

Akagi H., Higo K., Shinjyo C., et al. 1997. A rapid PCR-aided selection of a rice line containing the Rf1 gene which is involved in restoration of the cytoplasmic male sterility. *Mol. Breed.*, 3: 195–202.

9. Wang, G.-L., Mackill, D.J., Bonman, J.M., McCouch, S.R. & Nelson, R.J. 1994. RFLP mapping of genes conferring complete and partial resistant to blast in a durably resistant rice cultivar. *Genetics*, 136: 1421–1434.

10. Nandi, S., Subudhi, P.K., Senadhira, D., Manigbas, N.L., Sen-Mandi, S. & Huang, N. 1997. Mapping QTLs for submergence tolerance in rice by AFLP analysis and selective genotyping. *Mol. Gen. Genet.*, 255: 1–8.

11. Xiao, J., Li, J., Grandillo, S., Ahn, S.N., Yuan, L., Tanksley, S.D. & McCouch, S.R. 1998. Identifi-

cation of trait-improving quantitative trait loci alleles from a wild rice relative. *Genetics*, 150: 899–909.

12. Zheng, K., Huang, N., Bennett, J. & Khush, G.S. 1995. PCR-based marker-assisted selection in rice breeding. Manila, Philippines, IRRI, No. 12, 24 pp.

13. Yoshimura, S., Yamanouchi, U., Katayose, Y., Toki, S., Wang, Z.-X., Kono, I., Kurata, N., Yano, M., Iwata, N. & Sasaki, T. 1998. Expression of Xa1, a bacterial blight resistance gene in rice, is induced by bacterial inoculation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 95: 1663–1668.

14. Khush, G. S. & Brar, D.S. 1998. The application of biotechnology to rice. In Ives, C. & Bedford, B. eds. *Agricultural biotechnology in international development*, p. 92–121. Wallingford, UK, CAB International.

УДК 633.16:581.543

ПРЯМАЯ ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Ионова Е.В., Филиппов Е.Г., Полякова Н.Н.
Всероссийский научно-исследовательский институт
зерновых культур им. И.Г. Калининко

В статье проанализирован прямой метод диагностики уровня засухоустойчивости сортов ярового ячменя с использованием модельной засухи вегетационного опыта («засушника»).

Введение. Успех селекции при создании засухоустойчивых сортов во многом зависит от правильной оценки степени устойчивости исходных форм и создаваемых сортов и гибридов.

Объективную оценку устойчивости растений к засухе дают прямые методы, в которых показателем устойчивости является урожай в условиях водного дефицита [1]. Наиболее четко различия в уровне устойчивости проявляются при воздействии экстремального фактора, снижающего продуктивность среднеустойчивых сортов примерно вдвое. Степень напряженности экстремального фактора, при котором проводится определение, может в значительной степени изменить уровень устойчивости сортов.

Определение параметров водообмена в онтогенезе растений способствует выяснению их реакции на неблагоприятные факторы внешней

среды. В процессе роста растения часто подвергаются изменяющимся стрессовым ситуациям, в результате чего расширяются адаптационные возможности организма. Формирование приспособительных свойств связано чаще с количественной стороной метаболических процессов, чем с качественной. Эти изменения носят вначале фенотипический характер, но впоследствии могут стать причиной генетического закрепления полученных организмом новых свойств. Поэтому поиск новых приспособительных свойств организма и является одной из первоочередных задач наших исследований.

Методика. Полевые и вегетационные опыты проводились в лабораториях физиологии и селекции ярового ячменя ВНИИЗК в 2006–2008 гг. Провокационный фон создавали в условиях модельной засухи вегетационного опыта («засушник»). Развитие растений ячменя до 4 фазы (начало формирования колосовых бугорков) проходило в условиях оптимального увлажнения (70% ПВ). Начиная с 4 фазы растения в «засушнике» выращивались в условиях нарастающей засухи.

Результаты. Важным показателем, который необходимо учитывать при оценке уровня засухоустойчивости сортов, это водный баланс растений в утренние часы. Водный дефицит листьев ярового ячменя ранним утром (4 часа), когда происходит наиболее полное восполнение дневных потерь воды, составил в условиях «засушлика» в среднем 12,3 – 44,1% (рис. 1). Высокое значение остаточного водного дефицита отмечено у сортов Ратник (42,3%) и Тонус (44,1%). Причинами увеличения водного дефицита листьев могут являться необратимые нарушения метаболизма в условиях стресса. Высокий уровень адаптивности к водному стрессу отмечен у сортов Мастер (12,3%), Зерноградский 244 (24,8%) и Зерноградский 1265 (27,8%), у этих сортов прирост водного дефицита в условиях опыта по отношению к контролю составил 3,8, 18,5 и 16,5% соответственно.

В целом сортовые различия реакции на водный стресс наблюдались при выращивании растений как в оптимальных, так и в засушливых условиях. Корреляционная связь показателей остаточного водного дефицита растений ярового ячменя с величиной урожайности составила в условиях засухи $r = 0,46$, а в условиях оптимальной водообеспеченности $r = 0,37$.

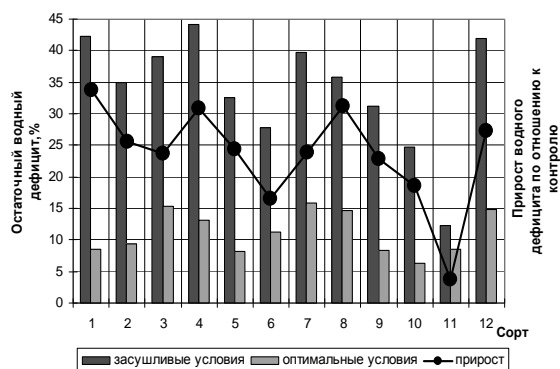


Рис. 1. Водный дефицит растений ярового ячменя при различных условиях выращивания (2006–2008 гг.)

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. Ратник | 7. Приазовский 9 |
| 2. Сокол | 8. Зерноградский 1227 |
| 3. Ясный | 9. Зерноградский 1229 |
| 4. Тонус | 10. Зерноградский 1210 |
| 5. Заветный | 11. Зерноградский 244 |
| 6. Зерноградский 1265 | 12. Мастер |

Устьицам, занимающим не более 1% от общей площади листа, принадлежит большая

роль в происходящих в листе физиологических процессах. Поэтому весьма актуальными являются проводимые исследования по изучению влияния экстремальных условий на устьичный аппарат ярового ячменя в разные периоды онтогенеза.

Изучение влияния слабых и сильных стрессов на устьичный аппарат особенно актуально для определения специфичности реакции различных сортов сельскохозяйственных растений на действие недостатка влаги в почве.

О ксероморфности растений чаще всего судят по числу и длине устьиц или только по числу устьиц [2]. Мы не вполне согласны с такой постановкой вопроса, так как считаем, что необходимо учитывать и ширину открытия устьичной щели. Ширина открытия устьиц варьирует у образцов в пределах от 0,1 до 0,5 мкм. Следует отметить, что и площадь открытия устьичной щели в условиях минимальной стрессовой нагрузки (4 часа утра) изменялась у образцов в пределах от 1,5 до 3,9 мкм² (рис. 2). Низкие значения открытия устьиц отмечены у сортов Ратник (1,5 мкм²) и Зерноградский 1229 (1,6 мкм²).

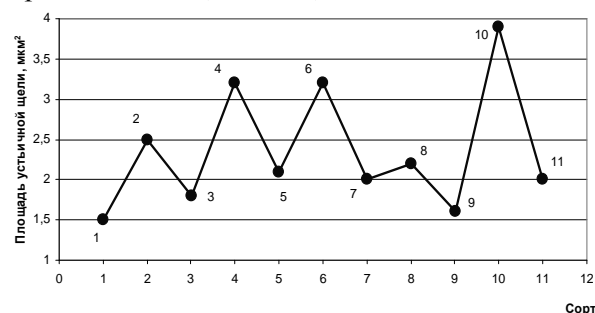


Рис. 2. Величина открытия устьиц листьев ярового ячменя в условиях модельной засухи вегетационного опыта

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Ратник | 7. Приазовский 9 |
| 2. Сокол | 8. Зерноградский 1227 |
| 3. Ясный | 9. Зерноградский 1229 |
| 4. Тонус | 11. Зерноградский 244 |
| 5. Заветный | 12. Мастер |
| 6. Зерноградский 1265 | |

Максимальное открытие устьиц отмечено у сортов Зерноградский 244 (3,9 мкм²), Тонус (3,2 мкм²) и Зерноградский 1265 (3,3 мкм²). Определение величины открытия устьичной щели необходимо производить потому, что простой подсчет количества устьиц на едини-

цу площади листа не отражает, на наш взгляд, в полном объеме уровень ксероморфности сортов (рис. 3).

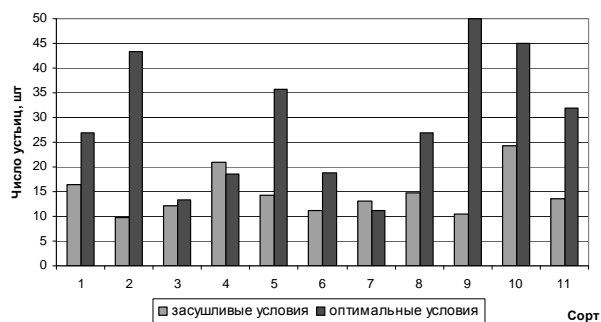


Рис. 3. Уровень ксероморфности листьев ярового ячменя в условиях модельной засухи вегетационного опыта (2006–2008 гг.)

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Ратник | 7. Приазовский 9 |
| 2. Сокол | 8. зерноградский 1227 |
| 3. Ясный | 9. зерноградский 1229 |
| 4. Тонус | 10. зерноградский 244 |
| 5. Заветный | 11. Мастер |
| 6. зерноградский 1265 | |

При определении количества устьиц на единицу площади листа выделились сорта Тонус (21,0 шт./мм²) и зерноградский 244 (24,3 шт./мм²). Минимальное число устьиц среди изучаемых генотипов отмечено у сортов Сокол (9,9 шт./мм²), зерноградский 1229 (10,4 шт./мм²) и зерноградский 1265 (11,3 шт./мм²). Установлено, что высокозасухоустойчивый сорт зерноградский 1265, имея небольшое число устьиц на единицу листовой поверхности, в то же время имел максимальную степень их открытия. Этот факт несомненно оказал положительное влияние на увеличение скорости ассимиляции CO₂ и усиления процессов фотосинтеза, так как одной из составляющих этих процессов является усиление проводимости устьиц.

Корреляционная зависимость величины ксероморфности (число устьиц на единицу площади листа) с урожайностью зерна составила $r = 0,34$, а степень открытия устьица (площадь устьичной щели) с урожайностью зерна $r = 0,66$.

Величина сохранности растений ячменя в «засушнике» по отношению к контролю у большинства сортов отмечена в пределах 77–91%. Исключением является сорт Мастер, у

которого сохранность растений к контролю составила 65%.

Наиболее важным показателем, определяющим реакцию сортов ярового ячменя на недостаток влаги, является величина его продуктивности. Снижение урожайности в условиях засухи складывается из снижения элементов ее структуры (массы зерна с главного колоса, числа зерен с главного колоса, массы 1000 зерен).

Действие засухи в период колошения и налива зерна значительно снизило продуктивность всех изучаемых сортов (см. табл.).

Анализ урожайности и элементов структуры урожая ярового ячменя, выращенного в условиях «засушника», показал, что режимы засухи провокационного фона позволяют более полно характеризовать устойчивость сорта, как в отдельные периоды вегетации, так и за вегетацию в целом.

Результаты, полученные в условиях модельной засухи, подтверждаются данными полевых исследований 2007 и 2008 годов (рис. 4). Сорта, сформировавшие высокий урожай зерна в полевых и в более жестких условиях «засушника» (высокая температура

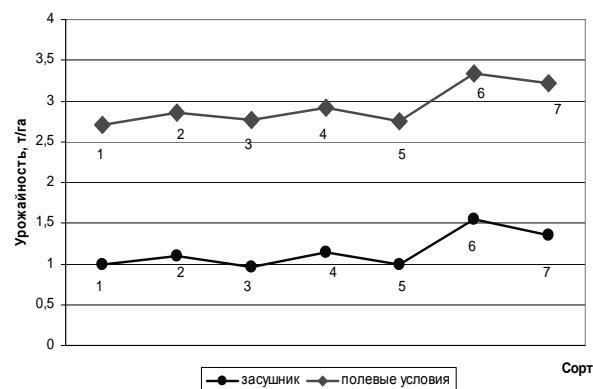


Рис. 4. Урожайность сортов ярового ячменя в условиях модельной засухи («засушник») и в полевых условиях (2007, 2008 гг.)

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Приазовский 9 | 5. зерноградский 1229 |
| 2. зерноградский 244 | 6. зерноградский 1265 |
| 3. зерноградский 1210 | 7. Заветный |
| 4. зерноградский 1227 | |

воздуха и почвенная засуха), оказались и более продуктивными. Сорта зерноградский 1265 и Заветный сформировали на provoca-

ционном фоне 1,55 и 1,35 т/га, а в полевом опыте – 3,34 и 3,22 т/га соответственно, превысив в условиях «засушника» урожай остальных сортов на 0,40–0,59 (Зерноградский 1265) и 0,20–0,39 т/га (Заветный).

Для южных регионов страны, где засуха – частое явление, большое преимущество имеют сорта отечественной селекции, у которых сочетается устойчивость против неблагоприятных факторов среды (функциональная устойчивость) с интенсивным ходом физиологиче-

ских процессов (основой высокой продуктивности). Ярким примером этого утверждения являются сорта селекции ВНИИЗК Заветный и Зерноградский 1265.

Литература

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: ООО «Изд-во Агрорус», 2004. 1109 с.

2. Маймистов В.В. Физиологические основы селекции озимой пшеницы на засухоустойчивость. Краснодар, 2000. 50 с.

СОРТ	Густота продуктивного стеблестоя, шт/м ²		Количество зерен с главного колоса, шт.		Масса зерна с главного колоса, г		Масса 1000 зерен, г		Урожай зерна, г/м ²	
	Опыт*	Контроль**	Опыт*	Контроль**	Опыт*	Контроль**	Опыт*	Контроль**	Опыт*	Контроль**
Ратник	291	355	13,9	14,8	0,37	0,66	26,2	44,8	74,0	199,6
Сокол	295	310	12,4	14,4	0,46	0,75	35	51,5	104,6	177,9
Ясный	358	372	15,8	17,9	0,41	0,81	25,5	44,3	108,4	224,5
Тонус	297	381	14,7	19,3	0,31	0,85	20,9	43,4	84,4	219,2
Заветный	325	429	17,2	18,9	0,43	0,81	24,5	42,3	107,7	278,8
Зерноградский 1265	353	364	14,3	19,3	0,36	0,84	25,6	42,9	121,1	246,2
Приазовский 9	320	465	14,2	15,7	0,37	0,72	25,9	45,6	102,9	263,8
Зерноградский 1227	356	369	15,5	18,8	0,35	0,78	21,7	40,4	108,7	237,5
Зерноградский 1229	367	397	16,6	19,7	0,34	0,78	20,4	40,4	107,5	265,3
Зерноградский 1210	320	360	16,0	18,2	0,39	0,69	24	38,1	95,7	248,4
Зерноградский 244	338	365	13,4	15,4	0,40	0,70	28,3	44,5	110,3	173,7
Мастер	281	338	16,3	28,3	0,39	1,12	22,9	38,7	99,5	207,6
НСР _{0,05}	48	35	4,4	3,0	0,11	0,16			32,0	99,3

Изменение величины элементов структуры и урожайности зерна при различных условиях выращивания (2006–2008 гг.).

* – опыт – засушливые условия

** – контроль – оптимальные условия