

Ответственные за выпуск:

Е. С. Попов — и.о. проректора по научному и инновационному развитию Алтайского государственного университета;

Е. А. Постоева — ведущий инженер сектора организации учебно-исследовательской работы студентов Алтайского государственного университета;

Н. А. Рябчинская — инженер сектора организации учебно-исследовательской работы студентов Алтайского государственного университета

Т 782 Труды молодых ученых Алтайского государственного университета [Текст] : материалы IV региональной молодежной конференции «Мой выбор — НАУКА!», XLIV научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов и учащихся лицейных классов. — Вып. 14. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2017. — 358 с.

ISSN 2307-2628

В сборник включены доклады, представленные на IV региональной молодежной конференции «Мой выбор — НАУКА!», XLIV научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов и учащихся лицейных классов (Барнаул, Алтайский государственный университет, 24–28 апреля 2017 г.). Рассматриваются актуальные проблемы истории, экономики, юриспруденции, физики, математики, политологии, филологии, географии, социологии, биологии, биомедицины, биотехнологии, химии, искусствоведения, педагогики, журналистики, психологии и философии.

ББК 72я431

ISSN 2307-2628

© Оформление. Издательство
Алтайского государственного
университета, 2017

3. Бурлаков М. М., Маховицкий Б. А., Прах А. В., Трошин Л. П., Шутов А. А. Биохимия перспективных столовых сортов и клонов винограда в Красноярском крае // Научный журнал КубГАУ. — 2014. — № 99.

4. ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. — М., 2003.

5. Камзолова О. И. Химический состав ягод винограда в условиях Беларуси // Национальная академия наук Беларуси. Институт плодоводства НАН Беларуси. — 2005. — Т. 17. — Ч. 1.

6. Тихонова М. А., Хардикова С. В. Продуктивность сортов и биохимический состав винограда в условиях степной зоны Южного Урала // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2010. — № 6.

Д. В. Ерещенко, студентка кафедры экологии, биохимии и биотехнологии Алтайского государственного университета

Л. П. Хлебова, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, биохимии и биотехнологии Алтайского государственного университета

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Представлены данные анализа пыльцы восьми образцов яровой твердой пшеницы в условиях осмотического стресса, созданного добавлением 55%-го раствора полиэтиленгликоля 6000 в среду для культивирования. Проведена дифференциация генотипов по уровню выносливости к стресс-фактору. Выделены формы *Triticum durum* Desf., устойчивые к засухе.

Ключевые слова: засуха, осмотический стресс, твердая пшеница, пыльца.

Засуха накладывает существенные ограничения на реализацию потенциальной продуктивности растений, в том числе злаков [1, с. 13]. Например, в условиях Алтайского края при раннелетней засухе 2010 г. недобор урожая твердой пшеницы составил 34%, а при длительной в 2012 г. — до 78%. Сложность решения проблемы в нашем регионе определяется, с одной стороны, широким варьированием времени наступления, длительности и интенсивности воздействия засух на полевые культуры, а с другой — отсутствием надежных критериев для оценки уровня засухоустойчивости генотипов. В связи с этим поиск новых методов адекватной оценки данного признака, в том числе лабораторных, является одной из актуальных задач современной агробиологии.

Засухоустойчивость — комплексный признак, который обеспечивается разнообразными механизмами толерантности, среди которых одним из ведущих является осмотическая адаптация (ОА), реализуемая за счет накопления в клетке осмотически активных веществ — осмолитов. Это обуславливает снижение водного потенциала, высокую водоудерживающую способность цитоплазмы и сохранение тургора [2, с. 4]. Наиболее распространенные методические приемы оценки осморегуляции осуществляются с использованием семян и листьев растений. Однако осмотическая адаптация проявляется во всех клетках организма, в том числе и пыльцевых зернах. К настоящему моменту на разных культурах установлено, что до 72% структурных генов спорофита экспрессируются на уровне гаметофита, тем самым обеспечивая проявление рецессивных призна-

ков у гетерозигот, что облегчает отбор полезных генов [3, с. 211]. Доступность пыльцы для визуальной оценки ее реакции на воздействие факторов окружающей среды, гаплоидный геном и возможность проработать выборки из множества гамет позволяют проводить раннюю оценку селекционных образцов, даже на уровне одного растения. Данный подход значительно сокращает время оценки большого числа генотипов для выделения среди них редких и устойчивых.

Целью исследования явилась оценка возможности использования данных пыльцевого анализа для дифференциации генотипов яровой твердой пшеницы по устойчивости к осмотическому стрессу и дальнейшего их включения в селекционный процесс для создания засухоустойчивых сортов.

Объектами исследования служили восемь образцов твердой пшеницы различного эколого-географического происхождения из коллекции Алтайского НИИ сельского хозяйства: Омская степная, Жемчужина Сибири, Безенчукская 210, Солнечная 573, Оазис, Памяти Янченко, 12S1–14, 12S2–24. Образцы выращивали на стационаре лаборатории селекции твердой пшеницы по стандартным методикам в полевых условиях 2016 г. Механизмы осмотической адаптации оценивали в лабораторных условиях *in vitro* с использованием пыльцы, подверженной разным уровням осмотического стресса. Для этого непосредственно перед началом эксперимента свежесрезанные колосья доставляли в лабораторию. Засуху моделировали путем добавления к среде культивирования высокомолекулярного осмотического агента — полиэтиленгликоля (PEG 6000). Плазмолитические явления оценивали по изменению площади цитоплазмы путем сканирования поверхности пыльцы с использованием программы SellensStandard на микроскопе Olympus BX-S1 при увеличении $10 \times 15 \times 40$. Учитывали следующие параметры: Б — проекция площади цитоплазмы пыльцевого зерна в условиях осмотического стресса (55% PEG 6000); С — проекция площади цитоплазмы пыльцевого зерна в условиях осмотического стресса (55% PEG 6000) с добавлением в качестве осмолита 10 мМоль KCl. Контролем служил вариант с использованием 30%-го раствора PEG 6000 (А). Объем материала составил 200 клеток на генотип в четырех повторениях [4, с. 45]. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и регрессионного анализов в программе Microsoft Excel 2010. Достоверность различия средних значений оценивали критерием НСР на 5%-м уровне значимости.

Данные таблицы 1 демонстрируют, что площадь цитоплазмы пыльцевых зерен твердой пшеницы, подвергшихся различным уровням осмотического стресса, дифференцируется в зависимости от генотипа, что подтверждает двухфакторный дисперсионный анализ ($F_{факт} = 11,69 > F_{табл.} = 2,76$). Несмотря на относительно большие стандартные отклонения, рассчитанные для изученных форм, которые свидетельствуют о высокой изменчивости площади пыльцевых зерен, очевидно, что сорта по-разному реагировали на применение осмотического стресса. Так, у двух образцов — Жемчужина Сибири и Памяти Янченко — площадь цитоплазмы после погружения в 55%-й PEG не менялась, у четырех — увеличивалась (Безенчукская 210, Омская степная, Оазис, Солнечная 573), в то время как у остальных (12S1–14 и 12S2–24) — снижалась более чем на 10%. При добавлении в 55%-й PEG осмолита — хлорида калия происходило снижение тургора клеток до исходных размеров у Безенчукской 210. У четырех образцов (Памяти Янченко, Жемчужина Сибири, 12S1–14 и 12S2–24) площадь цитоплазмы сохранялась на прежнем уровне, а у сорта Оазис присутствие осмолита способствовало увеличению площади цитоплазмы пыльцы.

Представленные данные позволяют предположить, что разные сорта могут использовать разные типы осмотической адаптации, с различным уровнем вовлеченности неорганических катионов. С целью идентификации механизмов осмотической адаптации были использованы различные соотношения параметров площади пыльцы, инкубированной в различающихся условиях стресса. Реакцию изменения тургора клеток, индуцированную 55%-й концентрацией ПЭГ (Б/А), можно рассматривать как «внутреннее» осмотиче-

ское регулирование, обеспеченное внутренней мобилизацией осмотически активных веществ. В то время как ответ на экзогенное добавление осмолитов свидетельствует об «индуцированной» осмотической адаптации (С/Б), т. е. их поступлении из окружающей среды. Таким образом, общая ОА к стрессу (С/А) складывается из внутренней и индуцированной.

Таблица 1

Площадь пыльца яровой твердой пшеницы в условиях осмотического стресса *in vitro*, μm^2

Генотип	30% PEG (А)	55% PEG (Б)	55% PEG + 10 μM KCl (С)
Солнечная 573	56 824,5 \pm 4467,5	60 323,3 \pm 3019,3	56 036,9 \pm 723,2
Памяти Янченко	55 861,8 \pm 2198,2	56 305,4 \pm 4452,7	56 489,5 \pm 507,7
Безенчукская 210	55с595,2 \pm 832,7	64 724,6 \pm 9801,9	56 042,1 \pm 128,2
Оазис	50 342,3 \pm 533,6	54 818,4 \pm 726,9	57 016,5 \pm 626,3
Жемчужина Сибири	50с206,3 \pm 2328,9	50с268,1 \pm 838,0	51 399,2 \pm 395,4
Омская степная	48 386,3 \pm 553,3	54 114,9 \pm 355,0	51 082,2 \pm 606,9
1252–24	46 364,3 \pm 534,3	40 386,3 \pm 1013,3	40 956,2 \pm 2021,2
1251–14	45 943,3 \pm 423,3	41 869,3 \pm 343,3	40 023,3 \pm 335,8
НСР	7220,9	12 946,8	1596,8

В таблице 2 представлены указанные параметры, рассчитанные для каждого образца. Установлены статистически значимые различия между генотипами по различным видам осмотического регулирования. Например, пределы варьирования внутренней адаптации составили от 0,871 до 1,164 в зависимости от образца. Индуцированная и общая адаптивность характеризовались несколько меньшей вариабельностью — до 20%. Парное сравнение различных типов осмотической регуляции путем регрессионного анализа показало отсутствие корреляции между общей и индуцированной адаптацией. В результате у 60% образцов, обладающих общей адаптацией, отсутствовала индуцированная, что предполагает вовлечение иного механизма стрессоустойчивости. Сравнение внутренней и общей адаптации выявило высокий уровень корреляции, что подтверждается коэффициентом детерминации, равным 58%. При этом наличие общей адаптивности, как правило, сопровождалось присутствием механизма внутренней адаптации, что свидетельствует о его преобладании при формировании признака засухоустойчивости у изученных образцов.

Таблица 2

Соотношение различных параметров площади пыльца яровой твердой пшеницы в условиях осмотического стресса *in vitro*

Генотип	Типы осмотической адаптации		
	внутренняя ОА (Б/А)	индуцированная ОА (С/Б)	общая ОА (С/А)
Bezenchukskaya 210	1,164	0,866	1,008
Omskaya stepnaya	1,118	0,944	1,056
Solnechnaya 573	1,062	0,929	0,986
Oazis	1,089	1,041	1,133
Pamyati Yanchenko	1,008	1,003	1,011
Zhemchuzhina Sibiri	1,001	1,023	1,024
1251–14	0,911	0,956	0,871
1252–24	0,871	1,014	0,883

Таким образом, у генотипов Солнечная 573, Омская степная, Безенчукская 210 внутренняя осмотическая адаптация превалирует над индуцированной. У сортов Оазис, Памяти Янченко, Жемчужина Сибири присутствуют оба типа адаптации. У образца 12S2-24 выявлена только индуцированная ОА, а линия 12S1-14 оказалась неустойчивой к действию осмотического стресса. Основываясь на вышеизложенном, можно заключить, что внутренняя адаптация у изученных генотипов твердой пшеницы вносит решающий вклад в формирование механизмов общей адаптации. Индуцированная осмотическая адаптация, основанная на экспрессии генов, регулирующих транспорт внешних осмолитов, слабо задействованная в представленном материале, может служить резервом для повышения засухоустойчивости местных сортов. Поиск источников индуцированной осмотической регуляции и их вовлечение в селекционный процесс можно рассматривать как один из путей селекции пшеницы на устойчивость к засухе.

Библиографический список

1. Passioura J. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives // J Exp Bot. — 2007. — No. 58 (2).
2. Blum A. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production // Plant, Cell and Environment. — 2017. — No. 40.
3. Totsky I. V., Lyakh V. A. Pollen selection for drought tolerance in sunflower // Helia. — 2015. — No. 38 (63).
4. David M. Pollen grain expression of intrinsic and osmolyte induced osmotic adjustment in a set of wheat cultivars // Romanian agricultural research. — 2012. — No. 29.

В. А. Конарев, студент кафедры ботаники Алтайского государственного университета.

Научный руководитель — А. И. Шмаков, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники Алтайского государственного университета, директор Южно-Сибирского ботанического сада

АКТИВНОСТЬ РЕТРОТРАНСПОЗОНА СЕМЕЙСТВА *Ty1-COPIA* В *SOLANUM LYCOPERSICUM* L.

Представлены данные по обнаружению активности ретротранспозона семейства *Ty1-copia* в *Solanum lycopersicum* L. Обсуждаются пути выявления ретротранспозона к определенной систематической группе на уровне типа ретротранспозона и возможное влияние на фенотип и генотип растений. Дается краткий обзор основных классов мобильных генетических элементов, имеющих в растениях.

Ключевые слова: мобильные генетические элементы, ретротранспозоны, *Solanum lycopersicum*, активные ретротранспозоны, семейство *Ty1-copia*.

Мобильные генетические элементы — это фрагменты ДНК, обладающие способностью к перемещению в пределах генома. Часто это приводит к дупликации их фрагментов или к вырезанию и изменению дислокации внутри генома. При изучении генома всех живых организмов было отмечено, что мобильные генетические элементы зачастую составляют большую его часть. Поскольку элементы в большинстве случаев не кодируют какие-либо необходимые для организма белки, ранние исследователи включали их в состав так называемой «мусорной» ДНК. И возможно, их наличие создает парадокс С — отсутствие корреляции между физическими размерами гено-