

МЕХАНИЗМ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РОССИЙСКИХ СОРТОВ РИСА

Е.М. ХАРИТОНОВ,

академик Россельхозакадемии, директор,

Ю.К. ГОНЧАРОВА,

*кандидат биологических наук, заведующая лабораторией
генетики, ВНИИ риса*

Ключевые слова: рис, засоление, фазы развития, механизм устойчивости.

При действии абиотических стрессоров наибольший урон несут сорта с высокой потенциальной продуктивностью. Именно по этой причине во многих странах мира растениеводство ориентируют не на максимальную, а на оптимальную, но устойчивую по годам урожайность. Можно выделить несколько направлений селекции, объединяющих селекционные программы различных стран:

- селекция сортов Leaf star – данное направление обеспечивает высокую эффективность использования солнечной энергии (высокая проходимость света через посевы, низкий коэффициент его поглощения посевами, эректоидные листья, сохранение уровня фотосинтеза в фазу налива и созревания, задержка старения фотосинтетического аппарата);
- селекция на быстрый рост и увеличение площади листьев;
- селекция на стабильность урожая;
- эффективность использования минерального питания;
- селекция на высокий уровень реутилизации пластических веществ [1].

Все эти направления так или иначе связаны с формированием солеустойчивости. Механизмы формирования устойчивости сходны для различных стрес-

сов. Так, в формирование солеустойчивости вовлечены факторы, определяющие устойчивость к воздействию высоких температур, эффективность использования элементов минерального питания, засухоустойчивость, холодоустойчивость [2-5].

Среди признаков, их определяющих: скорость роста клеток, характеристики устиц и устичная проводимость, эффективность фотосинтеза и скорость аттрагирования пластических веществ из вегетативных в генеративные органы, а также их микрораспределение между элементами соцветия и зерном. Из 12 генов, используемых для повышения устойчивости к засолению при создании трансгенных растений, 4 гена также повышают устойчивость к холоду и засухе, 2 – ко всем абиотическим стрессам, 6 повышают устойчивость к засухе или холоду [6]. Полученные нами результаты показывают, что солеустойчивость российских образцов во многих случаях определяется комплексом неспецифических генов. Сделанный вывод подтверждает проведенное исследование солеустойчивости образцов селекции разных стран (затопление морской водой с общей минерализацией 2%): российские образцы в среднем проявили большую солеустойчивость, чем транс-



350921, г. Краснодар,

п. Белозёрный;

тел.: 8 (8612) 29-42-01, 29-49-91;

e-mail: serggontchar@mail.ru

генные (с отдельными генами солеустойчивости) и образцы других стран.

Рис – тропическая культура, и Россия – один из самых северных регионов его возделывания. Российские образцы риса в период вегетации подвергаются воздействию самых различных стрессов. Большая часть площадей, освоенных под рис в нашей стране, характеризуется неблагоприятными почвенными условиями: засолением различной степени и типа, осолонцеванием. Высокие температуры (до 40°C) также воздействуют на культуру в период цветения на Кубани. В связи с этим только генотипы с комплексом генов устойчивости к различным стрессовым факторам могут давать высокие урожаи в условиях России.

Цель и методика исследований

Изучение механизма солеустойчивости российских сортов риса стало целью нашей работы. Материалом исследования служили 60 перспективных сортов российской селекции и 30 коллекционных образцов. Измерение соле-

***Rice, salt-tolerance,
phases of development,
mechanisms of tolerance.***

устойчивости в фазу проростков проводили по общепринятой методике. В репродуктивную фазу основной механизм солеустойчивости – снижение поступления солей в репродуктивные органы, что может достигаться за счёт накопления солей в нижних отмирающих листьях. Оценивали эффективность работы данного механизма по изменению аттракции образца под воздействием стресса. Изучение генетического полиморфизма систем аттракции, адаптивности и микрораспределений продуктов фотосинтеза у сортов риса проводили на 30 перспективных сортах российской селекции и 30 коллекционных образцах в лизиметрических опытах при засолении и без него. Опыты закладывались на вегетационной площадке на оптимальном фоне минерального питания (N_{120}, P_{60}, K_{60}). Засоление создавали искусственно в фазу кушения путём внесения в почву соли (NaCl) до концентрации 0,35%. Выборка – 15 растений сорта на вариант опыта. Суммарное содержание хлорофилла измеряли при помощи прибора Chlorofyll meter (SPAD-502) на трёх фазах: начало кушения, кушение, вымётывание.

Результаты исследований

Устойчивость к засолению различна в зависимости от фазы развития растений риса. Рис относительно устойчив к засолению во время прорастания и активного кушения, созревания, но чувствителен в течение фазы проростков (2-3 листа) и цветения [7]. Дисперсионный анализ показал достоверность различий образцов по всем изучаемым признакам. Доля влияния фактора «сорт» – 11,7%, засоления – 64,6%, неучтённых факторов – 23,7%. Ранее образцы отечественной селекции были нами изучены и ранжированы по вкладу генетических систем в продуктивность. Полученные данные по морфофизиологическим признакам сортов представлены в таблице 1. Изучение корреляционных связей между признаками, характеризующими сорта риса в фазу проростков, и рангами по вкладу генетических систем в репродуктивную фазу показало наличие таковых между скоростью роста зародышевого стебелька и корешка с солеустойчивостью отечественных сортов риса (табл. 2). Высокое содержание хлорофилла было характерно для образцов с высокими темпами роста колеоптиля. Ранее установлено, что повышенное содержание пигментов – один из механизмов, повышающих устойчивость риса к абиотическим стрессовым факторам (высокие, низкие температуры, засоление). Средние корреляции между рангами сортов по эффективности работы генетических систем, определяющих адаптивность к засолению, раннему сроку посева и позднему сроку посева, от 0,34 до 0,62 указывают на связь устойчивости российских сортов с неспецифическими генами устойчивости, определяющими общую адаптивность растений.

Таблица 1

Характеристика сортов риса по морфофизиологическим признакам

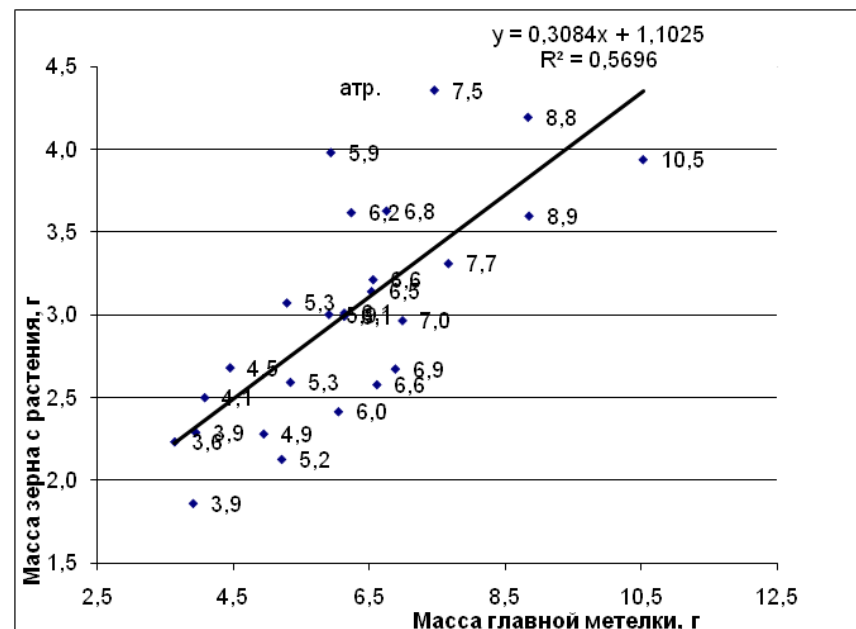
Образец	МП	ДК	ДС	О С/К	Хл К	Хл С	МПи	С	РП	ПП	З
Стрелец	1,04	0,50	0,52	0,96	34,4	38,0	1	1	3	4	2
Гарант	1,06	0,61	3,75	0,16	41,3	43,0	2	2	3	4	4
Лиман	1,08	0,87	5,53	0,16	44,6	46,2	2	2	1	2	2
Ралан	1,11	0,51	2,49	0,20	42,0	43,5	2	2	3	3	2
Павловск	1,12	0,78	0,70	1,12	40,4	46,6	1	1	1	1	1
Приморск	1,13	0,98	2,18	0,45	44,9	45,2	2	3	2	4	2
Снежинка	1,14	0,98	4,00	0,25	40,6	39,0	1	5	5	3	1
Регул	1,15	0,75	2,63	0,28	41,2	43,2	4	2	2	2	2
Атлант	1,17	0,76	3,25	0,23	42,0	41,2	2	2	2	4	3
Хазар	1,20	0,75	3,91	0,19	43,1	43,2	1	1	1	2	1
Новатор	1,22	0,67	2,44	0,28	41,0	43,9	5	2	3	4	4
Лидер	1,23	0,72	2,93	0,25	39,2	40,0	2	2	3	4	4
Изумруд	1,24	0,88	3,02	0,29	40,5	42,0	1	3	3	4	1
Курчанка	1,27	0,96	5,14	0,19	38,4	40,0	3	2	4	4	4
Серпантин	1,33	1,02	4,22	0,24	39,8	41,5	1	3	3	4	2
Аметист	1,35	1,09	5,23	0,21	42,4	42,4	2	3	3	5	3
Янтарь	1,52	1,21	3,60	0,33	42,7	41,8	3	2	1	3	3

Прим. МП – масса проростка (г), ДК – длина корня проростка (см), ДС – длина стебля проростка (см), О С/К – отношение длины стебля к длине корня, Хл К – относительное содержание пигментов в фазу цветения (Хл С – то же при засолении), МПи – ранг по отзывчивости на уровень минерального питания, С – ранг по устойчивости к засолению, РП – ранг по отношению к раннему сроку посева, ПП – ранг по отношению к позднему сроку посева, З – ранг по отношению к загущению.

Таблица 2

Корреляционные связи между признаками, характеризующими морфофизиологические различия сортов риса

	МП	ДК	ДС	Хл К	МПи	С	РП	ПП	З
МП	1								
ДК	0,75	1,00							
ДС	0,39	0,55	1,00						
Хл К	0,13	0,37	0,40	1,00					
МПи	0,22	-0,02	0,07	0,15	1,00				
С	0,17	0,52	0,40	0,19	-0,13	1,00			
РП	-0,07	-0,05	0,15	-0,49	-0,03	0,62	1,00		
ПП	0,26	0,12	0,20	-0,24	0,09	0,34	0,57	1,00	
З	0,24	-0,06	0,24	-0,12	0,61	-0,15	0,21	0,56	1



K-01390	7,5	K-02363	3,6	K-03340	8,9
K-01702	6,6	K-02604	6,9	K-03461	6,5
K-01914	4,5	K-02707	3,9	K-03560	6,1
K-01947	5,9	K-02827	4,1	K-03751	5,3
K-01948	5,3	K-03036	7,7	K-03877	6,8
K-01970	6,0	K-03171	6,1	K-0745	6,6
K-02231	3,9	K-03183	4,9	K-03231	8,8
K-02290	10,5	K-03229	6,2	All Grps	5,9
K-02310	7,0	K-03293	5,2		

Рис. 1. Полиморфизм по генам аттракции и адаптивности

Устойчивость к засолению в фазу проростков и в репродуктивные стадии слабо связаны, поэтому только образцы, объединяющие признаки на обеих фазах, могут быть адаптивны к стрессу в течение вегетационного периода. На втором этапе работы изучали солеустойчивость образцов в репродуктивную фазу. Дисперсионный анализ показал достоверность влияния обоих факторов на признак «масса зерна с растения». Доля влияния фактора «сорт» – 30,8%, засоления – 37,8%, неучтённых факторов – 31,4%.

Проведена оценка генетического полиморфизма систем адаптивности к засолению у российских сортов риса различных групп спелости.

За счёт раннеспелости поступление

солей в ткани растения идёт менее продолжительный период, что обеспечивает сокращение влияния стрессового фактора. Анализ полученных данных показывает, что раннеспелость – один из механизмов устойчивости к засолению российских сортов. Так, раннеспелые сорта снизили продуктивность при засолении на 13,2%, среднеспелые – на 22,6%, позднеспелые – на 32,3%. Однако во всех группах сортов можно выделить как устойчивые, так и неустойчивые к фактору образцы, что подтверждается широким размахом варьирования по признаку.

В репродуктивную фазу основной механизм солеустойчивости – снижение поступления солей в репродуктивные органы, что может достигаться за счёт

накопления солей в нижних отмирающих листьях. Оценить эффективность работы данного механизма можно косвенно по изменению аттракции образца под воздействием стресса. Образцы со сниженным поступлением солей в репродуктивные органы будут в меньшей степени снижать отток пластических веществ из вегетативных в генеративные органы.

Характеристика сортов риса по вкладу генетических систем, определяющих адаптивность растения, представлена на рисунке 1. Лучшие образцы по генам аттракции на контрольном варианте: К-01390, К-01947, К-03229, К-03877.

При засолении по генам аттракции выделяются образцы К-01947, К-02827, К-02604 (рис. 2). Образцы, выделившиеся по генам аттракции в нестрессовых условиях – К-01390, К-03229, К-03877, – уступили вышеперечисленным образцам.

При засолении по генам микрораспределений продуктов фотосинтеза выделяются образцы К-01947, К-03877, К-02290, К-03229, К-03751, К-03231, К-0745. Показана смена рангов у сортов, несущих лучшие полигены аттракции, адаптивности и микрораспределения продуктов фотосинтеза в стрессовых и нестрессовых условиях.

Образцы К-01914, К-02827 могут быть устойчивы за счёт большей толерантности тканей, выведения излишков солей или их компартментализации в вакуолях, так как они несут гены устойчивости к засолению в фазу проростков. Остальные выделенные образцы обладают генами, препятствующими поступлению солей в репродуктивные органы: К-01947, К-02604, К-01390, К-03229, К-2231, К-02734.

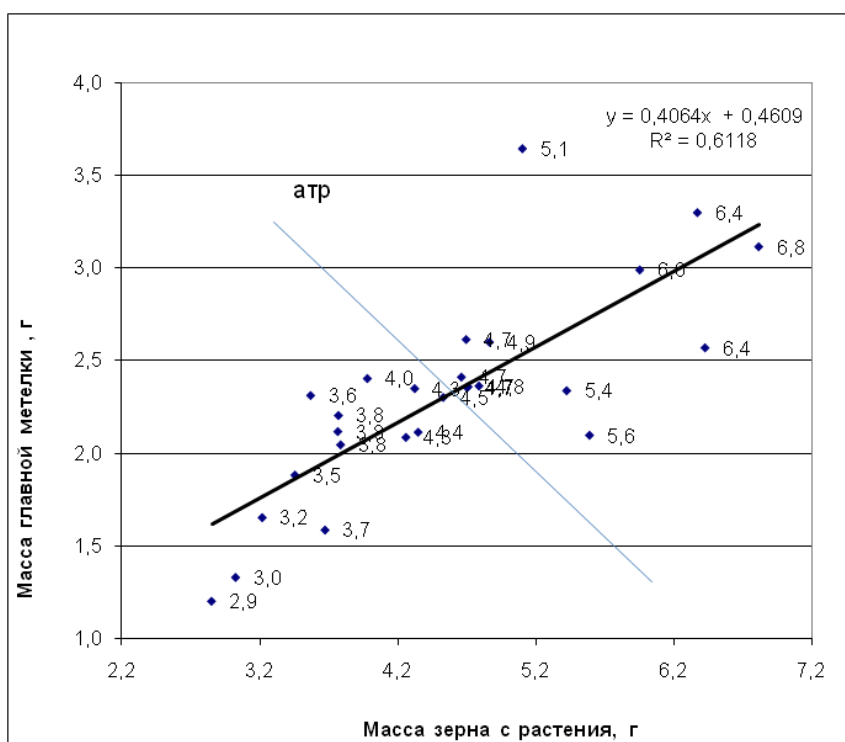
Выводы

В результате исследований установлено, что высокая устойчивость к засолению отечественных сортов риса во многом определяется комплексом неспецифических генов, повышающих адаптивность к абиотическим стрессам. Среди них – гены, определяющие высокую скорость роста на начальных этапах развития, раннеспелость, высокую эффективность использования элементов минерального питания. Источники специфических генов устойчивости к стрессу также были выделены среди российских сортов риса.

Работа поддержана грантом РФФИ №06-04-96705.

Литература

1. Ismail A. M., Heuer S., Thomson M. J., Wissuwa M. Genetic and genomic approaches to develop rice germplasm for problem soils // Plant. Mol. Biol. 2007. P. 1007-1011.
2. Moradi F., Ismail A. M. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS scavenging system to salt stress during seedling and reproductive stages in rice // Ann Bot. 2007. Vol. 99. P. 1161-1173.
3. Moradi F., Ismail A. M., Gregorio G. B., Egdane J. A. Salinity tolerance of rice during reproductive development and association with tolerance at the seedling stage // Ind J Plant Physiol 8. 2003. P. 105-116.
4. Yeo A. R., Yeo M. E., Flowers S. A., Flowers T. J. Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for physiological characters contributing to salinity resistance and their relationship to overall performance // Theor Appl Genet. 1990. Vol. 79. P. 377-384.
5. Peng S., Ismail A. M. Physiological basis of yield and environmental adaptation in rice. In: Nguyen H. T., Blum A. (eds). Physiology and biotechnology integration for plant breeding. Marcel Dekker, New York. 2004. P. 83-140.
6. Singhi R. K., Glenn B., Gregoriol K. [et all]. QTL Mapping for Salinity Tolerance in Rice // Physiol. Mol. Biol. Plant. 2007. Vol.13. P. 87-99.
7. Senadhira D. (ed). Rice and problem soils in South and Southeast Asia // IRRRI Discussion Paper Series No. 4. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 1994. P. 1-2.



К-01390	4,7	К-02363	3,2	К-03293	4,4
К-01702	3,7	К-02604	4,0	К-03340	4,7
К-01914	3,8	К-02707	2,9	К-03461	4,8
К-01947	5,1	К-02734	3,8	К-03560	4,3
К-01948	5,4	К-02827	3,6	К-03751	4,7
К-01970	3,0	К-03036	4,7	К-03877	6,4
К-02231	3,8	К-03171	3,5	К-0745	6,4
К-02290	6,8	К-03183	4,3	К-03231	4,9
К-02310	5,6	К-03229	6,0	All Grps	4,5

Рис. 2. Полиморфизм по генам аттракции и адаптивности при засолении