

УДК: 633.18: 631.524.6: 631.526.31

ФЕНОТИПИРОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РИСА ПО БИОХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ЗЕРНА ДЛЯ ИННОВАЦИОННОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Юрченко Семен Александрович, аспирант, научный сотрудник группы УНУ, E-mail: mr.senya.yurchenko@mail.ru

Коротенко Татьяна Леонидовна, к.с.-х.н., ведущий научный сотрудник группы УНУ

*Мухина Жанна Михайловна, д.б.н., главный научный сотрудник лаборатории биотехнологии и молекулярной биологии
ФГБНУ "Федеральный научный центр риса"*

Аннотация: В статье приведены результаты анализа зерна по биохимическим признакам различных сортов мирового разнообразия из коллекции риса. Оценка качественного состава зерна (содержание амилозы, белка и жирных кислот) проведена инструментальным методом на инфракрасном экспресс анализаторе. Выделены перспективные образцы с повышенной пищевой ценностью в целевую коллекцию и включены в гибридизацию.

Ключевые слова: рис, коллекция, селекция, качественный состав зерна, пищевая ценность, экспресс-анализ

Введение. Полированный белый рис содержит более 80 % крахмала в эндосперме и до 10 % белка и служит основной пищей для половины населения мира. Рис – это уникальная культура, которую готовят и употребляют как диетическую крупу шлифованную, так и в виде цельного шелушенного зерна. Большинство людей во всем мире используют в блюдах белый рис, но жители некоторых азиатских стран потребляют пигментированные сорта, такие как красный, коричневый, черный, фиолетово-черный и красновато-коричневый рис [1]. Различные сорта риса также используются в медицинских, церемониальных или других специальных целях [2]. Переработка зерна и приготовление крупы вносят изменения не только в химический состав риса, но и текстурный и питательный его профиль. Белково-энергетическое недоедание является одной из существенных проблем в развивающихся странах. Шелушенный рис обладает дополнительными улучшенными свойствами, ввиду содержания слоя отрубей с биологически активными компонентами: полифенолы, антиоксиданты, витамины и минералы. Биохимический состав пигментированных сортов риса демонстрирует более высокие уровни биологически активных соединений по сравнению с традиционными белыми сортами [3, 4]. Урожайность и качество рисового зерна являются двумя основными задачами селекции риса. Понятие «качество риса» комплексное и его очень трудно определить с точностью, поскольку вкусовые предпочтения потребителей в отношении качества крупы варьируют от страны к стране. Различаются и стандарты кулинарной оценки

риса, при этом некоторые характеристики качества зерна, требуемые производителем и переработчиками могут быть одинаковыми. В настоящее время качество зерна риса классифицируется стандартами разных стран на 4-5 типов по его физическим, кулинарным и сенсорным характеристикам. Ученые из стран, где основным продуктом питания является рис, уделяют большое внимание в своих исследованиях пищевым свойствам. В рисе питательные, вкусовые и кулинарные параметры – это содержание белка, амилозы, амилопектина, липидная составляющая, температура желатинизации. Эти генетически регулируемые метаболиты синтезируются в зерне во время налива, однако их накопление зависит и от условий окружающей среды, и от технологии культивирования. Соответственно, питательные качества риса стали приоритетными для производителей и селекционеров. К примеру, китайские ученые, изучив профили питательных нутриентов в зерне 251 образца современной зародышевой плазмы, установили, что в среднем общее количество пищевых волокон составляет 5,22 г/100 г, золы – 13%, белка – до 11,0 %, жирных кислот – до 15%, при этом значительная вариабельность наблюдалась в содержании амилозы и микроэлементов [5]. Для обеспечения продовольственной безопасности России, здоровья и долголетия нации актуально создание сортов нового поколения, обладающих комплексом заданных признаков. Селекционные программы "агротехнологий будущего" предусматривают создание новых сортов с повышенным содержанием биохимических элементов. Наличие разнообразия зародышевой плазмы культуры важно для эффективного использования образцов в селекции. В мире насчитывается около 1750 генетических банков растений, где собрано более 420 тыс. зародышевой плазмы риса – незаменимых источников специфических признаков в изменяющихся условиях окружающей среды. В России коллекция культуры рис в ФГБНУ «ФНЦ риса» (г. Краснодар) насчитывает – более 7,3 тыс. образцов риса. Доля отечественных сортов с повышенным содержанием белка, амилозы и жирных кислот невысока, поэтому в научном центре решается первоочередная задача по формированию генколлекции, а в рамках проекта РНФ – создание на ее основе селекционных ресурсов с улучшенными пищевыми характеристиками зерновки риса разной окраски.

Цель исследования – скрининг генетического разнообразия риса экспресс-методами для выделения исходных форм с повышенным содержанием амилозы, белка и свободных жирных кислот и подбора перспективных форм для реализации инновационной селекционной схемы создания сортов нового поколения с высоким пищевым качеством риса.

Материалы и методы. Полевые исследования проведены в 2022 гг. на экспериментальном орошаемом участке ФГБНУ «ФНЦ риса» Краснодарского края, а лабораторные – на базе группы УНУ «Коллекция генетических ресурсов риса». В Биоресурсной коллекции сохраняются образцы *Oryza sativa L.* двух подвидов 82 ботанических разновидностей. В данном эксперименте изучены 121 сорт риса с разной формой, размерами и окраской зерновки: от белой до темно-фиолетовой (почти черной). В качестве стандарта использовали

высокоурожайный сорт кубанской селекции Флагман с неокрашенным перикарпом зерновки. Генотипы риса из 16 стран фенотипировали по биологическим свойствам растений, признакам качества и биохимическому составу зерна [6]. Измеряли влажность зерна, массу 1000 зерен, содержание крахмала, амилозы, протеина и жирных кислот. Пробу зрелого зерна каждого генотипа, собранного индивидуально вручную с делянки, когда влажность была ниже 14 %, пропускали для измерения биохимических показателей в ближнем инфракрасном диапазоне на «Универсальном инфракрасном экспресс анализаторе MultiCheck Plus» неразрушающим методом. По признаку «содержание амилозы» сорта риса классифицируются на глютинозные (0 %), очень низкоамилозные (от 2 до 9 %), низкоамилозные (от 10 до 20 %), среднеамилозные (21 - 25 %), умеренно высокоамилозные (26 - 27 %) и высокоамилозные (выше 27 %). По содержанию белка в зерне риса шкала оценки следующая: содержание низкое – < 8,0 %, среднее – 8,1 - 10 %, высокое – 10,1 - 12,0 % и более. Обработку данных проводили в программе Excel.

Результаты и обсуждение. С использованием генетического разнообразия селекционерами «ФНЦ риса» создано более 130 сортов риса, районировано 68. В Госреестре охраняемых сортов РФ на 2021 г. включено 45 сортов, в том числе эксклюзивные: длиннозерные Ласточка, Злата, Шарм, Австрал; глютинозный Вита; ароматный Аромир; краснозерные Марс, Рыжик, Рубин; чернозерные Южная ночь, Гагат, Мавр. На рисунке показаны сорта риса с разной окраской перикарпа зерновки под номерами коллекции.



Кураж, № 04670 Red-Blastonik, № 04795 Khaw sri nin, №19-16

Рисунок – Эксклюзивные сорта риса: длиннозерный, краснозерный и черный

Известно, что пищевая ценность риса определяется процентным соотношением в нем белковых и липидных композиций, а кулинарные свойства - амилозы и амилопектина. В крупе традиционных отечественных сортов риса содержание амилозы варьирует от 15 до 24 %, процент белка в зерне не превышает 9,0%, а наличие жиров – практически не изучалось. В числе исследуемых 121 образца риса - короткозерные сорта подвида японика длиннозерные подвида индика, с периодом вегетации от 90 до 134 дней. В таблице представлена характеристика ряда сортообразцов коллекции, различающихся биохимическим составом зерна.

Таблица - Сортообразцы риса с контрастным содержанием биохимических веществ в зерне

№ по каталогу	Наименование сорта / страна	Период вегетации, дней	Амилоза, %	Сырой протеин, %	Свободные жирные кислоты, %	Примечание
04668	Фаворит , Россия	110	19,1	8,60	14,30	стандарт
62-06	Weiyon-77, Индия	120	17,3	11,08	16,15	уст. к стрессу
17-17	IR 12 L 355, Филиппины	120	17,8	10,41	16,33	засухоустойч.
243-06	Yinyoagin 99, Китай	120	17,8	11,49	18,81	холодостойкий
04795	Red-Blastonik, Россия	115	16,7	9,8	25,82	краснозерный
05064	Альянс, Россия	118	18,2	11,7	18,50	продуктивн.
05014	Диг ло-2327-10, Россия	100	16,4	11,7	27,22	краснозерный
05133	Светлана, Россия	105	24,3	13,9	21,24	длиннозерный
04882	Злата, Россия	125	21,9	7,8	16,61	длиннозерный
04474	Марс, Россия	115	13,5	11,0	24,20	краснозерный
05081	дигап. ло/76-270/4	105	15,1	11,0	23,90	краснозерный
05060	Эльбрус, Россия	116	21,3	8,2	17,25	продуктивный
04793	Red-Хазар, Россия	116	16,2	8,7	23,32	краснозерный
04523	Star	118	22,9	9,8	16,62	выс.качество
45-18	КМ -1713, Корея	110	23,0	7,5	15,05	холодостойкий
к-7868	Sokan, Непал	125	14,9	11,6	25,50	краснозерный
8201	Dular, Филиппины	120	12,5	12,6	27,61	выс.жизнеспос
8051	Kharekagga, Индия	130	23,0	11,2	22,37	краснозерный
8161	Sankharika, Непал	126	11,7	12,6	25,62	выс.жизнеспос
40-13	IRBLT-K59, Филиппины	105	14,9	9,4	27,71	уст. к пирикул.
9-13	IR 28, Филиппины	134	22,5	10,3	18,22	длиннозерный
16-01	Дон 7113	90	23,9	10,5	17,33	длиннозерный
04292	Tai Bonnet	128	27,6	8,12	16,88	длиннозерный
04122	Хазар	110	18,1	9,14	17,54	продуктивный
04813	CRLB 1	110	26,8	9,61	16,50	длиннозерный
50-09	IVRON ANJAJI	125	30,7	8,72	16,47	длиннозерный

По результатам скрининга зерна у набора сортов риса на экспресс-анализаторе мы наблюдали существенную генотипическую вариабельность по биохимическому составу: белок – 6,8-13,8 %, амилоза – 12,5-30,7 %, свободные жиры – 12,7-27,7%, что позволяет отобрать исходные формы с требуемыми параметрами. Поскольку варенная рисовая крупа с чрезмерно высоким

содержанием амилозы имеет низкую липкость, высокий процент набухания, твердую текстуру каши после охлаждения и плохие вкусовые качества, то предпринимают усилия по селекционному улучшению сортов риса с умеренным содержанием амилозы. Для инновационной селекционной технологии по повышению питательной ценности риса, включая молекулярно-генетический подход, выделен ряд образцов белого и красного фенотипа с высокими показателями и переданы в гибридизацию. Проводимый скрининг генплазмы, является инструментарием для оперативного формирования предселекционных ресурсов риса по направлению селекции на качество зерна.

Заключение. Из генофонда риса выделены источники, обладающие хорошими качествами и богатыми питательными веществами для разработки здоровой пищи, подходящей для населения всех возрастов. При этом отмечено, что краснозерные сорта превосходят белые по содержанию белка и жирных кислот, но показывают меньший процент амилозы в зерне. У длиннозерных сортов риса – существенно выше процент амилозы. Из числа исследуемых сортов составлены гибридные комбинации и вовлечены в селекционный процесс: CRLB 1 / Фаворит; Tai Bonnet / Хазар; Хазар / CRLB 1; Злата / CRLB 1; Марс / Tai Bonnet; Хазар / IVRON ANJAJI; IVRON ANJAJI / Tai Bonnet; Red-Blastonik/ Альянс; Диг. ло-2327-10 / Альянс.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда: <https://rscf.ru/> «Инновационная селекционная технология для создания сортов риса с высоким пищевым качеством зерна» / № 22-16-20015».

Библиографический список

1. Saikia S., Dutta H., Saikia D., Mahanta C.L. Quality characterisation and estimation of phytochemicals content and antioxidant capacity of aromatic pigmented and non-pigmented rice varieties / Food Research International. – V.46(1). – 2012. – P. 334-340, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.021>.
2. Зенкова А.Н., Панкратьева И.А., Политуха О.В. Рис - продукт питания более половины населения планеты: [учебное пособие] / А. Н. Зенкова [и др.] / Москва: Изд-во РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. - 83 с.
3. Wu G.Y. Dietary protein intake and human health / Food Funct. – V. 7(3). - 2016. - pp. 1251-1265. DOI: 10.1039/c5fo01530h
4. Mbanjo E.G., Kretschmar T., Jones H., et al. Genetic Basis and Nutritional Benefits of Pigmented Rice Grain / Frontiers in Genetics. - 2020. – V. 11. – P.229.
5. Yibo C., Zhidong W., Chongrong W. et all. Comparisons of Metabolic Profiles for Carbohydrates, Amino Acids, Lipids, Fragrance and Flavones During Grain Development in indica Rice Cultivars / Rice Science.- V.29 (2) – 2022. – P.155-165 <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2022.01.004>
6. Natsuga M., Watanabe M., Kawabata T., Katahira M. A preliminary study of rice quality determination using a portable instrument. Protein and moisture content determination of rice using near-infrared spectroscopy / J.Japan. Soc. Agr.Mach. - 2013. - Vol.75.- N 6. - P. 393-402.