

Б.Н. Усенбеков^{1,2*}, А.К. Амирова^{1,3}, Х.А. Беркимбай^{2,4}, Е.А. Жанбырбаев⁴,
Д.Т. Казкеев⁴, У.Б. Жайсанкулова³, И.А. Сартбаева²

¹Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан;

³Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан;

⁴Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: bakdaulet7@yandex.ru

Оценка исходного материала для получения риса с высоким содержанием амилозы

Рис — один из основных зерновых культур, имеющих стратегически важное значение. Потребление риса в Казахстане повышается, по сравнению с другими крупами, и достигает более 65%. На сегодняшний день, в связи с увеличением импорта рисовой крупы, представляется актуальным развитие производства риса, повышение ее конкурентоспособности и создание отечественных сортов риса с улучшенными пищевыми и кулинарными качествами. Ключевым фактором, определяющим качество риса, является процентное содержание амилозы в крахмале зерновки риса. В связи с этим данная работа посвящена поиску доноров признака «высокое содержание амилозы» среди сортов и линий отечественной и зарубежной селекции в коллекции риса РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений». Скрининг 172 зарубежных и отечественных сортов и линий риса на содержание амилозы позволил идентифицировать 9 высокоамилозных сортообразцов, и среди них обнаружен один отечественный стародавний сорт казахстанской селекции «К3077 Казахи», который может послужить донором признака «высокое содержание амилозы». Однако некоторые зарубежные сортообразцы выпали из списка кандидатов, так как не успевают созреть в климатических условиях Казахстана из-за длинного вегетационного периода, в связи с этим отобраны всего шесть: «Мавр» (26,8%), «Тайбонет» (25,4%), «Паритет» (27,0%), «К3612 Кара-Кылтык» (25,0%), «К3077 Казахи» (25,1%) и «Солнечный» (25,4%). Названные выше сорта и линии риса с высоким содержанием амилозы будут использованы в качестве доноров признака «высокое содержание амилозы» для селекции риса.

Ключевые слова: рис, содержание амилозы, улучшение качества, отечественная и зарубежная селекция риса, сортообразцы, поиск доноров, климатические условия.

Введение

Рис (*Oryza sativa* L.) — вторая важная зерновая культура, которая уступает только пшенице, и служит основным продуктом питания для большинства людей во многих странах мира [1]. В связи с ростом численности населения на земле спрос на рис продолжает повышаться, и возрастает необходимость создания новых сортов риса с улучшенными пищевыми и вкусовыми качествами, высокой урожайностью и устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам [2]. В свою очередь, это требует постоянного обновления и расширения генетического базиса селекции риса [3, 4].

В последнее время исследования по улучшению качества риса привлекает все возрастающий интерес ученых разных стран-производителей риса [5, 6]. Необходимость улучшения качества риса связана с предпочтениями потребителей и получением прибыли производителями. Качество риса, в первую очередь, зависит от состава крахмала [7], которая состоит из двух типов полимеров: амилоза и амилопектин. Наиболее важным биохимическим показателем считается количество амилозы, которая оказывает влияние на качество риса. Сорта риса, в зависимости от содержания амилозы, делятся на глютинозные (0%) и высокоамилозные (25–30%). Встречаются некоторые сорта индийского подвида риса, где количество амилозы достигает до 35–37% [8]. На амилопектин приходится оставшаяся часть крахмала зерновки риса и составляет 65–70%. Несмотря на то, что содержание амилозы в крахмале зерновки риса ниже по сравнению со вторым полимером, амилопектином, именно амилоза определяет кулинарные свойства риса, такие как способность зерна к набуханию и стабилизации вязкости клейстеров. Амилоза обладает высокой клейстеризацией, чем больше содержание амилозы, тем выше диапазон температур клейстеризации (70–75 °С). Низкое содержание амилозы связано с мягкой текстурой, хорошей клейкостью и нежным и глянцевым внешним видом приготовленного риса. Высокий процент содержания амилозы приводит к жесткой текстуре и низкой вязкости, и после приготовления рис выглядит сухим, твердым, пушистым и рассыпчатым [9].

В зависимости от количества амилозы исследователи сорта риса подразделяют на: глютинозный (от 0 % до 2 %), неглютинозный (>2 %), очень низкоамилозный (от 2 % до 9 %), низкоамилозный (от 10 % до 19 %), среднеамилозный (от 20 % до 24 %), и высокоамилозный (>24 %) [8, 10].

Как известно, качество блюд из риса зависит от содержания амилозы в зерновке риса. Так, глютинозный рис, содержащий почти нулевой процент амилозы, используется в приготовлении таких блюд, как ризотто, паэлья и блюд детского и диетического питания, как десерты и закуски. Отмечено, что сорта риса с низкой амилозой (15–19 %) после варки становятся мягкими и липкими, к нему относятся все умеренные сорта риса *japonica* [9], которые подходят в основном для приготовления суши, ролл и т.д. [11]. Среднеамилозные сорта риса (20–24 %) характеризуются мягкой, но не клейкой текстурой [5], и применяются для приготовления каши, предпочитаемой большинством потребителей. Высокоамилозные сорта риса, где процент содержания амилозы составляет >24 %, используются в основном для приготовления таких блюд, как плов. Высокое содержание амилозы повышает качество риса, благодаря которому рис получается не липкий и сохраняет свою рассыпчатость и пушистость после приготовления, охлаждения и последующего разогревания плова, что является очень выгодным при приготовлении блюд из риса в кулинарии и ресторанах. Как видно из этого описания, чтобы удовлетворить кулинарные потребности разных потребителей, необходимы сорта риса с различными качествами.

Климатические условия в период формирования зерновки риса играют ключевую роль в накоплении и колебании содержания амилозы в сортах. Так, выявлено, что погодные условия при возделывании риса оказывают влияние на процент содержания амилозы, и последнее может варьировать в разные годы до 6 % для каждого определенного сорта [12, 13]. Низкая температура во время созревания зерна приводит к увеличению количества амилозы, а высокотемпературные климатические условия — к ее снижению [14–16].

Таким образом, одним из ключевых факторов, определяющих качество риса, является процент содержания амилозы. Так, высокое ее содержание приводит к улучшению кулинарных качеств риса. Данная работа посвящена поиску доноров признака «высокое содержание амилозы» среди сортов и линий отечественной и зарубежной селекции в коллекции риса ИББР для селекции риса с высоким содержанием амилозы.

Материалы и методы

Объектами исследования служили 172 сорта и линии риса отечественной и зарубежной селекции из коллекции риса РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» (РГП на ПХВ «ИББР»).

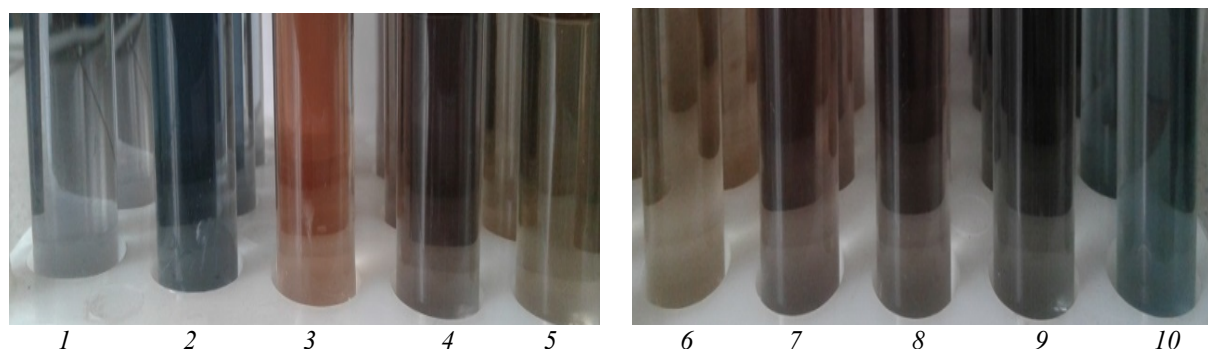
Количество амилозы в зерновке риса определяли общеизвестным методом Джулиано [17]. Для этого к 100 мг измельченной муки риса добавляли 1 мл этанола (96 %) и 9 мл 1N NaOH. Затем смесь нагревали на водяной бане (100 °С, 10 мин) и путем постоянного перемешивания доводили объем дистиллированной водой до 100 мл. Далее к 5 мл смеси каждого образца, тщательно перемешивая, добавляли 1 мл 1N уксусной кислоты и 2 мл йодного реагента (KI+J₂), и объем образцов доводили дистиллированной водой до 100 мл. После образцы оставляли на 20 мин в темноте. Содержание амилозы измеряли при $\lambda = 620$ нм на спектрофотометре GENESYS10 uv (ThermoSpectronic, USA).

Согласно методу Джулиано, крахмал при взаимодействии с йодом окрашивается в синий цвет в присутствии амилозы [18], а амилопектина — в красно-фиолетовый цвет, что позволяет отличить фракции амилопектина от фракции амилозы и выявить высокоамилозные и низкоамилозные сорта. Следует отметить низкое влияние амилопектина в эксперименте, так как максимум пропускания амилопектина ($\lambda = 520$ –550 нм) [19].

Результаты исследований и их обсуждение

В нашем эксперименте в результате реакции крахмала с йодом получены цветные растворы, характеризующие разное процентное содержание амилозы в зависимости от сорта (см. рис.). Различные цвета окрашенных растворов указывают на разницу в процентном содержании амилозы в зависимости от сорта и линий риса.

На присутствие амилозы указывают различные оттенки синего, от светло-синего до синего цвета, которые приобретают растворы. При отсутствии и низком содержании амилозы раствор окрашивается от красноватого до коричнево-фиолетового цвета, что указывает на преобладание в растворе амилопектина, который обычно при реакции с йодом приобретает красно-фиолетовую окраску.



1 — «Красный рис» 26,28 % (Филиппины); 2 — «Стандарт» 30 %; 3 — «Виолетта» — 1,65 %; 4 — «Токаши Куроки» — 19,2 %; 5 — «Стандарт» 0 %; 6 — 5 %; 7 — 10 %; 8 — 15 %; 9 — 20 %; 10 — 25 %

Рисунок. Различные цвета окрашенных растворов в зависимости от процентного содержания амилозы в сортах риса

В данной работе, основываясь на классификации риса по содержанию амилозы, предложенной в работе Э.Ю. Папуловой [8], проводили деление сортов и линий.

В результате первого этапа скрининга 88 сортов и линий риса было установлено, что в коллекции риса РГП на ПХВ «ИББР» преобладают низкоамилозные, и наиболее малочисленны глютинозные и высокоамилозные сорта и линии [13].

Во втором этапе скрининга проанализировано еще 84 новых сортов и линий. Всего, в ходе проведенного двухэтапного скрининга на содержание амилозы, проанализировано 172 сорта и линии риса отечественной и зарубежной селекции, полный список которых приведен в таблице.

Т а б л и ц а

Содержание амилозы в сортообразцах (сорта, коллекционные образцы и линии) риса отечественной и зарубежной селекции из коллекции ИББР

Наименование	% амилозы	Оригинатор сорта и /или источник коллекционного образца и линий	Наименование	% амилозы	Оригинатор сорта и/или источник коллекционного образца и линий
I этап скрининга			II этап скрининга		
1	2	3	4	5	6
Виолетта	1,9	ВНИИ риса	Yatanamochi	0	Япония
Виола	1,8	ВНИИ риса	Бурый рис	0	-
He Tiang	2,8	Китай	Лебедь	0,8	Приморский НИИ СХ
Kuro-mochi	3,0	Япония	Дети ветра	1,3	Приморский НИИ СХ
Black rice	3,0	IRRI	Hokriku mochi	2,0	Япония
Чапсари	3,0	УзНИИ риса	Ouumochi	2,0	Япония
Изумруд	10,0	ВНИИ риса	К 3942	9,4	КазНИИ риса
Луговой	10,0	Приморский НИИ СХ	К 30-50	10,0	КазНИИ риса
Боярин	10,0	ВНИИ риса	Рубин	10,0	ВНИИ риса
Курчанка	10,0	ВНИИ риса	Ко 296	10,0	КазНИИ риса
Серпантин	10,2	ВНИИ риса	К-84-28	10,0	КазНИИ риса
Соната	10,3	ВНИИ риса	Лазурный	11,3	УзНИИ риса
Арборио	10,4	Италия	Sarasm	11,3	Таджикистан
Снежинка	11,7	ВНИИ риса	Mis 2013	11,4	Турция
Атлант	11,8	ВНИИ риса	Manyas Yildizi	11,7	Иран
Диамант	11,9	ВНИИ риса	Ивушка	11,6	ВНИИ риса
Командор	12,2	ВНИИЗК	4421 Halian Variety	11,7	Иран
9-09 линия	12,3	Приморский НИИ СХ	Bigaincise	12,0	Турция
Селениум	2,4	Италия	Tosya Gunesi	12,1	Турция
Deshan B	12,5	Китай	Павловский	12,1	ВНИИ риса
Yir 5815	12,5	Институт риса НААНУ	Колл. обр. 04-09.	12,3	Приморский НИИ СХ
11933	12,7	Приморский НИИ СХ	Крепыш	12,3	ВНИИ риса

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
Рапан	12,8	ВНИИ риса	Арал 202	12,3	КазНИИ риса
Ханкайский 429	12,9	Приморский НИИ СХ	К 2822 Челябин	12,5	Азербайджан
Апрельский	13,2	ВНИИ риса	R 5524	12,9	КазНИИ риса
ВНИИР 10173	13,2	ВНИИ риса	Колл. обр. 34-09	13,4	Приморский НИИ СХ
Опытный	13,2	КазНИИЗиР	Красный микс	14,1	-
Гарант	13,3	ВНИИ риса,	Османчик	14,1	Турция
32-09 линия	13,3	Приморский НИИ СХ	ВНИИР 10177	14,2	ВНИИ риса
Ми-07-1055	13,3	Приморский НИИ СХ	Тугискен 1	14,2	КазНИИ риса
Yir 8458	13,4	Институт риса НААНУ	Южный	14,3	ВНИИЗК
4909 линия	13,5	Приморский НИИ СХ	Черный рис	14,7	Китай
Стрелец	13,5	ВНИИЗК	Пак Ли	14,8	КазНИИЗиР
Дарий 23	13,5	Приморский НИИ СХ	ВНИИР 10178	15,0	ВНИИ риса
Фонтан	13,6	ВНИИ риса	Ренар	15,3	ВНИИ риса
Регул	13,7	ВНИИ риса	She 1. Akidawara	15,3	Япония
Nogin	13,7	ВНИИ риса	КазЕр 6	15,4	КазНИИ риса
Спальчик	13,7	ВНИИ риса	Приозерный 61	16,1	Приморский НИИ СХ
Маржан	13,7	КазНИИ риса	Akidawara	16,1	Япония
Мадина	13,9	ИББР	К488 Токаши Куроки	16,1	Приморский край
Славянец	13,9	ВНИИ риса	К 487 Кыргыз	16,4	УзНИИ риса
Краснодар-ский 424	14,0	ВНИИ риса	Ай-Сауде	16,4	КазНИИ риса
Ми -07-980	14,1	Приморский НИИ СХ	Дружный	16,5	ВНИИ риса
Раздольный	14,2	ВНИИ риса	Odaebuyeo	16,5	Корея
Лидер	14,3	ВНИИ риса	Ко 298	16,6	КазНИИ риса
46-09	14,4	Приморский НИИ СХ	Ко 287	16,6	КазНИИ риса
S. Andrea	14,5	Италия	Jinbubyeo	16,7	Корея
Бальдо	14,8	Италия	Ко 183	16,9	КазНИИ риса
Кендзо ВИР	14,9	Институт риса НААНУ	Баканас-ский	17,1	ИББР
30-09	14,9	Приморский НИИ СХ	Ко 198	17,5	КазНИИ риса
Садко	15,0	Приморский НИИ СХ	Алтынай	17,7	ИББР
Анаит	15,2	ВНИИ риса	Кубояр	17,8	ВНИИЗК
Yir 1462	15,3	Институт риса НААНУ	К 4693 Sollano	18,4	Испания
Аметист	16,1	ВНИИ риса	Визит	18,5	ВНИИ риса
1-09 линия	16,1	Приморский НИИ СХ	Гулжахон	18,5	УзНИИ риса
Long Ting 175-2-09	16,1	Китай	К 3875 Акула	18,5	Азербайджан
Флагман	16,1	ВНИИ риса	К-01836	19,0	-
Янтарь	16,3	ВНИИ риса	Светлый	19,1	ВНИИЗК
10-09	16,5	Приморский НИИ СХ	Южанин	19,3	ВНИИЗК
Фишт	16,5	ВНИИ риса	К 5105 Садри	19,4	Иран
Новатор	16,6	ВНИИ риса	ВНИИР 5242	20,0	ВНИИ риса
58-09	16,6	Приморский НИИ СХ	Ко 395	20,1	Афганистан
Ароматный	16,9	ВНИИЗК	Арбалет	20,2	ВНИИ риса
Привольный 04667	17,0	ВНИИЗК	К 584 Сары-Кылчик	20,6	Азербайджан
Дунай	17,0	ВНИИЗК	К 4694 Balocco	20,8	Испания
29-09	17,3	Приморский НИИ СХ	НВ 9106	21,1	IRRI
Лиман	17,3	ВНИИ риса	К 2483 Хоккайдо	21,1	Таджикистан
Шарм	17,4	ВНИИ риса	Гала	21,1	ВНИИ риса
Лазурный	17,4	УзНИИ риса	Ходжа Ахмет	21,2	Таджикистан
КазНИИР 5	17,6	КазНИИ риса	Девзира	21,3	Узбекистан (стародав.)
Мустакилик	18,0	УзНИИ риса	К 1323	21,4	Узбекистан
Гулжахон	18,0	УзНИИ риса	MSB 2	21,7	КазНИИ риса
Хазар	18,4	ВНИИ риса	Кубанский	21,8	ВНИИ риса
Истикбол	18,5	УзНИИ риса	Ко 245	22,4	КазНИИ риса
УзРос 7/13	18,5	УзНИИ риса	К 3830 Палачи	22,8	КазНИИ риса
Авангард	18,5	УзНИИ риса	НВ-1 black rice	23,0	КазНИИ риса
Кубань 3	18,7	ВНИИ риса	Красный рис	23,2	IRRI,

1	2	3	4	5	6
Истиклол	19,0	УзНИИ риса	К 3903 Дин-Сян	23,4	Китай
Искандар	19,6	УзНИИ риса	К3612 Кара-Кылтык	25,0	УзНИИ риса
Спринт	19,6	ВНИИ риса	К3077 Казахи	25,1	Казахстан (стар\дав.с.)
Образец Алексеевко	20,0	ВНИИ риса	НВ 9093	25,1	IRRI
Ару	20,6	КазНИИ риса	Солнечный	25,4	ВНИИ риса
Баракат	21,1	Китай	Ко 293	27,0	IRRI
Акдала	21,1	ИББР	НВ 9114	27,0	IRRI
Илгор	22,8	УзНИИ риса			
Мавр	26,8	ВНИИ риса			
Тайбонет	25,4	США			
Паритет	27,0	ВНИИ риса			

Согласно классификации Э.Ю. Папуловой [8], изученные нами 172 сорта и линии риса были разделены по содержанию амилозы на группы. В результате обнаружено, что в коллекции риса глютинозные составляют 3,5 %, очень низкоамилозные — 3,5 %, низкоамилозные — 74,4 %, среднеамилозные — 13,4 % и высокоамилозные — 5,2 %. Как видно из результатов, коллекционный материал риса РГП на ПХВ «ИББР» состоит в основном из низкоамилозных и среднеамилозных сортов и линий. Преобладающее большинство в коллекции составляют низкоамилозные (74,0 %), а высокоамилозные сорта и линии встречаются в наименьшем количестве (5,2 %). Имеющиеся в коллекции все высокоамилозные сорта и линии принадлежат зарубежной селекции, кроме одного отечественного стародавнего сорта казахстанской селекции «К3077 Казахи», который может служить одним из доноров признака «высокое содержание амилозы».

Всего, в результате двух этапов скрининга сортов и линий из коллекции риса РГП на ПХВ «ИББР» выделены 9 высокоамилозных сортов и линий: «Мавр» (26,8 %) «Тайбонет» (25,4 %) и «Паритет» (27,0 %), «К3612 Кара-Кылтык» (25,0 %), «К3077 Казахи» (25,1 %), «НВ 9093» (25,1 %), «Солнечный» (25,4 %), «Ко293» (27,0 %) и «НВ 9114» (27,0 %).

Однако вегетационный период некоторых зарубежных сортов и линий не соответствует климатическим условиям Казахстана, и не успевают созревать. Так, районы рисосеяния Алматинской области не совсем подходят для созревания риса, здесь поспевают в основном только раннеспелые сорта риса с периодом вегетации 100–105 дней. В связи с этим в качестве доноров признака «высокое содержание амилозы» для селекционных работ из девяти идентифицированных сортов и линий отобраны шесть: «Мавр», «Тайбонет», «Паритет 04059», «К3612 Кара-Кылтык», «К3077 Казахи» и «Солнечный».

Как известно, в своих работах многие известные ученые-селекционеры (Р. Бейкуэлл, В.С. Пустановойт и П.П. Лукьяненко) придерживались правила селекции «скрещивайте только лучшее с лучшим...» [20–22], и мы считаем, что целесообразно будет проводить гибридизацию отобранных нами высокоамилозных сортов и линий риса между собой. Однако содержание амилозы — признак полигенной природы и стабилизируется только в F₆-F₇ поколениях [23]. Наряду с использованием методов традиционной селекции в целях ускорения селекционного процесса будут применены методы гаплоидной биотехнологии, что позволит стабилизировать линии с интересующим нас признаком «высокое содержание амилозы» в F₂-F₃ поколениях.

Если рассмотреть по странам, то можно заметить отличие и интенсивность проводимых исследований в зависимости от предпочтений традиционной кухни разных стран. Сорта и линии риса из ВНИИ риса и Приморского НИИСХ, содержащиеся в коллекции риса РГП на ПХВ «ИББР», охватывают все пять групп по содержанию амилозы, что указывает на масштабность проводимых исследований российскими селекционерами по улучшению качества риса. В коллекции встречаются сорта и линии из УзНИИ риса, которые по содержанию амилозы находятся приблизительно на одном уровне 17,4–19,6 % (низкоамилозные сортообразцы), имеются один среднеамилозный сорт «Илгор» (22,8 %) и высокоамилозный сортообразец К3612 Кара-Кылтык» (25,0 %). В коллекции также содержатся глютинозные и низкоамилозные сорта и линии из Японии, что характерно для традиционной кухни этой страны. Среди 23 сортов и линий риса казахстанской селекции преобладают низкоамилозные 69,6 %, в небольшом количестве встречаются среднеамилозные — 26,0 % и выявлено отсутствие сортов с

высоким содержанием амилозы, кроме одного стародавнего казахского сорта «К3077 Казахи» (25,1 %).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что сорта с высоким содержанием амилозы отсутствуют в отечественном селекционном материале. В Казахстане проживает много национальностей, и поскольку традиционная кухня разных национальностей отличается, требуется создание сортов риса с различными вкусовыми и кулинарными качествами. Потребление риса в нашей стране выше по сравнению с другими зерновыми культурами. На сегодняшний день импорт риса разных качеств увеличивается, в основном, завозят глютинозный рис для детского и диетического питания и высокоамилозный рис, который используется для приготовления плова. Необходимость проведения исследований по выведению линий для создания казахстанских сортов риса с улучшенными пищевыми и кулинарными качествами продиктована отсутствием сортов с высоким содержанием амилозы. Развитие производства риса, повышение его конкурентоспособности являются актуальными для отечественной селекции риса.

Заключение

В целом, в ходе проведенного двухэтапного скрининга на содержание амилозы проанализировано 172 сортов и линий риса отечественной и зарубежной селекции из коллекции риса РГП на ПХВ «ИББР». Согласно классификации по содержанию амилозы среди коллекционного материала риса преобладают низкоамилозные (74,4 %), затем следуют среднеамилозные (13,4 %), и в незначительном количестве высокоамилозные (5,2 %), глютинозные (3,5 %) и очень низкоамилозные (3,5 %) сортообразцы.

Всего, в результате идентифицировано 9 высокоамилозных сортов и линии: «Мавр» (26,8 %), «Тайбонет» (25,4 %), «Паритет» (27,0 %), «К3612 Кара-Кылтык» (25,0 %), «К3077 Казахи» (25,1 %), «НВ 9093» (25,1 %), «Солнечный» (25,4 %), «Ко293» (27,0 %), «НВ 9114» (27,0 %). Из-за того, что не все зарубежные сорта созревают в климатических условиях Казахстана для селекционных работ в качестве доноров признака «высокое содержание амилозы» из девяти идентифицированных отобраны шесть: «Мавр», «Тайбонет», «Паритет 04059», «К3612 Кара-Кылтык», «К3077 Казахи» и «Солнечный». Один из них стародавний сорт казахстанской селекции «К3077 Казахи».

Статья выполнена в рамках проекта ГФ5/АР 05132714 «Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические основы получения отечественных сортов риса с окрашенным перикарпом» (МОН РК).

Список литературы

- 1 Khush G.S. What it will take to feed five billion rice consumers by 2030 / G.S. Khush // *Plant Mol. Biol.* — 2005. — Vol. 59. — P. 1–6.
- 2 Ansari M. Genetic improvement of rice for biotic and abiotic stress tolerance / M. Ansari, T. Shaheen, S.A. Bukhari, T. Husnain // *Turkish Journal of Botany.* — 2015. — Vol. 39. — P. 911–919.
- 3 Lu B.R. Diversity of rice genetic resources and its utilization and conservation / B.R. Lu // *Chinese Biodiversity.* — 1998. — Vol. 6(1). — P. 63–72.
- 4 Singh B.P. Genetic diversity and population structure in Indian wild rice accessions / B.P. Singh, B. Singh, S. Mishra, V. Kumar, N.K. Singh // *Australian Journal of Crop Science.* — 2016. — Vol. 10(2). — P. 144–151.
- 5 Jin L. Molecular marker assisted selection for improvement of the eating, cooking and sensory quality of rice (*Oryza sativa* L.) / L. Jin, Y. Lu, Y. Shao, G. Zhang, P. Xiao, S. Shen, H. Corke, J. Bao // *Journal of Cereal Science*, 2010. — Vol. 51(1). — P. 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.11.007>
- 6 Zhou P.H. Simultaneous improvement for four quality traits of Zhenshan 97, an elite parent of hybrid rice, by molecular marker-assisted selection / P.H. Zhou, Y.F. Tan, Y.Q. He, C.G. Xu, Q. Zhang // *Theoretical and Applied Genetics.* — 2003. — Vol. 106. — P. 326–331.
- 7 Umemoto T. Rice starch properties and eating quality of cooked rice affected by starch synthase variations / T. Umemoto, T. Horibata, N. Aoki, M. Hiratsuka, M. Yano, N. Inouchi // *Plant Prod. Sci.* — 2008. — Vol. 11. — P. 472–480.
- 8 Папулова Э.Ю. Характеристика исходного материала риса в целях создания сортов с высоким содержанием белка и средним содержанием амилозы в зерновке / Э.Ю. Папулова // *Науч. журн. КубГАУ.* — 2011. — № 70(06). — С. 1–11. <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/23.pdf>
- 9 Zhu C.L. Progresses in researches of the application of low-amylose content rice gene for breeding / C.L. Zhu, W.B. Shen, H.Q. Zhai, J.M. Wan // *Zhongguo Nongye Kexue (Agricultural Sciences in China).* — 2004. — Vol. 3(2). — P. 81–88.

- 10 Cheng A. Simple and Rapid Molecular Techniques for Identification of Amylose Levels in Rice Varieties / A. Cheng, I. Ismail, M. Osman, H. Hashim // *Int. J. Mol. Sci.* — 2012. — Vol. 13. — P. 6156–6166. <https://doi.org/10.3390/ijms13056156>
- 11 Wang C. Development of a New japonica Rice Variety Nan-jing 46 with Good Eating Quality by Marker Assisted Selection / C. Wang, Y. Zhang, Z. Zhu, T. Chen, L. Zhao, J. Lin, L. Zhou // *Rice Genomics and Genetics.* — 2010. — Vol. 1(3). <http://rgg.sophiapublisher.com>
- 12 Juliano B.O. Quality Characteristics of Milled Rice Grown in Different Countries // In IRRRI Research Paper Series, 48th International Rice Research Institute / B.O. Juliano, C.G. Pascual. — Los Baños, Philippines, 1980. — 25 p.
- 13 Сартбаева И.А. Скрининг сортообразцов риса российской и казахстанской селекции на содержание амилозы / И.А. Сартбаева, Б.Н. Усенбеков, Л.К. Мамонов, Г.Л. Зеленский, К.М. Булатова // *Зерновое хозяйство России. Теор. и науч.-практ. журн.* — 2013. — № 6 (30). — С. 12–16.
- 14 Chen M. Waxy gene halotypes: Associations with apparent amylose content and the effect by the environment in an international rice germplasm collection / M. Chen, C. Bergman, S. Pinson, R. Fjellstrom // *J. Cereal Sci.* — 2008. — Vol. 47. — P. 536–545.
- 15 Hirano H.Y. Enhancement of Wx gene expression and the accumulation of amylose in response to cool temperatures during seed development in rice / H.Y. Hirano, Y. Sano // *Plant Cell Physiol.* — 1998. — Vol. 39. — P. 807–812.
- 16 Chun A. Effects of ripening temperature on starch structure and gelatinization, pasting, and cooking properties in rice (*Oryza sativa*) / A. Chun, H.J. Lee, B.R. Hamaker, S. Janaswamy // *J. Agric. Food Chem.* — 2015. — Vol. 63 (12). — P. 3085–93. <https://doi.org/10.1021/jf504870p>
- 17 Juliano B.O. A simplified assay for milled-rice amylase / B.O. Juliano // *Cer. Sci. Today.* — 1971. — Vol. 16 (10). — P. 334–340.
- 18 Никольский Б.П. Справочник химика 21. Химия и химическая технология. Т. 1. Раздел: Химия и химическая промышленность / Б.П. Никольский. — М.: ГУУ, 2001. — 248 с.
- 19 Закирова А.Ш. Применение фотокolorиметрического метода для количественного определения амилозы в крахмале / А.Ш. Закирова, Д.Ш. Ягофаров, А.В. Канарский, Ю.Д. Сидоров // *Вестн. Казан. технолог. ун-та.* — 2011. — Т. 14, № 10. — С. 195–199.
- 20 Пустовойт В.С. Урожайность подсолнечника и пути ее повышения в процессе селекции / В.С. Пустовойт, А.Б. Дьяков // *Селекция и семеноводство.* — 1971. — № 1. — С. 25–30.
- 21 Бейкуэлл Р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/8b62109b-62da-3119-30fb-f9fe38f8a561/10002_95A.htm
- 22 Лукьяненко П.П. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agro-portal.su/pshenica/2090-podbor-sortov-dlya-kombinacion-noy-i-mutacion-noy-selekcii.html>; <http://www.endic.ru/colier/Selekcija-5970.html>
- 23 Аbugалиева А.И. Качество зерна риса в Казахстане и идентификация генотипов по электрофоретическим спектрам оризина и оризенина / А.И. Аbugалиева // *Генетические ресурсы культурных растений: Материалы конф.* — СПб., 2009. — С. 240–243.

Б.Н. Усенбеков, А.К. Әмірова, Х.Ә. Беркімбаев, Е.А. Жанбырбаев,
Д.Т. Қазкеев, Ү.Б. Жайсанкулова, И.А. Сартбаева

Амилозасы жоғары күріш алу үшін бастапқы материалды бағалау

Күріш — стратегиялық маңызы бар негізгі дәнді дақылдардың бірі. Қазақстанда күрішті тұтыну басқа жармалармен салыстырғанда жоғары және 65 % -дан асады. Бүгінгі күні күріш жармасы импортының ұлғаюына байланысты күріш өндірісін дамыту, оның бәсекеге қабілеттілігін арттыру, тағамдық және аспаздық қасиеттері жақсартылған отандық күріш сорттарын шығару өзекті мәселе болып отыр. Күріштің сапасын анықтайтын негізгі фактор күріш дәнінің крахмалындағы амилозаның пайыздық мөлшері болып табылады. Осыған байланысты бұл жұмыс «Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институтының» ШЖҚ РМК («ИББР» ШЖҚ РМК) күріш коллекциясындағы отандық және шетелдік селекцияның сорттары мен линиялары арасында «амилозаның жоғары мөлшері» белгісінің донорларын іздеуге арналған. Күріштің 172 шетелдік және отандық сорттары мен линияларына амилоза мөлшері бойынша скрининг жүргізу 9 жоғары амилозалы сорт/үлгілерді анықтауға мүмкіндік берді және оның ішінде «амилоза мөлшері жоғары» белгісінің доноры бола алатын қазақстандық селекциясының ескі отандық сорты К3077 табылды. Алайда кейбір шетелдік сорттар вегетациялық кезеңінің ұзақтығына байланысты Қазақстанның климаттық жағдайында пісіп үлгермейтіндіктен үміткерлер тізімінен шығып қалды, олардың тек алтауы ғана таңдалды: Мавр (26,8 %), Тайбонет (25,4 %), Паритет (27, 0 %), К3612 Қара-Қылтық (25,0 %), К3077 Қазақ (25,1 %) және Солнечный (25,4 %). Іріктеп алынған амилоза мөлшері жоғары күріш сорттары мен линиялары «амилозаның мөлшері жоғары» белгісі бар донор ретінде күріш селекциясында пайдаланылатын болады.

Кілт сөздер: күріш, амилоза, сапаны жақсарту, отандық және шетелдік күріш селекциясы, күріш сорттары, климаттық жағдайлар.

B.N. Usenbekov, A.K. Amirova, Kh.A. Berkimbay, Ye.A. Zhanbyrbayev,
D.T. Kazkeev, U.B. Zhaisankulova, I.A. Sartbayeva

Evaluation of initial material for the obtaining of high-amylose rice

Rice is one of the main crops of strategic importance. Rice consumption in Kazakhstan is increasing compared to other cereals and reaches more than 65 %. Today, due to the increase in imports of rice cereals, it seems relevant to develop rice production, increase its competitiveness, and create domestic rice varieties with improved nutritional and culinary qualities. A key factor in determining the quality of rice is the percentage of amylose in the starch of the rice grain. In this regard, this work is devoted to the search for donors of the trait “high amylose content” among varieties and lines of domestic and foreign breeding in the rice collection of the RSE on the REM “Institute of Plant Biology and Biotechnology” (RSE on the REM “IPBB”). Screening of 172 foreign and domestic varieties and lines of rice for amylose content made it possible to identify 9 high-amylose variety samples. Among them one domestic ancient variety of Kazakh selection K3077 Kazakhi was found, which can serve as a donor of the trait “high amylose content”. Because of the climatic conditions of Kazakhstan and the long growing season, only six foreign varieties and lines were selected: Mavr (26.8 %), Taibonet (25.4 %), Parity (27, 0 %), K3612 Kara-Kylyk (25.0 %), K3077 Kazakhs (25.1 %), and Solnechny (25.4 %). The selected varieties and lines of rice with a high content of amylose will be used as donors of the “high amylose content” trait for rice breeding.

Keywords: rice, amylose content, improvement of rice quality, rice varieties of domestic and foreign breeding, variety, climatic conditions.

References

- 1 Khush, G.S. (2005). What it will take to feed five billion rice consumers by 2030. *Plant Mol. Biol.*, 59; 1–6.
- 2 Ansari, M., Shaheen, T., Bukhari, S.A., & Husnain, T. (2015). Genetic improvement of rice for biotic and abiotic stress tolerance. *Turkish Journal of Botany*, 39; 911–919.
- 3 Lu, B.R. (1998). Diversity of rice genetic resources and its utilization and conservation. *Chinese Biodiversity*, 6(1); 63–72.
- 4 Singh, B.P., Singh, B., Mishra, S., Kumar, V., & Singh, N.K. Genetic diversity and population structure in Indian wild rice accessions. *Australian Journal of Crop Science*, 10(2); 144–151.
- 5 Jin, L., Lu, Y., Shao, Y., Zhang, G., Xiao, P., Shen, S., Corke, H., & Bao, J. (2010). Molecular marker assisted selection for improvement of the eating, cooking and sensory quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Cereal Science*, 51(1); 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.11.007>
- 6 Zhou, P.H., Tan, Y.F., He, Y.Q., Xu, C.G., & Zhang, Q. (2003). Simultaneous improvement for four quality traits of Zhenshan 97, an elite parent of hybrid rice, by molecular marker-assisted selection. *Theoretical and Applied Genetics*, 106; 326–331.
- 7 Umemoto, T., Horibata, T., Aoki, N., Hiratsuka, M., Yano, M., & Inouchi, N. (2008). Rice starch properties and eating quality of cooked rice affected by starch synthase variations. *Plant Prod. Sci.*, 11; 472–480.
- 8 Papulova, E.Yu. (2011). Kharakteristika iskhodnogo materiala risa v tseliakh sozdaniia sortov s vysokim sodержaniem belka i srednim sodержaniem amilozy v zernovke [Characterization of Rice Starting Material for High Protein, Medium Amylose Grain Varieties]. *Nauchnyi zhurnal Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet — Research Journal of Kuban State Agrarian University*, 70(06); 1–11. <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/23.pdf> [in Russian].
- 9 Zhu, C.L., Shen, W.B., Zhai, H.Q., & Wan, J.M. (2004). Progresses in researches of the application of low-amylose content rice gene for breeding. *Zhongguo Nongye Kexue (Agricultural Sciences in China)*, 3(2); 81–88.
- 10 Cheng, A., Ismail, I., Osman, M., & Hashim, H. (2012). Simple and Rapid Molecular Techniques for Identification of Amylose Levels in Rice Varieties. *Int. J. Mol. Sci.*, 13; 6156–6166. <https://doi.org/10.3390/ijms13056156>
- 11 Wang, C., Zhang, Y., Zhu, Z., Chen, T., Zhao, L., Lin, J., & Zhou, L. (2010). Development of a New japonica Rice Variety Nan-jing 46 with Good Eating Quality by Marker Assisted Selection. *Rice Genomics and Genetics*, 1(3). <http://rgg.sophiapublisher.com>
- 12 Juliano, B.O., & Pascual, C.G. (1980). *Quality Characteristics of Milled Rice Grown in Different Countries*. In *IRRI Research Paper Series, 48th International Rice Research Institute*. Los Baños, Philippines.
- 13 Sartbaeva, I.A., Usenbekov, B.N., Mamonov, L.K., Zelenskii, G.L., & Bulatova, K.M. (2013). Skrinig sortoobraztsov risa rossiiskoi i kazakhstanskoi selektsii na sodержanie amilozy [Screening of Russian and Kazakh rice assortments for amylose content]. *Zernovoe khoziaistvo Rossii. Teoreticheskii i nauchno-prakticheskii zhurnal — Grain industry of Russia. Theoretical and scientific-practical journal*, 6 (30); 12–16 [in Russian].
- 14 Chen, M., Bergman, C., Pinson, S., & Fjellstrom, R. (2008). Waxy gene halotypes: Associations with apparent amylose content and the effect by the environment in an international rice germplasm collection. *J. Cereal Sci.*, 47; 536–545.
- 15 Hirano, H.Y., & Sano, Y. (1998). Enhancement of Wx gene expression and the accumulation of amylose in response to cool temperatures during seed development in rice. *Plant Cell Physiol.*, 39; 807–812.

16 Chun, A., Lee, H.J., Hamaker, B.R., & Janaswamy, S. (2015). Effects of ripening temperature on starch structure and gelatinization, pasting, and cooking properties in rice (*Oryza sativa*). *J. Agric. Food Chem.*, 63(12); 3085–93. <https://doi.org/10.1021/jf504870p>

17 Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled-rice amylase. *Cer. Sci. Today*, 16(10); 334–340.

18 Nikolskii, B.P. (2001). *Spravochnik khimika 21. Khimiia i khimicheskaia tekhnologiia. Tom 1. Razdel: Khimiia i khimicheskaia promyshlennost [Chemist's Handbook 21. Chemistry and chemical technology. Volume 1. Section: Chemistry and Chemicals]*. Moscow: Gosudarstvennyi universitet upravleniia [in Russian].

19 Zakirova, A.Sh., Iagofarov, D.Sh., Kanarskii, A.V., & Sidorov, Yu.D. (2011). Primenenie fotokolorimetriceskogo metoda dlia kolichestvennogo opredeleniia amilozy v krakhmale [Use of Photocolorimetric Method for the Assay of Amylose in Starch]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta — Bulletin of Kazan Technological University*, 14 (10); 195–199 [in Russian].

20 Pustovoit, V.S., & Diakov, A.B. (1971). Urozhainost podsolnechnika i puti ee povysheniia v protsesse selektsii [Sunflower yield and ways to increase it during breeding]. *Selektsiia i semenovodstvo — Selection and seed breeding*, 1; 25–30 [in Russian].

21 Beikuell, R. Retrieved from <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/8b62109b-62da-3119-30fb-f9fe38f8a561/1000295A.htm>

22 Lukianenko, P.P. Podbor sortov dlia kombinatsionnoi i mutatsionnoi selektsii [Collection of varieties for the combinational and mutational selection]. Retrieved from <http://agro-portal.su/pshenica/2090-podbor-sortov-dlya-kombinacion-noy-i-mutacion-noy-selektsii.html>; <http://www.endic.ru/colier/Selekcija-5970.html>

23 Abugalieva, A.I. (2009). Kachestvo zerna risa v Kazakhstane i identifikatsiia genotipov po elektroforeticheskim spektram orizina i orizenina [Quality of rice grains in Kazakhstan and identification of genotypes by electrophoretic spectra of orizine and orizenine]. *Proceedings from Genetic Resources of Cultivated Plants '09: Konferentsiia – Conference*. Saint-Petersburg [in Russian].