

Биологические особенности редиса (*Raphanus sativus* L.) при выращивании в условиях интенсивной светокультуры

А.Б. Курина, А.М. Артемьева, Н.Г. Синявина, А.А. Кочетов, Г.Г. Панова

Описаны биологические особенности редиса (*Raphanus sativus* L.) коллекции ВИР в условиях интенсивной светокультуры. Результаты свидетельствуют о высоком разнообразии сортовой реакции редиса на выращивание в ИС. Определена амплитуда изменчивости основных морфологических, фенологических признаков и продуктивности в зависимости от сортотипа. Выделены источники хозяйственно ценных признаков для селекции.

Ключевые слова: редис, интенсивная светокультура, признаки, изменчивость, сортотип.

Растения обладают потенциалом продуктивности, который не может быть полностью реализован в условиях традиционного с.-х. производства вследствие невозможности поддержания режима выращивания на оптимальном для растений уровне и возникновения лимитирующих факторов для их роста и развития [1–3]. Переход к выращиванию растений в условиях интенсивной светокультуры (ИС) позволяет полностью сбалансировать рост и развитие растений в фитоценозе, выявить их потенциальную продуктивность и реализовать ее на практике [2, 3].

В Агрофизическом НИИ (Санкт-Петербург) созданы оригинальные фитотехкомплексы для культивирования овощных растений различных семейств в закрытых помещениях при полном отсутствии солнечного света, в которых ведется поиск в коллекциях и создание сортов овощных культур для выращивания при искусственном свете и малообъемных технологиях [4]. Фитотехкомплексы позволяют осуществлять физическое моделирование агроэкосистемы в регулируемых благоприятных и стрессовых условиях [2, 5].

Цель: изучение разнообразия редиса (*R. sativus* L.) коллекции ВИР и изменчивости признаков растений в связи с особенностями их происхождения в условиях регулируемой агроэкосистемы (РАЭС). Основные задачи: оценка коллекции редиса по морфологическим, фенологичес-

ким и хозяйственно ценным признакам и поиск сортообразцов, которые максимально реализуют свой продукционный потенциал в условиях интенсивной светокультуры.

Материалом исследования послужили 92 образца редиса 12 сортотипов различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР. Посев проводили в оригинальную вегетационную светоустановку (рис. 1), оборудованную лампами ДНаЗ-400 (ООО «Рефлекс») в 2017–2018 годах. Освещенность растений – 15–20 кЛк, продолжительность светового периода – 12 часов. Субстрат – торфяной питательный субстрат, толщина корнеобитаемого слоя – 3 см. Схема посева – 10×5 см. Подкормка –

0,5 Н раствором Кнопа трижды в неделю; среднесуточная температура – 22–25 °С. Повторность опыта двукратная, расположение рендомизированное, 20 растений в повторности. Описание образцов проводили по 45 признакам с использованием дескриптора ВИР. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Excel 2010 и Statistica 10.

Изучение коллекции редиса в условиях интенсивной светокультуры выявило значительную морфологическую изменчивость на уровне сортотипа и генотипа. Редис оказался отзывчивым на выращивание в условиях светокультуры, но четыре образца сортотипа Темно-красный округлый перешли в генеративную фазу без образования корнеплода.

По продолжительности вегетационного периода образцы коллекции распределились в четыре группы: ультраскороспелая (16–19 дней), раннеспелая (20–24 дня), среднеспелая (25–29 дней) и позднеспелая (более 30 дней) (рис. 2). Ультраскороспелая группа представлена 21 сортообразцом европейского происхожде-



Рис. 1. Общий вид установки с растениями редиса

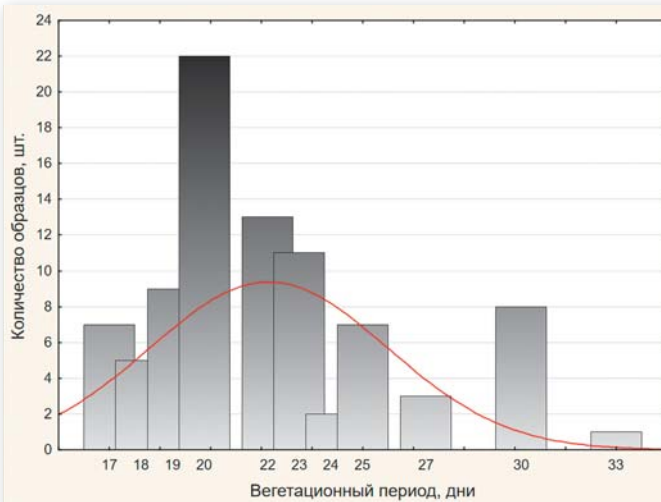


Рис. 2. Гистограмма распределения образцов редиса по продолжительности вегетационного периода

ния, в основном сортотипа Красный овально-округлый и единичными образцами Розово-красных сортотипов. Раннеспелая группа включала 48 образцов различного происхож-

дения сортотипов Красный овально-округлый, Розово-красный с белым кончиком округлый и цилиндрический, Белый длинный, Белый круглый, Розово-красный овальный и Желтый круглый. Среднеспелую группу формировали 10 образцов сортотипов Белый и Красный длинный и Красный овально-округлый. Позднеспелая группа представлена образцами китайских сортотипов Розовый

и Белый круглый, и европейского сортотипа Красный длинный.

Важный фенологический признак редиса – время перехода в генера-

тивную фазу. Пониженные и повышенные температуры влияют на скорость развития редиса, ускоряя прохождение второго этапа органогенеза [6]. В нашем исследовании температура воздуха поддерживалась на уровне 22–25 °С, чтобы в дальнейшем выращивать редис в одном помещении с плодовыми овощными культурами (томат, огурец), для которых этот диапазон температур оптимален.

Наблюдали сильную дифференциацию коллекции по признаку устойчивости к стеблеванию. 23% образцов переходили в репродуктивную фазу сразу после достижения корнеплодом технической зрелости, 37,5% показали единичное стеблевание (1–20%). Образцы китайской разновидности и отдельные европейские образцы (35 обр.) оказались устойчивы к стеблеванию.

У исследуемых образцов установлено значительное разнообразие морфологических признаков и продуктивности (табл. 1). Варьирование пара-

Таблица 1. Изменчивость морфологических признаков и продуктивности сортотипов редиса в условиях светокультуры, 2017-2018 годы

Разновидность/сортотип	Кол-во обр., шт.	Высота розетки, см	Диаметр розетки, см	Индекс корнепл.	Масса корнепл., г	M_2/M_1^* , %	Тов. урожайность, кг/м ²
Красный овал. -округл.	36	17,8±0,9	14,4±0,9	1,3±0,1	15,3±1,6	39,3±3,0	2,2±0,3
$C_{v\%}$		15,9	20,2	22,2	31,5	23,1	40,4
Роз.-красный овальный	5	18,7±3,2	13,7±1,3	1,7±0,3	12,9±4,1	45,5±7,6	1,7±0,6
$C_{v\%}$		19,3	10,9	20,2	36,4	19,1	37,8
Красный длинный	3	25,5±1,3	17,2±1,7	6,4±0,5	23,7±3,9	46,5±7,9	1,7±0,2
$C_{v\%}$		5,0	9,8	8,2	16,7	17,2	14,0
Роз.красн. с б.к. округлый	13	22,0±1,5	15,1±0,9	1,3±0,2	16,4±3,3	51,2±3,0	2,0±0,4
$C_{v\%}$		12,5	11,2	23,6	37,0	10,8	37,0
Роз.красн. с б.к. цилиндр.	11	17,9±1,8	14,4±1,0	2,8±0,4	14,3±3,4	39,5±7,2	2,1±0,4
$C_{v\%}$		17,3	11,6	22,3	39,9	30,8	35,3
Желтый окр.	2	18,2±1,0	12,9±0,7	1,3±0,3	13,0±6,1	44,5±8,2	1,7±1,1
$C_{v\%}$		4,1	4,1	15,4	34,0	13,3	44,0
Белый длинный	10	23,5±2,2	18,6±1,3	4,1±0,4	22,3±4,1	47,1±6,5	2,4±0,8
$C_{v\%}$		15,0	11,6	16,0	29,6	22,1	51,3
Белый круглый	1	24,2±1,0	15,3±1,0	2,5±0,6	25,8±7,5	43,6±2,1	1,5±0,2
$C_{v\%}$		7,7	12,2	24,9	31,5	6,9	5,2
Белый окр. (китайский)	3	21,6±0,5	16,0±1,9	1,6±0,5	27,8±11,0	40,1±6,7	3,0±1,0
$C_{v\%}$		2,1	10,6	25,7	34,9	14,7	28,0
Розовый (китайский)	4	25,8±1,4	18,0±1,3	2,8±0,8	23,5±4,2	46,8±5,9	2,4±0,2
$C_{v\%}$		4,6	6,6	16,6	15,8	11,1	8,3
Среднее по коллекции	88	19,9±0,8	15,2±0,6	2,1±0,3	17,1±1,3	43,1±2,0	2,1±0,2
$C_{v\%}$		19,4	17,9	63,1	37,8	22,6	39,7
HCP_{05}		0,3	0,3	0,1	0,5	1,2	0,6

* M_1 - масса растения, г; M_2 - масса листьев, г

метров листовой розетки отмечено от слабого до среднего в зависимости от сортотипа, при этом наиболее широкую амплитуду изменчивости имели образцы сортотипа Красный овально-округлый ($C_v=15,9-20,2\%$).

При малообъемной технологии выращивания у образцов с веретеновидной и длинно-цилиндрической формой корнеплода отмечали сильную деформацию корнеплода.

Масса корнеплода – важный показатель, характеризующий урожайность. Средняя масса корнеплода варьировала от 6,6 до 37,5 г, коэффициент вариации был в пределах 15,8–39,9% в зависимости от сортотипа. Доля листьев в общей массе растения составляла от 8 до 72%.

По результатам исследований предложена модель сорта редиса для условий интенсивной светокультуры: ультраскороспелость, устойчивость к стеблеванию, мелкая прямостоячая розетка, корнеплод округлой, овальной или короткоцилиндрической формы, массой не менее 17 г, товарностью 90–95%. Источники комплекса хозяйственно ценных признаков представлены в **таблице 2**.

Ультраскороспелая группа представлена образцами сортотипа Красный овально-округлый. Голландские сорта характеризуются маленькой компактной розеткой листьев и сравнительно небольшой массой корнеплода (к-2202, к-2408), кроме к-2167 (**рис. 3**); их можно использовать для уплотненных посевов. Остальные образцы имели крупный округлый или округло-овальный корнеплод массой 15,8–21,0 г.

Образцы раннеспелой группы относятся к сортотипам Красный овально-округлый, Розово-красный с белым кончиком цилиндрический и Белый длинный. Сорта среднеспелой группы сортотипа Белый длинный формировали крупный, немного изогнутый корнеплод белого цвета массой от 21 до 28 г; их целесообразно использовать в качестве источников высокой продуктивности.

Результаты исследований свидетельствуют о высоком разнообразии сортовой реакции образцов редиса на выращивание в условиях искусственного освещения. Определена амплитуда изменчивости основных морфологических,

фенологических признаков и продуктивности в зависимости от сортотипа. Изученные образцы разделены на статистически достоверные группы по продолжительности вегетационного периода. Самыми скороспелыми оказались образцы европейской разновидности с округлым и округло-овальным корнеплодом, позднеспелыми в основном образцы китайской разновидности. Предложена модель сорта редиса для условий светокультуры. Выделены образцы редиса в качестве источников хозяйственно ценных признаков для селекции, устойчивые к стеблеванию, с компактной листовой розеткой, высокой продуктивностью и товарностью корнеплодов.

Работа выполнена в соответствии с темой государственного задания на 2018 год № 0662–2018–0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков» (ВИР) и № 0667–

Таблица 2. Характеристика образцов редиса, выделенных в качестве источников комплекса хозяйственно ценных признаков, 2017-2018 годы

Образец	Высота розетки, см	Диаметр розетки, см	Индекс корн.	Масса корнепл., г	M2/M1*, %	Товарная урожайность, кг/м ²
Ультраскороспелая группа						
к-1545, Россия	19,5±0,9	14,1±1,2	1,4±0,1	21,0±3,2	40,3	3,4
к-1742, Германия	18,6±1,4	18,0±1,2	1,3±0,1	17,2±2,3	40,1	2,7
к-2154, Дания	16,8±0,9	10,8±0,9	1,2±0,1	15,8±2,4	30,7	2,8
к-2167, Нидерланды	15,9±1,4	14,7±1,2	1,3±0,1	23,8±2,6	34,5	4,3
к-2202, Нидерланды	12,9±1,1	11,1±0,7	1,1±0,1	8,5±1,2	36,2	1,4
к-2408, Нидерланды	14,0±1,0	11,1±0,9	1,1±0,1	9,8±1,0	38,0	1,7
Среднее по группе	17,0±1,0	13,0±1,0	1,5±0,2	13,9±2,1	38,3	2,1
HCP ₀₅	0,2	0,3	0,05	0,9	1,9	0,4
Раннеспелая группа						
к-1762, Дания	17,6±0,4	15,2±1,2	1,6±0,2	17,9±1,2	32,1	2,9
к-2133, Танзания	13,8±1,1	12,7±0,5	1,2±0,1	13,9±1,0	20,2	2,5
к-2166, Нидерланды	15,7±1,1	12,8±0,6	1,2±0,1	21,6±2,0	34,1	3,5
к-2197, Франция	15,8±1,0	14,1±0,7	2,6±0,3	15,5±1,7	33,6	2,5
к-2245, Аргентина	14,5±1,1	14,4±1,0	2,8±0,3	28,2±3,2	15,3	2,8
к-2347, Дания	21,4±0,8	17,0±1,3	3,9±0,2	29,6±5,4	37,0	4,7
Среднее по группе	19,5±1,0	15,0±0,6	1,8±0,3	16,2±1,8	44,0	2,1
HCP ₀₅	0,2	0,2	0,1	0,6	1,7	0,5
Среднеспелая группа						
к-2383, Венгрия	22,8±1,9	19,5±1,1	3,9±0,3	22,8±1,6	43,7	3,2
к-2136, Венгрия	21,7±1,3	19,0±1,0	3,5±0,2	26,1±2,8	43,6	3,7
Среднее по группе	23,3±2,3	18,3±1,5	3,8±0,9	20,4±3,8	48,3	2,3
HCP ₀₅	0,2	0,2	0,2	0,8	1,2	0,8

*M₁ - масса растения, г; M₂ - масса листьев, г



Рис. 3. Образцы редиса, выделенные в качестве источников хозяйственно ценных признаков (1 - к-2202, Нидерланды; 2 - к-2167, Нидерланды; 3 - к-2245, Аргентина; 4 - 2347, Дания)

intensive grow light conditions

A.B. Kurina, postgraduate, junior research fellow, Federal Research Centre «The N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources» (VIR). E-mail: nastya_n11@mail.ru

A.M. Artemyeva, PhD, head of the department of vegetable and melon crops, Federal Research Centre «The N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources» (VIR). E-mail: akme11@yandex.ru

N.G. Sinyavina, PhD, senior research fellow, laboratory of ecological genetics and plant

breeding, Agrophysical Research Institute. E-mail: sinad@inbox.ru

A.A. Kochetov, PhD, leading research fellow, head of the laboratory of ecological genetics and plant breeding, Agrophysical Research Institute.

E-mail: kochetov@yandex.ru

G.G. Panova, PhD, head of the department of light physiology of plants and bioproductivity of agroecosystems, Agrophysical Research Institute.

E-mail: gaiane@inbox.ru

Summary. The present study describes biological features of small radish (*Raphanus sativus* L.) grown under the intense light culture conditions. Results, obtained using regulated system, demonstrated high variability of reaction to intense light conditions among the varieties of small radish. Amplitude of variability of the main morphological, phenological traits and productivity depending on variety type, was assessed. Samples of small radish, which can be potential sources of economically valuable traits for future breeding (such as resistance to bolting under the intense light culture, compact rosette, high productivity and marketability) were identified.

Keywords: radish, intense light culture, traits, variability, variety type.

2019–0017 «Развить теоретические основы и усовершенствовать методологию создания новых форм, линий, гибридов и сортов растений с конструируемым и прогнозируемым адаптивно-значимым комплексом хозяйственно ценных признаков, базирующиеся на современных агрофизических и биологических методах исследования в регулируемой агроэкоосистеме» (АФИ).

Библиографический список

1. Ермаков Е.И. Системы интенсивного культивирования растений в регулируемых условиях / Системы интенсивного культивирования растений. Сб. науч. трудов. Л.: Агропромиздат, 1987. С. 3–21.
2. Ермаков Е.И., Желтов Ю.И., Макарова Г.А., Черноусов И.Н. Регулируемая агроэкоосистема в решении проблемы селекции и адаптивного растениеводства // Агрофизические методы и приборы (в трех томах). Растение и среда их обитания. Т. 3. СПб.: АФИ, 1998. С. 19–36.
3. Ильин О.В., Ильина Т.О., Семьякина Е.О. Интенсивная светокультура // Новые технологии и оборудование. 2009. № 11. С. 9–12.
4. Синявина Н.Г. 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. Ермаков Е.И., Макарова Г.А. Регулируемая агроэкоосистема в генетических и селекционных исследованиях // Ермаков Е. И. Избранные труды. СПб.: ПИЯФРАН, 2009. С. 29–47.
6. Еременко Л.Л., Гринберг Е.Г. Морфофизиологическая изменчивость овощных растений. Новосибирск: Наука, 1977. 297 с.

Об авторах

Курина Анастасия Борисовна, аспирант, м.н.с. отдела ГР овощных и бахчевых культур, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). E-mail: nastya_n11@mail.ru

Артемьева Анна Майевна, канд. с.-х. наук, зав. отделом ГР овощных и бахчевых культур, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

E-mail: akme11@yandex.ru

Синявина Надежда Георгиевна, канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории экологической генетики и селекции растений, ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт. E-mail: sinad@inbox.ru

Кочетов Алексей Александрович, канд. биол. наук, в.н.с., руководитель лаборатории экологической генетики и селекции растений, ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт.

E-mail: kochetov@yandex.ru

Панова Гаянэ Геннадьевна, канд. биол. наук, зав. отделом светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкоосистем, ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт.

E-mail: gaiane@inbox.ru

Biological features of small radish (*Raphanus sativus* L.) grown under the

Наталья Николаевна Чернышева

21 марта 2019 года ушла из жизни доктор с.-х. наук профессор кафедры плодощеводства, технологии хранения и переработки продукции растениеводства Чернышева Наталья Николаевна.

Память о прекрасном человеке, квалифицированном специалисте и хорошем товарище останется в наших сердцах навечно. Ректорат, преподаватели, студенты и аспиранты Алтайского государственного аграрного университета и руководство Министерства сельского хозяйства Алтайского края скорбят и выражают свои соболезнования родным и близким Натальи Николаевны.