

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-26-33>
УДК 635.152:631.52:631.589

**С.М. Сирота, Е.В. Пинчук,
Е.Г. Козарь, Л.В. Беспалько,
В.А. Степанов**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства»

143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи.

Для цитирования: Сирота С.М., Пинчук Е.В., Козарь Е.Г., Беспалько Л.В., Степанов В.А. Перспективы использования многоярусной узкостеллажной установки (МУГ) в селекции редиса европейского. *Овощи России*. 2021;(2):26-33.

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-26-33>

Поступила в редакцию: 12.03.2021

Принята к печати: 20.04.2021

Опубликована: 25.04.2021

**Sergey M. Sirota, Elena V. Pinchuk,
Elena G. Kozar, Lesya V. Bespalko,
Viktor A. Stepanov**

FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
Selectionaya St. 14, VNISSOK, Odintsovo region,
Moscow oblast, 143080, Russia

* techh620@yandex.ru

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

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article.

For citations: Sirota S.M., Pinchuk E.V., Kozar E.G., Bespalko L.V., Stepanov V.A. Prospects for the use of a multi-tier narrow-stack installation in the selection of European radish.

Vegetable crops of Russia. 2021;(2):26-33. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-26-33>

Received: 12.03.2021

Accepted for publication: 20.04.2021

Accepted: 25.04.2021

Перспективы использования многоярусной узкостеллажной установки (МУГ) в селекции редиса европейского



Резюме

Актуальность. Выращивание редиса европейского в защищённом грунте с использованием различных видов гидропонных установок обеспечивает круглогодичное получение свежей витаминной продукции. Ввиду биологических особенностей культуры, для осенне-зимнего оборота необходимы теневыносливые, малооблиственные сорта с коротким периодом вегетации. Для весенне-летнего оборота особое значение имеет устойчивость сорта к повышенным температурам и стрелкованию. Селекция адресных сортов редиса энергозатратный процесс, оптимизировать который можно за счет использования установки многоярусной узкостеллажной гидропонники (МУГ) открытого типа с различным сочетанием лимитирующих факторов по ярусам (свет, тепло).

Материал, методы и результаты. В ФГБНУ ФНЦО проведены испытания сортов редиса в различающихся условиях среды. Определена информативность ярусов МУГ как фонов для отбора на адаптивность и специфичность. Выявлено, что оценку и отбор по продуктивности и массе корнеплода эффективно проводить на 1-2 ярусах; по устойчивости к стрелкованию – на 1 ярусе; по теневыносливости, раннеспелости, со стабильным проявлением товарной массы корнеплода – на 4-5 ярусах. Выделены сорта редиса как исходный материал на пригодность к гидропонному выращиванию интенсивного типа и высокоадаптивные. Показана уникальность использования многоярусной узкостеллажной установки (МУГ) с целью ведения селекции редиса.

Ключевые слова: редис европейский, адаптивность, специфичность, фоны для отбора, селекция, гидропоника, многоярусная узкостеллажная установка.

Prospects for the use of a multi-tier narrow-stack installation in the selection of European radish

Abstract

Relevance. Growing European radishes in protected soil on hydroponics provides year-round fresh vitamin production. For the autumn-winter turnover shade-tolerant varieties with a short growing season are necessary. For the spring-summer turnover, the resistance of the variety to high temperatures and premature stem formation is of particular importance. Selection of targeted radish varieties is an energy-consuming process, which can be optimized by using an open-type multi-tier narrow-stack hydroponics installation with a different combination of limiting factors for tiers (light, heat).

Methods and results. In Federal Scientific Vegetable Center radish varieties were tested in different conditions. The informativeness of the tiers on the installation as backgrounds for selection for adaptability and specificity is determined. It was found that the assessment and selection of productivity and large-fruited is effectively carried out on 1-2 tiers; for resistance to premature stem formation – on 1 tier; for shade tolerance, early ripening, with a stable manifestation of the marketable mass of the root crop – on 4-5 tiers. Radish varieties were selected as the starting material for the suitability for hydroponic cultivation of intensive type and highly adaptive. The uniqueness of the use of a multi-level narrow column hydroponics for the purpose of radish breeding is shown.

Keywords: European radish, adaptability, specificity, backgrounds for selection, selection, hydroponics, multi-level installation

Введение

Редис относится к группе самых ранних культур, возделываемых в средней полосе России. Ценность редиса, в первую очередь, обусловлена его раннеспелостью, высоким содержанием целого ряда необходимых человеку нутриентов (эфирные масла, гликозиды, витамин С, витамины В1, В2, В6, РР, провитамин А, никотиновая и фолиевая кислоты, калий, железо, селен, кремний и др.). Однако при длительном хранении редис теряет полезные свойства, в нем образуются грубые волокна, снижается питательная ценность [1, 2]. В связи с этим желателен употребление свежих, незалежавшихся корнеплодов, так сказать, «прямо с грядки».

Выращивание редиса в открытом грунте обеспечивает получение свежей продукции только в весенне-летний и летне-осенний период. Для круглогодичного поступления корнеплодов в пищевой конвейер в настоящее время редис всё больше выращивают в защищённом грунте с использованием различных видов гидропонных установок как горизонтального типа (проточная гидропоника), так и вертикального (многоярусная стеллажная гидропоника) [3, 4]. При круглогодичном производстве редиса в защищенном грунте важно учитывать его биологические особенности. Только оптимальное сочетание параметров микроклимата, питания и режима досвечивания обеспечивают успешное выращивание редиса на гидропонике.

Редис достаточно холодостойкое растение длинного дня. Пределы освещённости для выращивания растения колеблются от 2 до 14 тыс. люкс, влияя на продолжительность вегетации. В защищенном грунте на рассадных комплексах оптимальна освещённость от 10 тыс. люкс при продолжительности светового режима около 12 час. При недостатке света растения вытягиваются и медленно образуют корнеплод. С увеличением светового периода развитие редиса ускоряется. Температурный режим при выращивании этой культуры необходимо соблюдать пределах от 16 до 22°C. На фоне высокой температуры и при продолжительности дня свыше 18 час. замедляется формирование корнеплода и происходит стебление растения [5, 6].

Параметры микроклимата на производственных тепличных комбинатах в относительно контролируемых условиях в разные сезоны могут существенно отличаться. Поэтому, сорта и гибриды редиса для выращивания на гидропонике должны быть не только скороспелыми

и высокоурожайными, но и обладать определенным набором других признаков. Так, для осенне-зимнего оборота необходимы теневыносливые, малооблиственные сорта с коротким периодом вегетации; для весенне-летнего оборота – особое значение имеет устойчивость сорта к повышенным температурам и стеблеванию [5, 7].

В соответствии с этими параметрами селекция сортов целевого использования может идти по двум основным направлениям. Это создание сортов интенсивного типа для возделывания в строго контролируемых условиях высоких технологий (светустановки закрытого типа), и высокоадаптивных к различным агроэкологическим сортам – для установок открытого типа с досвечиванием (рассадные столы, многоярусные узкостеллажные пирамиды). В последнем случае это подразумевает оценку образцов на стабильность проявления разных признаков на наиболее информативных фонах, но при этом важное значение имеет и экономическая составляющая. Селекция адресных сортов и гибридов F₁ редиса для все-сезонного гидропонного выращивания довольно энергозатратный процесс, оптимизировать который можно за счет минимизации использования досветки и увеличения полезной площади теплиц. С этой точки зрения интерес представляет установка многоярусной узкостеллажной гидропоники (МУГ) открытого типа с различным сочетанием лимитирующих факторов по ярусам (свет, тепло). Информация об адаптивных свойствах сортов может быть использована при обосновании выбора сортов для технологий различной интенсивности [11, 13], на гидропонных установках различного типа.

Цель нашей работы заключалась в изучении реакции сортов редиса на различающиеся условия среды (в частности на различное освещение), определении информативности ярусов МУГ как фонов для отбора на адаптивность и специфичность по соответствующим параметрам, оценке выделенных форм на пригодность к гидропонному выращиванию на установках разного типа.

Материалы и методы исследований

Материалом наших исследований послужили сорта и селекционные образцы селекции ФГБНУ ФНЦО, сорта селекции агрофирмы «Гавриш». Опыты (2017-2019 годы) проводили на пятиярусной узкостеллажной гидропонной установке, представляющей собой усечённую пирамиду с основанием 9 x 2 м и высотой 2,5 м (рис. 1).



Рис. 1. А - внешний вид установка МУГ с узлом автоматизированной подачи раствора;
В - внешний вид установка с растениями редиса

Fig. 1. А - appearance of the multi-tier narrow-stack hydroponics installation with an automated solution supply unit;
В - appearance of the multi-tier narrow-stack hydroponics with radish plants

Узел автоматизированной подачи раствора в лотки расположен в торце «пирамиды» (ООО НПФ «ФИТО»). Режим подачи питательного раствора меняется по оборотам – в зависимости от условий и фаз развития растений (в среднем с интервалом 20-40 минут, длительность подачи – 5-10 мин.) [8].

Посев осуществляли в первый оборот в середине января в кассеты с размером ячеек 4,5x4,5x5 см, заполненные торфо-перлитной смесью. До появления всходов кассеты размещали на вегетационных стеллажах рассадного отделения с температурным режимом 18...23°C, и досветкой в пасмурные дни. Кассеты с 2-х дневной рассадой выставляли в лотки пятиярусной пирамидальной гидропонной установки (МУГ) (рис. 2) [4, 9]. Продолжительность светового дня в 12-14 час. поддерживалась на установке МУГ досвечиванием лампами ДНаЗ-400 (ООО «Рефлекс»), расположенных над верхним ярусом с двух сторон установки. При интенсивной дневной солнечной инсоляции лампы отключали. В условиях яркого солнечного излучения или досветки лампами уровень освещенности от верхнего яруса к нижнему изменяется следующим образом: I ярус – 10-12 тыс. люкс, II ярус – 6-7 тыс. люкс, III ярус – 4-5 тыс. люкс, IV ярус – 3-4 тыс. люкс, V ярус – 2-3 тыс. люкс.



Рис. 2. Кассеты с рассадой редиса в лотке на установке МУГ
Fig.2. Cassettes with radish seedlings in the tray of the multi-tier narrow-stack hydroponics installation

Уборку корнеплодов проводили в один срок на 30-35 сутки от посева (рис. 3, 4). Растения вынимали из кассет и проводили необходимые учеты в каждом сорте на разных ярусах, определяя следующие основные показатели: процент растений, сформировавших корнеплод, среднюю массу товарных корнеплодов, процент цветущих растений [10]. Экологическую оценку ярусов как фонов для отбора и оценку адаптивной способности сортов проводили по методике А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой, используя соответствующие показатели [11].

Результаты и обсуждения

Ярусное расположение лотков на установке МУГ приводит к изменению средних показателей и пределов варьирования основных хозяйственно-ценных признаков растений редиса европейского. В первую очередь это связано с различным уровнем освещенности, который резко снижается от первого верхнего яруса ко второму на 4-5 тыс. Лк и в среднем на 2 тыс. Лк на каждом последующем ярусе. Освещенность пятого нижнего



Рис. 3. Растения редиса в возрасте 22 суток на установке МУГ
Fig.3. Radish plants aged 22 days on the multi-tier narrow-stack hydroponics installation



Рис. 4. Растения редиса в возрасте 30 суток
Fig.4. Radish plants at the age of 30 days

яруса приближается к критической для выращивания редиса, что приводит к увеличению коэффициентов межсортовых различий по ряду признаков (рис. 5).

Вариабельность признака формирование корнеплода проявляется в широком диапазоне (рис. 5 А). По мере снижения освещенности постепенно снижается значения максимальных и минимальных пределов проявления признака и увеличиваются межсортовые различия от верхнего к нижним ярусам (Сv от 23% до 59%). При снижении освещенности растения вытягиваются и медленнее образуют корнеплод. Учитывая требования гидропонного выращивания редиса, доля листовой розетки в общей массе растения должна быть ниже доли корнеплода, т.е. растение должно быть с хорошо сформированным корнеплодом и маленькой ботвой [9]. Показатель доли корнеплода, как правило, наиболее низко вариабельный признак, косвенно связанный с раннеспелостью. На верхних двух ярусах он в среднем составил 70%. К нижнему ярусу этот показатель уменьшается до 55%, а вариабельность признака возрастает в два раза (рис. 5 В).

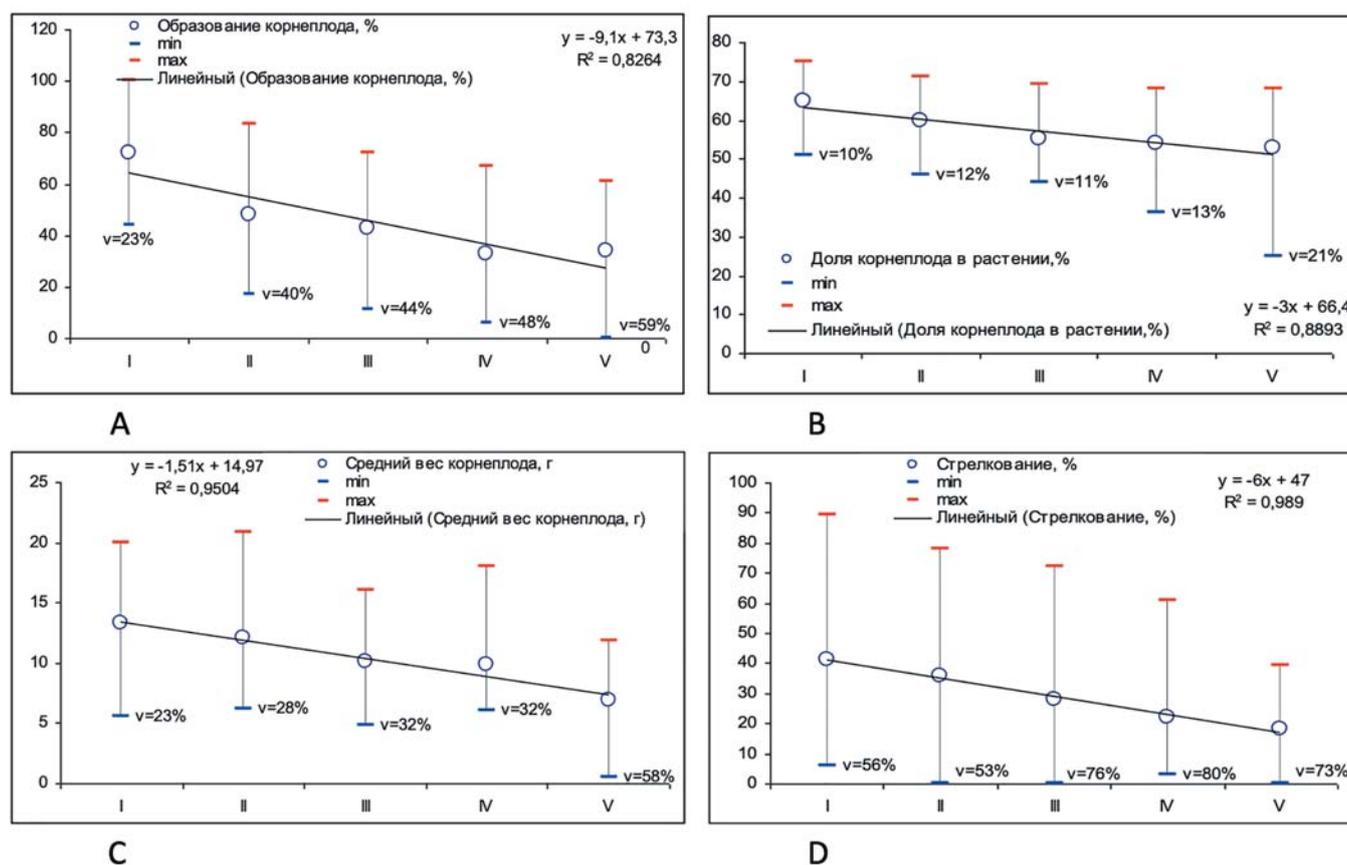


Рис. 5. Динамика изменения хозяйственно-ценных признаков редиса по ярусам расположения на МУГ: А – формирование корнеплода, %; В – доля корнеплода в массе растения, %; С – средняя масса корнеплода, г; D – стеблевание, %
Fig.5. Dynamics of changes in economically valuable characteristics of radish by tiers of location on the multi-tier narrow-stack hydroponics installation: A – root crop formation, %; B – the proportion of the root crop in the mass of the plant, %; C – average root crop weight, g; D – stem formation, %

В отличие от этих признаков, диапазон изменчивости средней массы корнеплода и доли цветущих растений постепенно уменьшается по мере снижения освещенности ярусов. На двух верхних ярусах показатель средней массы корнеплода имеет близкие значения, и резко снижается к пятому ярусу почти в два раза (рис. 5 С, D). Формированию цветоносного побега редиса способствуют высокая интенсивность освещения и более высокие температуры, т.е. условия, складывающиеся на верхних ярусах установки. Все значения доли цветущих растений последовательно снижаются к нижним ярусам, хотя межсортовые различия признака при этом остаются высокими (рис. 5 D).

Учитывая значительную изменчивость признаков при испытании редиса на различных ярусах МУГ возможно дать комплексную оценку среды на каждом ярусе по методу А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой. Это позволило выявить информативность фонов для оценки образцов редиса на пригодность к гидропонному выращиванию и эффективного отбора на адаптивность по разным признакам. Поскольку каждый ярус характеризуется различным сочетанием факторов среды (свет, тепло, влажность воздуха), способствующих более полному проявлению того или иного признака.

Анализ данных оценки среды показывает, что отношения генотип-среда меняются в зависимости от яруса выращивания (табл. 1). Наибольшие различия отмечены по такому параметру как продуктивность среды (dk). Известно, что вести отбор по продуктивности возможно только на фоне высокопродуктивной среды [11, 12]. Показатели продуктивности среды по способности формировать корнеплод и массе корнеплода макси-

мальны на первом и втором ярусах МУГ. Условия этих ярусов обеспечивают наиболее полное проявление потенциала продуктивности испытываемых сортов редиса в условиях гидропонии и наибольший процент выхода товарных корнеплодов (до 72%).

При выращивании редиса для формирования полноценного корнеплода важно, чтобы растение не переходило в стадию преждевременного стеблеобразования и цветения, т.е. важно вести отбор на устойчивость к цветущности. При оценке среды как фона для отбора по этому признаку параметру продуктивность среды (dk) ценность также представляют верхние яруса установки, где у сортов редиса отмечаются самые высокие значения признака. В этих условиях в группе изучаемых образцов данный показатель в среднем составил 36-41%, а у отдельных сортов достигал 89%. При анализе на высокую адаптивность образцов учитывают параметр типичности среды (tk). По нашим исследованиям наиболее типичным фоном для выращивания редиса в условиях стеллажной гидропонии является второй ярус, независимо от оцениваемого признака (tk в среднем 0,86).

Для поиска форм со стабильным проявлением признаков необходимо вести отборы на анализирующем фоне. Для его оценки используется показатель дифференцирующей способности среды – параметр Sek [11, 12]. Первый ярус установки в этом случае выступает как стабилизирующий фон, где в наибольшей степени проявляется однородность сортовых популяций. По оценки на устойчивость к преждевременному стеблеобразованию все яруса проявляют дестабилизирующее действие фона, при этом условия нижних ярусов, характеризующихся низкой продуктивностью среды,

Таблица 1. Параметры, характеризующие пригодность ярусности МУГ как фона отбора генотипов (2017-2018 годы)
Table 1. Parameters that characterize the suitability of tiering as a background for genotype selection (2017-2018)

Ярус (фон)	Среднее значение	Продуктивность среды, dk	Дифференцирующая способность среды, Sek	Типичность среды, tk
1	13,28	2,74	22,79	0,44
2	12,08	1,54	31,38	0,81
3	10,09	-0,45	26,59	0,6
4	9,81	-0,73	30,79	0,63
5	7,44	-3,1	40,05	0,64
Способность формирования корнеплодов, %				
1	72,28	26,27	22,34	0,7
2	47,44	1,44	37,44	0,88
3	42,44	-3,56	41,38	0,89
4	32,94	-13,06	41,28	0,69
5	34,91	-11,1	50,16	0,83
Доля цветущих растений, %				
1	41,1	11,61	55,99	0,66
2	35,8	6,3	51	0,88
3	28,2	-1,2	72,98	0,75
4	22,2	-7,34	78	0,9
5	20,2	-9,29	53,9	0,85

ограничивают проявление признака. По массе корнеплода анализирующее действие фона ($Sek > 40\%$) наиболее выражено на пятом нижнем ярусе; по способности формировать корнеплод – на 3-5 ярусах. Условия этих ярусов также позволяют провести оценку на теневыносливость и экологическую адаптивность сортов, дифференцировать их по способности реализовать свой продуктивный потенциал при пониженной освещенности.

Обобщив вышесказанное, можно сделать вывод, что наиболее информативной средой для выявления потенциала продуктивности ($dk \max$), а также отбора по устойчивости к стеблеванию является верхний ярус. Выделение перспективных высокоадаптивных образцов ($tk \max$) и выращивание константных форм эффективно на втором ярусе. Отбор источников экологической стабильности по продуктивности ($Sek \max$) эффективен на нижнем ярусе. Здесь максимально выявляются разнокачественные генотипы внутри однородной популяции по теневыносливости. Образцы, способные формировать товарный корнеплод даже на нижних ярусах в условиях пониженной освещенности, будут проявлять стабильную продуктивность во всех средах.

Выявленная информативность ярусов МУГ как фонов позволила провести оценку адаптивной способности и экологической стабильности сортов редиса по комплексу признаков, определяющих их пригодность к все-сезонному выращиванию на гидропонных установках различного типа в условиях защищенного грунта (табл. 2). Важным критерием адаптивности сорта по сочетанию продуктивности и стабильности является селекционная ценность генотипа (СЦГ), что определяет выбор сорта для выращивания на разных ярусах МУГ либо на гидропонных установках различного типа. Известно, что при полунтенсивных технологиях (относительно условий многоярусной установки) следует отдавать предпочтение высокоадаптивным сортам. Такие сорта характеризуются высокими значениями параметра СЦГ, параметр отзывчивости (bi) у них меньше 1, продуктивность средняя, относительная стабильность (Sgi), как правило, ниже 10%.

По способности формировать корнеплод значение параметра экологической изменчивости (Sgi) в изучаемой группе сортов варьирует в широком диапазоне.

Наиболее стабильно способен завязывать корнеплод независимо от яруса выращивания на МУГ сорт Корсар ($Sgi = 11,5\%$).

По параметру отзывчивости (bi), показывающему реакцию генотипа на улучшение условий среды, сорта Корсар, Вариант, №500, Камелот показывают низкие значения (bi 0,3-0,5), т.е. эти сорта в меньшей степени чувствительны к изменениям условий среды (яруса выращивания). Сорта с высоким значением $bi > 1$ (1,2-1,9) Контраст, Софит, Моховский, а также Снежок, Одиссей, Миф можно считать высокоотзывчивыми на улучшение условий произрастания, т.е. они лучше себя проявляют в условиях 1 яруса как продуктивные, показывая высокий процент формирования корнеплода. По параметру специфической адаптивной способности генотипа ($CACi$) к определенным условиям среды по признаку формирования корнеплода максимальное значение у сорта Контраст. Также высокие значения этого параметра у сортов Моховский и Софит, которые значительно лучше формируют корнеплод на верхних ярусах. Относительно стабильные в этом плане образцы №500 и Спринтер, которые способны формировать товарные корнеплоды на нижних ярусах, т.е. являются теневыносливыми. Максимальные значения этого признака в среднем по ярусам отмечены у сорта Спринтер ($X = 73\%$; $СЦГ = 54$).

По средней массе корнеплода наибольшей стабильностью признака среди изучаемых сортов обладают Королева Марго, Тепличный Грибовский, Спринтер, Снежок, Ария (Sgi 19,5-22,2%). Эти сорта по данному признаку наиболее адаптированы к условиям разной ярусности МУГ, менее чувствительны к изменению освещенности и способны формировать корнеплоды товарных размеров. Среди них наибольшую селекционную ценность ($СЦГ > 7$) имеют сорта Ария, Королева Марго, Тепличный Грибовский и Спринтер. Значительной специфической адаптивной способностью по массе корнеплода обладают сорта Фея, Миф, Камелот. Наиболее отзывчивы по признаку массы корнеплода на изменение условий среды, в частности, интенсивности освещения, т.е. более чувствительны к внешним условиям, были сорта Фея, Миф, №500, Одиссей, Камелот, Моховский, Контраст, Спринтер (bi 1,1-1,9). Данные образцы значительно снижали массу корнеплода к нижним ярусам (табл. 2).

Таблица 2. Параметры адаптивной способности сортообразцов редиса по хозяйственно-ценным признакам (МУГ, 2017-2018 гг.)
Table 2. Parameters of adaptive ability of radish cultivars based on economically valuable characteristics (2017-2018)

Образец	Формирование корнеплода						Средняя масса корнеплода						Стеблевание					
	X, %	OACj	CACj	Sgi	bi	СЦГi	X, г	OACj	CACj	Sgi	bi	СЦГi	X, %	OACj	CACj	Sgi	bi	СЦГi
№ 500	55,6	9,6	171,0	23,5	0,4	40,4	8,3	-2,2	13,9	44,5	1,6	2,5	44	0,9	356,2	42,7	-0,01	23,9
Ария	31,1	-15,0	278,7	53,9	0,9	11,5	14,9	4,4	11,0	22,2	0,6	9,7	22	-8,3	636,8	113,0	2,2	-4,8
Вариант	56,7	10,6	232,0	26,9	0,3	38,8	10,8	0,2	7,3	25,1	0,7	6,5	36	17,1	257,3	45,1	1,3	18,3
Камелот	30,0	-13,0	81,5	25,3	0,5	24,9	11,6	1,0	32,4	49,2	1,6	2,5	33	3,7	252,1	47,8	1,5	15,7
Контраст	53,3	6,7	1024,8	57,7	1,9	16,8	12,2	1,7	14,1	30,8	1,2	6,2	28	-1,9	117,2	39,2	1,2	15,7
Королева Марго	47,8	1,8	192,4	29,0	0,5	31,6	12,6	2,1	6,1	19,5	0,7	8,7	44	-19,3	174,8	29,8	0,9	30,2
Корсар	38,9	-7,3	23,0	11,5	0,3	35,7	11,2	0,6	8,0	25,3	0,9	6,7	21	-4,8	125,1	45,2	0,7	12,4
Миф	25,6	-20,4	333,0	71,3	1,2	4,32	10,0	-0,6	23,0	48,1	1,9	2,4	67	-23,6	455,3	32,0	2,1	43,6
Моховский	32,2	-13,0	623,4	77,5	1,5	3,1	10,2	-0,3	13,9	36,5	1,5	4,3	27	-7,1	95,2	36,4	0,8	16,3
Одиссей	16,7	-27,8	364,6	90,9	1,2	-2,1	8,0	-2,5	15,0	48,4	1,6	1,8	36	6,3	149,1	34,1	1,2	22,3
Снежок	62,2	20,5	484,8	31,8	1,2	42,6	8,2	-2,3	3,2	21,9	0,8	5,4	6	-22,3	3,6	26,3	0,1	5,1
Соната	60,0	14,2	324,9	29,9	1,0	49,2	11,5	-0,1	10,4	30,8	1,0	6,4	21	-7,1	48,2	32,7	0,3	13,7
Софит	38,9	-7,0	624,7	64,1	1,6	9,9	8,4	-2,1	4,7	25,8	-0,5	5,0	10	14,9	48,2	68,1	0,5	2,7
Спринтер	73,3	26,2	312,6	23,6	1,1	53,7	11,9	1,4	6,6	21,5	1,1	7,8	26	-3,7	800,1	110,0	3,0	-5,4
Тепл.Грибовский	48,9	2,6	172,0	27,0	0,9	33,3	12,6	2,1	7,1	21,2	0,6	8,4	47	6,1	85,3	19,8	0,9	36,7
Фея	46,7	0,4	216,0	31,7	0,9	29,3	12,3	1,7	28,1	43,2	1,9	3,9	30	14,7	39,3	20,6	0,4	23,7

Следовательно, они более требовательны к свету, поэтому эти образцы рационально выращивать только на верхних ярусах установки МУГ.

По признаку стеблевания высокую отзывчивость на условия среды проявили сорта Ария, Миф, Вариант, Контраст, Одиссей, Камелот, Спринтер (bi 1,2-3,0). Высокая стабильность, не зависимо от яруса, наблюдается у сортов Тепличный Грибовский, Фея (Sgi 19,8-20,6%). Сорта Снежок и Софит, отличающиеся низким процентом цветущих растений (6-10%), и наоборот – высокой экологической изменчивостью признака по ярусам. Процент стеблевания у сортов Королева Марго, Соната, Ария, Моховский, Корсар, Контраст и Спринтер был сравним внутри данной группы, в среднем был ниже 30%, но по силе экологической изменчивости сорта значительно различались (Sgi 32,7-112,7%). Среди изученных, сорта Спринтер, Ария, Софит и Снежок имеют самые низкие показатели СЦГi по доле растений с цветоносами, что свидетельствует об их устойчивости к преждевременному стеблеобразованию (табл. 2).

Таким образом, по совокупности всех параметров изученные сортопопуляции редиса европейского будут

низко рентабельными при выращивании на гидропонике и требуют селекционной доработки по отдельным признакам. Так, у сортов Тепличный Грибовский и Королева Марго при относительно высокой адаптивности по завязываемости и массе корнеплода необходим отбор на устойчивость к стеблеванию. У сорта Ария при высоких значениях СЦГi по массе корнеплода и устойчивости к цветущности – на способность дружно формировать корнеплод в условиях гидропонике, у сортов Корсар и Вариант – важно вести отбор на крупность корнеплода. К наиболее адаптивным для многоярусных установок по сочетанию основных признаков можно отнести только сорта Спринтер и Соната. Для интенсивных технологий основным требованием к сортам будет высокая отзывчивость на улучшение условий среды для полной реализации их потенциальной продуктивности. В нашем эксперименте – это максимально благоприятные условия верхнего яруса на вертикальных установках типа пирамиды и горизонтальные гидропонные стеллажные установки типа УГС. В эту категорию отнесены сорта Фея, Контраст, Моховский, Миф, Одиссей (bi >1).

Результативность использования ярусов МУГ как

Таблица 3. Характеристика признаков исходных сортопопуляций и отборов сортов редиса при выращивании в различных условиях (2019 год)
Table 3. Characteristics attributes of the initial variety populations and selections of radish varieties when growing in different types of technologies (2019)

Признак	Тип технологии*	Королева Марго		Соната		НСР ₀₅ ***
		исх. с/п**	отбор	исх. с/п	отбор	
Формирование корнеплода, %	I	36	47	58	67	10
	II	67	78	89	89	
	III	87	94	57	68	
Средняя масса 1 корнеплода, г	I	12,0	16,0	6,9	8,8	5,3
	II	18,7	17,5	14,3	14,0	
	III	13,5	11,7	8,9	9,0	
Доля корнеплода, %	I	42	50	23	57	12
	II	74	71	66	69	
	III	64	61	59	63	
Стрелкование, %	I	44	25	17	3	17
	II	50	22	26	6	
	III	43	11	28	13	
Урожайность, кг/м ²	I	0,7	1,1	0,9	1,2	0,3
	II	2,2	2,8	1,6	2,7	
	III	2,9	3,8	4,4	5,3	

Примечание: * Условия выращивания: I – в среднем на всех ярусах МУГ (энергосберегающая технология), II – 1 ярус МУГ (интенсивная технология), III – УГС (высокоинтенсивная технология); ** исх. с/п – исходная сортопопуляция; *** НСР₀₅ – по генотипу

информативных фонов для отбора была оценена на примере двух сортов Соната и Королева Марго селекции ФГБНУ ФНЦО. Для этого были изучены потомства от группового отбора лучших растений из этих сортопопуляций на верхнем ярусе (на устойчивость к стеблеванию) и на нижних ярусах (на продуктивность и теневыносливость) в сравнении с исходными сортопопуляциями (табл. 3). В целом у сортов отмечена тенденция к улучшению оцениваемых признаков. Формирование корнеплода в потомствах отборов сортов Королева Марго и Соната идет интенсивнее, чем в исходных сортопопуляциях, особенно в среднем по ярусам установки МУГ (I) и в условиях УГС (III). По признаку средней массы корнеплода существенных изменений не отмечено и отклонения между отборами и исходными сортопопуляциями были в пределах ошибки опыта. Максимальные показатели массы корнеплода у обоих сортов выявлены в условиях интенсивной технологии на первом ярусе МУГ - от 14 г до 19 г в зависимости от сорта и варианта опыта. По признаку доля корнеплода в массе растения при выращивании в условиях средней интенсивности (I) в потомствах отборов у обоих сортов наблюдается улучшение признака, но наиболее значительное, более чем в два раза, у сорта Соната (с 22 до 57%). По признаку устойчивость к стеблеванию результативность отбора оказалась самая высокая. Доля растений с цветоносами в потомствах отборов обоих сортов значительно снизилась относительно исходных сортопопуляций – в 2-6 раз в зависимости от условий выращивания. В итоге, после однократного группового отбора средняя урожайность товарных корнеплодов по установке МУГ (I) в зимнем обороте увеличилась на 0,4-0,6 кг/м², а на УГС (III) – на 0,92-1,25 кг/м² в зависимости от сорта

Заключение

Таким образом, в результате комплексной оценки как генотипов, так и среды, в данном эксперименте – ярусов установки МУГ, как фонов для отбора на адаптивность и стабильность сортов редиса сделан вывод о том, что в зависимости от селектируемого признака оценку и отборы необходимо проводить на соответствующих ярусах установки.

Информативность ярусов МУГ для выращивания редиса проявлялась следующим образом: оценка и отбор по продуктивности и массе корнеплода эффективны на 1-2 ярусах; по устойчивости к стеблеванию – на 1 ярусе; со стабильным проявлением товарной массы корнеплода, что косвенно свидетельствует о теневыносливости – на 4-5 ярусах.

В результате оценки сортов в первом зимнем обороте показана возможность выращивания редиса европейского на вертикальной узкостеллажной гидропонной установке с целью всевозможного получения свежей продукции с высокими питательными свойствами. К сортам интенсивного типа отнесены сорта Фея, Софит, Моховский, Миф, Одиссей. К наиболее адаптивными к условиям МУГ отнесены сорта Спринтер и Соната, с высоким процентом сформированных корнеплодов крупного размера, незначительно снижающие товарность к нижним ярусам, относительно устойчивые к стеблеванию и пониженной освещенности. В группе сортов – Ария, Камелот, Контраст, Корсар, Вариант, Снежок, Тепличный Грибовский и Королева Марго целесообразно проводить адресные отборы по соответствующим селекционно значимым признакам, принимая во внимание стабильность генотипа.

Вертикальная установка МУГ позволяет одновременно проводить оценку по нескольким целевым признакам на разных фонах (ярусах), что повышает эффективность селекции по созданию адресных сортов редиса европейского для всевозможного выращивания на гидропонике в защищенном грунте. Так, однократный отбор из перспективных, стабильных по продуктивности сортов Королева Марго и Соната привел к повышению адаптивности растений к изменяющимся условиям среды по ряду показателей. Потомство отборов показало лучшие результаты по основному хозяйственно-ценным признакам. В результате урожайность товарных корнеплодов по сравнению с исходными сортопопуляциями увеличилась в 1,3-1,7 раза в зависимости от интенсивности технологии. При этом использование в технологическом цикле биологически активных соединений дает возможность растениям редиса более полно реализовать свой продуктивный потенциал. По

данным И.Т. Балашовой и др., установлено, что обработка семян редиса сорта Королева Марго вторичными метаболитами растительного происхождения – стероидными гликозидами линарозид и молдстим, способствует существенному повышению средней массы корнеплода (на 49%) при выращивании на МУГ [14].

В целом уникальность использования многоярусной узкостеллажной установки (МУГ) с целью ведения селекции редиса европейского и изучения реакции растений на конкретные условия внешней среды

заключается в конструктивных и технических особенностях установки. Ярусное расположение лотков изначально предполагает различные условия выращивания растений. Благодаря этому снижаются затраты на создание специализированных анализирующих фонов с разным уровнем и сочетанием лимитирующих факторов (в частности освещенности), сокращается используемая площадь теплицы для проведения исследований, что перспективно и экономически целесообразно.

Об авторах:

Сергей Михайлович Сирота – доктор с.-х. наук, зам. директора, заведующий лабораторией новых технологий, <https://orcid.org/0000-0001-5792-8502>, sirota@vniissok.ru

Елена Владимировна Пинчук – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории новых технологий, <https://orcid.org/0000-0003-0824-8864>, techh620@yandex.ru

Елена Георгиевна Козарь – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, kozar_eg@mail.ru

Леся Владимировна Беспалько – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зеленных и пряно-вкусовых культур, lesa0501@mail.ru

Виктор Алексеевич Степанов – кандидат с.-х. наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства столовых корнеплодов, vstepanov8848@mail.ru

About the authors:

Sergey M. Sirota – Doc. Sci. (Agriculture), Deputy Director, Head of laboratory of new technologies, <https://orcid.org/0000-0001-5792-8502>, sirota@vniissok.ru

Elena V. Pinchuk – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the laboratory of new technologies, <https://orcid.org/0000-0003-0824-8864>, techh620@yandex.ru

Elena G. Kozar – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Scientific Researcher of the laboratory of immunity and protection of plants, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, kozar_eg@mail.ru

Lesya V. Bespalko – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of laboratory breeding and seed green and spicy plants, lesa0501@mail.ru

Viktor A. Stepanov – Cand. Sci. (Agriculture), Head of laboratory of breeding and seed production of table root crops, vstepanov8848@mail.ru

• Литература

1. Пивоваров В.Ф. *Овощи России*. М., 2006. P.230-233.
2. Воронина Е. Ботва редиса – полезные свойства и противопоказания [<http://dacha-info.ru/botva-redisa-poleznye-svoystva-i-protivopokazaniya>]; 2015. Доступно на <http://dacha-info.ru>
3. Степанов В.А., Сирота С.М., Антипова О.В. Новая культура для салатных линий – репа листовая. *Овощи России*. 2015;(3-4):74-77. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-74-77>
4. Шарупич С.В., Шарупич П.В., Коломыцев Е.В., Шарупич В.П. Агротехнология. *Многоярусная узкостеллажная гидропоника. Учебник для ВУЗов*. Орел: Град-РИЦ; 2010;(1):100.
5. Антипова О.В. Рекомендации по выращиванию редиса кассетным способом методом подтопления на установках гидропонных стеллажных (УГС). *Теплицы России*. 2007;(2).
6. Федорова М.И., Заячковская Т.В. Сорты редиса селекции ВНИССОК и их использование. *Овощи России*. 2016;(3(32)):54-61. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-3-54-61>
7. Колпаков Н.А. К вопросу о выборе сорта редиса для современных технологий выращивания в зимних теплицах. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012;11(97):020-023.
8. Сирота С.М., Балашова И.Т., Козарь Е.Г., Пинчук Е.В. Новые технологии в овощеводстве защищенного грунта. *Овощи России*. 2016;(4):3-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-3-9>
9. Антипова О.В. Агротехническая рекомендация по выращиванию редиса кассетным способом [<http://www.ponics.ru/2009/04/agrotrip3/>]; 2009. Доступно на <http://www.ponics.ru>.
10. *Руководство по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов*. Под ред. Д.Д. Брежнева. М.: Колос; 1982. P.324-349.
11. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода. *Генетика*. 1985;21(9):1481-1490.
12. Мусаев Ф.Б., Добруцкая Е.Г., Казыдуб Н.Г., Скорина В.В. Оценка среды природных зон как фона для отбора на адаптивность и размножение семян фасоли овощной. *Овощи России*. 2013;(1):41-45. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-41-45>
13. Шульпеков А.С., Сирота С.М., Добруцкая Е.Г., Пронина Е.П. Оценка адаптивности сортов гороха овощного, пригодных для заморозки в условиях Юго-Запада ЦЧР. *Овощи России*. 2014;(4):42-47. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-42-47>
14. Балашова И.Т., Степанов В.А., Пинчук Е.В., Сирота С.М., Машченко Н. Использование стероидных гликозидов для повышения потенциала продуктивности у редиса. *International Scientific Symposium (Vth Edition) Advanced biotechnologies – achievements and prospects*. Chisinau, Republic of Moldova. 2019. P.70.

• References

1. Pivovarov V.F. *Vegetables of Russia*. M., 2006. P.230-233. (In Russ.)
2. Voronina E. Radish tops-useful properties and contraindications [<http://dacha-info.ru/botva-redisa-poleznye-svoystva-i-protivopokazaniya>]; 2015. Available at <http://dacha-info.ru> (In Russ.)
3. Stepanov V.A., Sirota S.M., Antipova O.V. Leafy turnip is a new crop for salad production lines. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(3-4):74-77. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-74-77>
4. Sharupich S.V., Sharupich P.V., Kolomytsev E.V., Sharupich V.P. *Agrotechnology. Multi-tier narrow-stack hydroponics. Textbook for universities*. Orel: Grad-RITZ; 2010;(1):100. (In Russ.)
5. Antipova O.V. Recommendations for growing radish by the cassette method by the method of flooding on hydroponic shelving installations (UGS). *Greenhouses of Russia*. 2007;(2). (In Russ.)
6. Fedorova M.I., Zayachkovskaya T.V. Radish cultivars bred at VNISSOK and their use. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(3):54-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-3-54-61>
7. Kolpakov N.A. On the choice of radish varieties for modern technologies of growing in winter greenhouses. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2012;11(97):020-023. (In Russ.)
8. Sirota S.M., Balashova I.T., Kozar E.G., Pinchuk E.V. New greenhouse technologies for vegetable production. *Vegetable crops of Russia*. 2016;(4):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2016-4-3-9>
9. Antipova O. V. Agrotechnical recommendation for growing radish by cassette method [<http://www.ponics.ru/2009/04/agrotrip3/>]; 2009. Available at <http://www.ponics.ru>. (In Russ.)
10. *Guidelines for testing vegetable crops and fodder root crops*. Ed. by D. D. Brezhnev. M.: Kolos; 1982:324-349. (In Russ.)
11. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V. Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, differentiating ability of the environment. Communication I. Justification of the method. *Genetics*. 1985;21(9):1481-1490. (In Russ.)
12. Musayev F.B., Dobrutskaya E.G., Kazidub N.G., Skorina V.V. Environmental assessment of natural areas as background for selection for adaptability and bean vegetable seeds multiplication. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(1):41-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-41-45>
13. Shulpekov A.S., Sirota S.M., Dobrutskaya E.G., Pronina E.P. Adaptivity evaluation of pea varieties suitable for freezing in the southwest-ern of central chernozem zone. *Vegetable crops of Russia*. 2014;(4):42-47. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-42-47>
14. Balashova I.T., Stepanov V.A., Pinchuk E.V., Sirota S.M., Mashchenko N. The use of steroid glycosides to increase the productivity potential of radish. *International Scientific Symposium (Vth Edition) Advanced biotechnologies – achievements and prospects*. Chisinau, Republic of Moldova. 2019. P.70. (In Russ.)