

УДК 633.18:631.52:631.523

UDC 633.18:631.52:631.523

ВЫЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ПРИЗНАКОВ КАЧЕСТВА ЗЕРНА РИСА РАЗЛИЧНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ФОРМ В ЦЕЛЯХ АДЕКВАТНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

IDENTIFICATION OF RELATED QUALITY CHARACTERISTICS OF RICE GRAINS OF VARIOUS GENETIC FORMS FOR ADEQUATE APPLICATION OF REGRESSION MODELS

Туманьян Наталья Георгиевна
доктор биол. наук, профессор, зав. лабораторией
Всероссийский научно-исследовательский институт риса, Краснодар, Россия

Tumanyan Natalia Georgievna
Dr.Sci.Biol., associate professor
All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia

Кумейко Татьяна Борисовна
канд. с.-х. наук
Всероссийский научно-исследовательский институт риса, Краснодар, Россия

Kumejko Tatyana Borisovna
Cand.Agr.Sci.
All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia

Зеленский Григорий Леонидович
д-р с.-х. наук, зав. кафедрой
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Zelensky Grigory Leonidovich
Dr.Sci.Agr., associate professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Ольховая Кнарлик Карапетовна
младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт риса, Краснодар, Россия

Olkhovaya Knarik Karapetovna
science worker
All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia

Коротенко Татьяна Леонидовна
канд. биол. наук
Всероссийский научно-исследовательский институт риса, Краснодар, Россия

Korotenko Tatyana Leonidovna
Cand.Biol.Sci.
All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia

Остапенко Надежда Васильевна
канд. с.-х. наук
Всероссийский научно-исследовательский институт риса, Краснодар, Россия

Ostapenko Nadezhda Vasilyevna
Cand.Agr.Sci.
All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia

В статье дан обзор результатов исследования признаков качества риса российской и зарубежной селекции. Обсуждается возможность использования показателей в характеристике генплазмы рабочих коллекций

In this article the results of the research of quality characteristics of Russian and foreign rice varieties were observed. A possibility of using the data in characterizing germplasm from the collection was discussed

Ключевые слова: ГЕНПЛАЗМА РИСА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА, БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КАЧЕСТВА

Keywords: RICE GERMPLASM, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF GRAIN, BIOCHEMICAL QUALITY CHARACTERISTICS

Введение. Оптимизация ведения научного процесса в современных условиях требует пристального внимания к вопросам информационного оснащения генетических коллекций риса. Изучение и критическое осмысление подходов к оценке генетического материала и

информационного сопровождения коллекций показало сложность проблемы, недостатки в разработке основных теоретических аспектов формирования коллекций и повышение практической значимости ее в современных условиях.

До настоящего времени сформированная и хранящаяся генплазма риса не характеризуется по единой системе показателей комплексной оценки, в том числе качества зерна и крупы, которая бы создавала информационную основу для разработки стратегии управления селекционным процессом.

Можно сформулировать несколько подходов к оценке потенциала генотипа: его абсолютные агробиологические признаки, в том числе качества зерна и крупы вне привязки к конкретным агроклиматическим условиям, его пластичность и стабильность в определенных условиях произрастания, его реакция на антропогенные факторы, его определенные параметры интереса, выявленные биотехнологическими методами (например, различные виды устойчивости и т.п.) вне зависимости от остальных методов оценки. Совокупность таких подходов формирует знание потенциала генетического материала, с которым работает исследователь.

В основе оценки генплазмы коллекций положена многокритериальная оценка (термин предложен В.В. Дмитриевым) с последующим свертыванием информации [1]. На первом этапе была проведена обоснованная оценка системы критериев качества зерна генплазмы риса. Многокритериальная оценка будет положена нами в основу построения интегральных показателей по совокупности репрезентативных критериев оценки генплазмы по признакам качества зерна. При этом необходимо было разработать и сформулировать принципы выбора наиболее информативных признаков (индексов состояния).

Представленные условные параметры в компактной форме характеризуют состояние генплазмы коллекций в части качества зерна. Их использование в оценках генетического материала обязательно должно учитывать нарастание статистической ошибки по сравнению с первичными показателями признаков.

В работе были использованы экспертные функции желательности в части кулинарных достоинств крупы селекционного материала, а именно балльная оценка. Однако усредненный показатель на основе балльности не вводили.

Рис оценивают по нескольким группам признаков. В их числе - пищевая ценность [2, 3], кулинарные достоинства, технологические и товарные качества. Оценка признаков качества зерна и крупы лежит в основе создания новых сортов, производственных процессов переработки. Общепринятая оценка такого большого количества показателей сложна и не оправдана для характеристики образцов банков генетических ресурсов риса. С целью формирования групп признаков качества риса, различных уровней оценки, точного учета их экономической значимости необходима оценка представителей коллекций, как российской, так и зарубежной селекции, в течение ряда лет с последующим анализом изменчивости признаков и их взаимосвязи.

Цель работы. В связи с выше изложенным целью работы явилось выявление взаимосвязанных признаков качества зерна материала коллекции ВНИИ риса (мировой коллекции отечественной и зарубежной селекции).

Материалы и методы исследований. В качестве материала исследований служили отечественные сорта (селекции ВНИИ риса) и зарубежные (итальянской селекции). Массу 1000 зерен определяли по ГОСТу 10842-89, плёнчатость – 10843-76 (на шелушильной установке Satake), стекловидность – по ГОСТу 10987-76, трещиноватость – по

ГОСТу 10987-76 с помощью диафаноскопа ДСЗ-3, линейные размеры зерновки и индекс шелушенной зерновки - сканере (система анализа изображений LA 2400, WinFOLIA, WinRHIZO, WinSEEDLE, Канада); выход и качество крупы на установке ЛУР-1М. Оценку кулинарных достоинств проводили по пробе Литтла и по разработанной во ВНИИ риса методике по характеристикам сваренного в кашеварке АРК1 крупе. Оценку амилографических характеристик осуществляли на микровискоамилографе (Brabender, Германия); определение белка в зерне - по Кьельдалю в соответствии с инструкциями к прибору (Tekator, Швеция).

Результаты и их обсуждение. Традиционно выделяют три селекционные группы сортов или подвидов у вида *O. Sativa*: сорта *indica*, типичные для индийского субконтинента; группа сортов *tropical japonica* (*javanica*), более общая для юго-восточной Азии и южного Китая; и группа сортов *temperate japonica*, преобладающих в северо-восточной Азии [4]. В работе изучали физико-химические и биохимические признаки качества представителей *temperate japonica* и *indica* сортов российской и зарубежной селекции (урожай 2012-2014 гг.). Короткозерные - одиннадцать образцов российской селекции: Рапан, Флагман, Соната, Визит, Южный, Виктория, Диамант, Гаран, Дубовский 129, Боярин, Маржан и четыре образца итальянской селекции: *Serere*, *Centauro*, *Virgo*, *Orione*. Среднезерные - восемь образцов российской селекции: Сонет, Аметист, Янтарь, Регул, Фаворит, Анаит, Привольный 4, Крепыш и двенадцать образцов итальянской селекции: *Vulcano*, *Carnise Precoce*, *Carnise*, *Vacco*, *Minerva*, *Meco*, *Cammeo*, *Neve*, *Galileo*, *Musa*, *Antares*. Длиннозерные - три образца российской селекции: Кураж, Ивушка, Шарм и четыре образца итальянской селекции: *Oceano*, *Arsenal*, *Urano*, *CRLB 1*.

В целях минимизации признаков оценки изучали в полевых условиях взаимосвязь площади поверхности листьев и одного из важных параметров - содержания белка в зерновке риса (табл. 1) [5].

Таблица 1 - Площадь листовой поверхности и содержание белка в зерновке риса

Сорт	Площадь листовой поверхности, см ²	Содержание белка, %
Титан	25,2	6,7
Фаворит	23,8	6,7
Визит	31,2	6,5
Кураж	27,6	6,8
Олимп	36,0	7,1
Крепыш	35,2	7,0
Ласточка	35,1	7,0
Ивушка	59,8	7,6
Привольный 4	31,5	7,2

Наблюдалась тенденция незначительного повышения содержания белка в зерновке (корреляционная связь слабая $r=0,31$). В связи с этим в дальнейшем в исследовании не рассматривали признаки, как взаимосвязанные.

Изучение физико-химических признаков качества риса, в том числе его технологических параметров и параметров вязкости крахмалистой пасты, позволило продолжить работу по выявлению их взаимосвязи и значимости в структуре качества генплазмы риса (табл. 2-5). Знание взаимосвязи признаков качества зерна риса позволяет прогнозировать свойства генплазмы в отношении качества риса [6]. Ранее было показано достоверное влияние на содержание целого ядра в крупе признаков трещиноватости и стекловидности. Однако исследования проводили на генетическом материале российской селекции.

Таблица 2– Технологические признаки качества зерна и крупы риса итальянских сортов, выращенных на ОПУ ВНИИ риса

Образец	Масса 1000 а.с.з., г	Пленчатость, %	Стекло-видность, %	Трещиноватость, %	*Размеры зерновки, мм			
					длина, l неш./ш.	ширина, b неш./ш.	толщина, c неш./ш.	l/b
Cerere	24,2	19,3	97	32	8,0/5,3	3,7/3,1	2,2/2,0	2,2/1,7
Centauro	25,7	19,9	73	30	8,0/5,4	3,9/3,2	2,3/2,0	2,0/1,7
Virgo	24,5	19,0	89	19	7,9/5,7	3,4/2,9	2,3/2,0	2,3/2,0
Orione	28,6	20,8	81	39	8,4/6,2	3,9/3,3	2,4/2,1	2,2/1,9
Vulcano	37,0	16,5	65	4	9,8/7,2	3,9/3,4	2,4/2,2	2,5/2,1
Carnise Precoce	34,1	20,2	65	20	9,4/6,8	3,8/3,2	2,3/2,0	2,4/2,1
Carnise	37,1	20,6	68	13	9,6/7,1	3,8/3,3	2,2/1,9	2,5/2,2
Minerva	20,7	19,5	96	4	8,3/6,0	2,8/2,6	2,0/1,7	2,9/2,3
Meco	29,4	19,8	92	2	9,1/6,8	3,2/2,9	2,1/1,9	2,8/2,3
Cammeo	36,5	19,1	97	7	10,0/7,7	3,7/3,2	2,3/2,0	2,7/2,4
Neve	37,2	20,6	77	37	10,2/7,6	3,8/3,2	2,3/2,0	2,7/2,4
Galileo	32,4	19,1	87	14	9,9/7,6	3,8/3,2	2,3/1,9	2,6/2,4
Musa	24,4	19,3	93	5	9,0/6,6	3,1/2,8	2,1/1,9	2,9/2,4
Antares	26,9	19,8	93	5	9,5/6,9	3,1/2,7	2,2/1,9	3,1/2,6
Oceano	21,5	20,0	97	2	9,8/7,6	2,6/2,3	2,1/1,8	3,8/3,3
Arsenal	23,3	22,1	98	8	9,6/7,2	2,5/2,2	2,0/1,8	3,8/3,3
Urano	22,1	23,2	99	4	10,7/8,0	2,7/2,3	2,0/1,6	4,0/3,5
CRLB 1	25,1	20,6	96	8	10,8/8,2	2,5/2,2	2,0/1,7	4,4/3,7

*Размеры зерновки, неш./ш. – нешелушенное зерно/шелушенное ядро

По стекловидности у итальянских сортов выделились Urano, Arsenal, Oceano. Однако пленчатость у них была достаточно высокой - более 20 %. Neve и Galileo имели высокую трещиноватость, соответственно 14 и 37 %, однако у Galileo, тем не менее, показатель "содержание целого ядра в крупе" у Galileo был высоким 91,6 %. Высоким общим выходом крупы характеризовались сорта Cerere, Minerva и Virgo 74-75 %. Содержание поврежденных зерен в полевых условиях зерен в урожае 2014 г. было незначительным - от 0,00 у CRLB 1 до 1,25 % у Carnise Precoce.

Сорта российской селекции выращивали в одной агроклиматической зоне с сортами итальянской селекции. Технологические признаки качества образцов оценивали как высокие. Наилучшими признаками качества обладали сорта Визит, Южный, Аметист, Регул и Кураж.

Таблица 3 – Выход и качество крупы итальянских сортов

Образец	Содержание поврежденных зерен, %	Выход и качество крупы, %		
		общий выход	содержание целого ядра	содержание дробленого ядра
Cerere	0,25	75,2	99,1	0,9
Centauro	0,25	74,0	98,8	1,2
Virgo	0,50	74,0	99,4	0,6
Orione	0,37	72,6	97,2	2,8
Vulcano	0,24	72,5	88,1	11,9
Carnise Precoce	1,25	70,4	72,8	21,8
Carnise	1,28	69,7	81,0	19,0
Minerva	0,26	74,6	99,1	0,9
Meco	0,00	71,1	96,9	3,1
Cammeo	0,86	71,2	89,8	10,2
Neve	0,25	69,3	84,2	15,8
Galileo	0,12	71,0	91,6	8,4
Musa	0,00	73,9	98,8	1,2
Antares	0,48	71,9	97,4	2,6
Oceano	0,25	73,9	99,0	1,0
Arsenal	0,00	70,4	93,7	6,3
Urano	0,50	68,8	97,5	2,5
CRLB 1	0,25	70,8	94,9	5,1

Взаимосвязь стекловидности с содержанием целого ядра в крупе не подтвердилась. Например, сорт Южный имел стекловидность достаточно низкую - 77 %, а содержание целого ядра в крупе было максимальным - 98,3 %.

Таблица 4 – Технологические признаки качества зерна и крупы риса российских сортов, выращенных на ОПУ ВНИИ риса

Образец	Масса 1000 а.с.з., г	Пленчатость, %	Стекло-видность, %	Трещиноватость, %	Размеры зерновки, мм			
					длина, l неш./ш.	ширина, b неш./ш.	толщина, c неш./ш.	l/b неш./ш.
Рапан	23,2	19,7	94	15	8,4/6,0	3,3/3,0	2,2/2,0	2,6/2,0
Флагман	23,1	19,7	91	11	8,0/5,8	3,2/2,9	2,2/1,9	2,5/2,0
Соната	24,4	19,6	89	43	8,2/5,3	3,8/3,2	2,3/2,0	2,2/1,7
Визит	21,8	18,1	96	2	7,3/5,7	3,5/3,0	2,1/1,8	2,1/1,9
Южный	21,8	19,1	77	8	7,7/5,9	3,2/2,9	2,3/2,0	2,4/2,0
Виктория	23,8	19,2	92	11	8,3/6,0	3,5/3,0	2,2/1,9	2,4/2,0
Диамант	24,0	19,2	90	8	8,3/5,7	3,5/2,8	2,2/1,9	2,4/2,0
Сонет	24,1	17,6	89	32	8,5/6,4	3,3/3,1	2,2/2,0	2,6/2,1
Аметист	27,8	18,9	79	8	9,0/6,5	3,3/2,9	2,2/1,9	2,7/2,2
Янтарь	29,3	19,4	93	10	9,6/7,0	3,3/3,0	2,2/1,9	2,9/2,3
Регул	27,3	20,1	95	6	9,7/7,1	3,3/2,9	2,2/1,9	2,9/2,4
Кураж	25,2	18,6	92	3	9,8/7,3	2,6/2,4	2,1/1,8	3,8/3,0

Таблица 5 – Выход и качество крупы сортов российской селекции, выращенных на ОПУ ВНИИ риса, урожай 2014 г.

	Содержание поврежденных зерен, %	Выход и качество крупы, %		
		общий выход	содержание целого ядра	содержание дробленого ядра
Рапан	0,50	73,3	98,6	1,4
Флагман	0,37	73,4	98,3	1,7
Соната	1,12	75,3	96,3	3,7
Визит	0,00	76,4	99,9	0,1
Южный	0,00	75,2	98,3	1,7
Виктория	0,74	73,6	98,4	1,6
Диамант	1,25	73,4	98,1	1,9
Сонет	0,00	75,5	90,9	9,1
Аметист	0,24	73,1	97,7	2,3
Янтарь	0,25	71,6	88,3	11,7
Регул	0,50	72,2	96,0	4,0
Кураж	1,24	70,6	86,2	13,8

Содержание поврежденных зерен было от 0,00 % у Сонета до 1,25 % у Диаманта - в тех же пределах, что и у образцов итальянской селекции.

В структуре изменчивости сортов риса (двухфакторный перекрестный дисперсионный анализ) обнаружено достоверное влияние генотипических (межсортовых) различий, условий года. В целях оптимизации оценки физико-химических признаков качества был проведен анализ их взаимосвязи с помощью корреляционной матрицы признаков (табл. 6).

Таблица 6 - Матрица коэффициентов прямолинейной корреляции Пирсона для физико-химических признаков качества риса

Признак	м	ос	тр	ов	сц	са	тк	мв	в50	вр
ос	-0,39									
тр	0,05	-0,28								
ов	-0,15	-0,21	0,39							
сц	-0,43	0,23	-0,64	0,08						
са	-0,03	0,10	-0,23	0,25	0,20					
тк	-0,09	0,15	0,10	-0,31	-0,27	0,50				
мв	0,30	0,03	-0,33	-0,24	0,07	-0,30	0,10			
в50	0,33	0,12	-0,20	-0,03	0,01	-0,15	-0,08	0,90		
вр	0,10	-0,35	-0,02	0,10	0,09	0,25	-0,30	-0,30	-0,28	
гр	0,30	0,15	-0,10	0,09	0,10	-0,03	-0,26	0,60	0,70	-0,41

Примечание. Выделенные значения коэффициентов корреляции достоверны

Условные обозначения величин: масса 1000 зерен – м; общая стекловидность зерна – ос; трещиноватость зерна – тр; пленчатость зерна – пл; общий выход крупы – ов; содержание целого ядра в крупе – сц; содержание амилозы в крупе – са;

температура начала клейстеризации крахмала – тк; максимальная вязкость крахмальной пасты – мв; вязкость крахмальной пасты, при охлаждении до 50⁰С – в50; время начала процесса клейстеризации – вр; градиент вязкости – гр.

Высокая положительная корреляция отмечена для признаков «температура клейстеризации» – «содержание амилозы», «максимальная вязкость» – «вязкость при 50⁰С», «градиент вязкости» - «вязкость при 50⁰С», «максимальная вязкость».

Проба Литтла позволяет оценить кулинарные достоинства риса, однако в структуре оценки генетического материала метод, как правило, мало используется, так как, до сих пор связь показателя с кулинарными достоинствами считается неоднозначной. В работе пробой Литтла образцы изучали для решения вопроса введения показателя в систему оценки генплазмы риса (таблица 7).

Таблица 7 – Результаты пробы Литтла образцов коллекции ВНИИ риса, урожай 2013 г., по срокам уборки

Образец	Шкала степени разрушения, %			Шкала степени прозрачности, %		
	18.09	01.10	15.10	18.09	01.10	15.10
Диамант	3,4	2,8	3,5	2,6	2,4	3,3
Соната	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Сонет	3,3	3,5	4,0	3,0	3,1	3,4
Добовский 129	3,5	4,9	5,2	3,8	5,0	5,2
Боярин	3,7	4,8	5,0	3,2	4,0	4,0
Фаворит	3,2	2,8	4,1	3,0	3,0	3,4
Привольный 4	4,5	4,4	4,8	3,9	3,8	4,8
Крепыш	3,2	3,6	3,4	3,2	3,1	3,2
Кураж	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Ивушка	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Шарм	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Сравнение показателя по пробе Литтла с коэффициентом привара подтвердило наличие слабой корреляционной зависимости ($r=0,38$). В дальнейшем предполагается изучить взаимосвязь показателя с признаком "образование клейкого слоя клейстеризованного крахмала на поверхности сваренного ядра риса". Этот признак соотносится с рекомендацией

использования риса для определенных видов кулинарных блюд: клейких каш и разных видов рассыпчатого плова.

В таблице 8 приведены статистические характеристики совокупности исследованных образцов генплазмы риса по признакам качества. Результаты изучения кулинарных достоинств по пробе Литтла не ввели как параметр оценки в связи с необходимостью проведения дальнейших исследований в его роли в структуре качества риса.

Таблица 8 – Статистические характеристики исследуемых сортов риса по технологическим признакам качества и параметры интегральной модели

Признак качества	Образец			Модель
	Среднее	Минимум	Максимум	
Общая стекловидность	90,40	65,00	99,00	99,00
Трещиноватость	21,30	2,00	43,00	2,00
Пленчатость	18,90	16,50	23,80	16,50
Общий выход крупы	71,50	68,8	76,40	76,40
Содержание целого ядра	90,1	72,8	99,9	99,99

Характеристика образцов коллекции риса по технологическим признакам качества, кулинарным достоинствам крупы, амилографическим параметрам позволяет прогнозировать качество урожая и дает полную картину потенциала генотипов. Признаки будут использованы в построении интегрального показателя в части качества зерна риса.

Список литературы

1 Дмитриев В.В. Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы // Научно-теоретический журнал «Общество. Среда. Развитие». № 4 (12). 2009. С.146-165.

2 Juliano B.O. Rice in human nutrition / B.O. Juliano - Genetics and Biochemistry Division International Rice Research Institute. 2008.

3 Zhang M.W. Nutritional quality and healthy affect of special rice. In M.W. Zhang (Ed.), Special rice and its processing technology. Beijing: China Light Industry Press. 2000. P. 73-116.

4 Glazmann J.C. Isozymes and Classification of Asian Rice Varieties // Theor. Appl. Genet. 1987. Vol. 74. P. 21-30.

5 Воробьев Н.В., Скаженник М.А, Ковалев В.С. Продукционный процесс у сортов риса. Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. 200 с.

6 Kharitonov E., Tumanyan N., Vetrova N. ARRI's Varieties. Variability in Quality Characteristics in Conditions of Krasnodar Region. - 07e. Grain Qualities, processing and marketing. 4th International Rice Congress. 27 October-1 November 2014. Bangkok, Thailand. 667 p.

References

1 Dmitriev V.V. Opredelenie integral'nogo pokazatelja sostojanija prirodnogo ob#ekta kak slozhnoj sistemy // Nauchno-teoreticheskij zhurnal «Obshhestvo. Sreda. Razvitie». № 4 (12). 2009. S.146-165.

2 Juliano B.O. Rice in human nutrition / B.O. Juliano - Genetics and Biochemistry Division International Rice Research Institute. 2008.

3 Zhang M.W. Nutritional quality and healthy affect of special rice. In M.W. Zhang (Ed.), Special rice and its processing technology. Beijing: China Light Industry Press. 2000. P. 73-116.

4 Glazmann J.C. Isozymes and Classification of Asian Rice Varieties // Theor. Appl. Genet. 1987. Vol. 74. P. 21-30.

5 Vorob'ev N.V., Skazhennik M.A, Kovalev V.S. Produkcionnyj process u sortov risa. Krasnodar: Prosveshhenie-Jug, 2011. 200 s.

6 Kharitonov E., Tumanyan N., Vetrova N. ARRI's Varieties. Variability in Quality Characteristics in Conditions of Krasnodar Region. - 07e. Grain Qualities, processing and marketing. 4th International Rice Congress. 27 October-1 November 2014. Bangkok, Thailand. 667 p.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Департамента образования и науки Краснодарского края (№ 13-04-96550).