. Целенаправленный подбор родительских пар, основанный на анализе результатов изучения в РАЭС биоразнообразие редиса, позволил получить в ряде комбинаций скрещивания скороспелые гибриды F<sub>1</sub>, превосходящие лучшего из родителей по массе корнеплода на 170-230%. В дальнейших исследованиях планируется получить высокопродуктивные трансгрессивные линии редиса с комплексом хозяйственно ценных признаков, реализуемых в условиях светокультуры.

### Литература

1. Янаева Д.А., Ховрин А.Н. Редис европейский: селекция и технологии выращивания // Картофель и овощи. 2013. №3. С.30-33.
2. Янаева Д.А. Сорта и гибриды редиса для кассетной технологии // Картофель и овощи. 2015. №2. С.19-21.
3. Монахов Г.Ф., Миронов А.А., Тюханова С.М. Селекция F1 гибридов редиса (*Raphanus sativus* L.) на основе линий с мужской стерильностью // Овощи России. 2015. №1(26). С.8-12.
4. Миронов А.А., Тюханова С.М. Новый гибрид редиса для защищенного и открытого грунта // Картофель и овощи. 2015. №10. С.39-40.
5. Федорова М.И., Заячковская Т.В. Сорта редиса селекции ВНИИССОК и их использование // Овощи России. 2016. №3(32). С.54-61.
6. 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.gossort.com>
7. Леунов В.И. Направления в селекции и семеноводстве овощных корнеплодных культур // Картофель и овощи. М. 2017. №10. С.6-9.
8. Ермаков Е.И. Регулируемая агроэкосистема в агрофизике и растениеводстве // Об. «Агрофизика от А.Ф. Иоффе до наших дней». СПб. 2002. С.122-140.
9. Ермаков Е.И., Макарова Г.А. 2009 Регулируемая агроэкосистема в генетических и селекционных исследованиях // В: Ермаков Е.И. Избранные труды. СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН. С.29-47.
10. Панова Г.Г., Черноусов И.Н., Удалова О.Р., Александров А.В., Карманов И.В., Аникина Л.М., Судakov В.Л. Научно-технические основы круглогодичного получения высоких урожаев качественной растительной продукции при искусственном освещении // Доклады РАХН. 2015. №4. С.17-21.
11. Патент на полезную модель РФ № 142236 «Многоуровневое устройство для выращивания растений» // Черноусов И.Н., Александров А.В., Панова Г.Г. 2014. Бюл. №17.
12. Кочетов А.А. Генотипическая адаптация восточноазиатских подвидов *Raphanus sativus* при интродукции в Северо-Западный регион России [Редька: дайкон и лоба] // С.-х. биология. Сер. Биология растений. 2004. №1. С.83-91.
13. Макарова Г.А., Иванова Т.А. Наследование признаков корнеплода и листа у редиса // Генетика. 1983. Т.XIX. №2. С.303-310.
14. Макарова Г.А., Мирская Г.В., Кочетов А.А., Синявина Н.Г., Драгавцев В.А. Методология прогнозирования трансгрессий по хозяйственно-ценным признакам растений. Методические рекомендации. – Санкт-Петербург, 2009. 48 с.
15. 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.
16. Кочетов А.А., Макарова Г.А., Мирская Г.В., Синявина Н.Г. Агрофизический подход к созданию новых форм культурных растений // Агрофизика. 2012. №1. С.40-44.

### References

1. Yanaeva D.A., Khovrin A.N. Peculiarities of modern technologies of growing and breeding of radish // Potato and vegetables. 2013. №3. С.30-33.
2. Yanaeva D.A. Cultivars and hybrids of the garden radish for the growing according to cassette technology. // Potato and vegetables. 2015. №2. P.19-21.
3. Monakhov G.F., Mironov A.A., Tyukhanova S.M. F1 hybrids breeding of radish (*Raphanus sativus* L.) on the basis of male sterile lines. // Vegetable crops of Russia. 2015;(1):8-12. (In Russ.)
4. Mironov A.A., Tyukhanova S.M. New hybrid of radish for film greenhouses and open field // Potato and vegetables. 2015. №10. P.39-40.
5. Fedorova M.I., Zayachkovskaya T.V. Radish cultivars bred at VNIISOK and their use // Vegetable crops of Russia. 2016. № 3 (32). P.54-61.
6. 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 "Gossorgkomissiya") <http://reestr.gossort.com>
7. Leunov V.I. Trends in breeding and seed production of vegetable root crops // Potato and vegetables. M. 2017. №10. С.6-9.
8. Ermakov E.I. Regulated agroecosystem in agrophysics and plant growing // Sb. "Agrophysics from A.F. Joffe to the present day." St. Petersburg. 2002. P.122-140.
9. Ermakov E.I., Makarova G.A. 2009 Regulated agroecosystem in genetic and breeding studies // In: Ermakov Ye.I. Selected works. St. Petersburg: Publishing house of PNIPI RAS. P.29-47.
10. Panova G.G., Chernousov I.N., Udalova O.R., Aleksandrov A.V., Karmanov I.V., Anikina L.M., Sudakov V.L. 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.
11. Chernousov I.N., Aleksandrov A.V., Panova G.G. Patent for the utility model of the Russian Federation No. 142236 "Multilevel device for growing plants" // 2014. Bul. №17.
12. Kochetov A.A. Genotypic adaptation in east-asiatic subspecies of *Raphanus sativus* L. During its introduction to North-Western region of Russia // Agricultural Biology. Ser. Plant biology. 2004. №1. P.83-91.
13. Makarova G.A., Ivanova T.A. Inheritance of Root and Leaf Characteristics in Radishes // Genetics. 1983. T.XIX. №2. P.303-310.
14. Makarova G.A., Morskaya G.V., Kochetov A.A., Sinyavina N.G., Dragavtsev V.A. Methodology of forecasting of transgressions on economically valuable plant characteristics. Guidelines. - St. Petersburg, 2009.48 p.
15. Dragavtsev V.A., Litun P.P., Shkel N.M. and others. 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.
16. Kochetov A.A., Makarova G.A., Morskaya G.V., Sinyavina N.G. Agrophysical approach to the creation of new forms of cultivated plants // Agrophysics. 2012. №1. P.40-44.