

При оценке биохимических качеств зерна отобранных образцов ячменя было выделено два образца с повышенным содержанием белка (15,18–15,73 % сухой массы) и восемь образцов имеющих несколько сниженное содержание белка (13,44–14,41 % сухой массы), которое не отличалось от содержания белка у родительского сорта Танай (13,62 % сухой массы). По содержанию крахмала все изученные образцы не отличались от сорта Танай.

Финансирование: работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-76-10024.

Список литературы

- 1 von Wettstein D. From analysis of mutants to genetic engineering // Annual Review of Plant Biology. 2007. V. 58. P. 1–19. DOI 10.1146/annurev.arplant.58.032806.104003.
- 2 Yu D, Huang T, Tian B, Zhan J. Advances in Biosynthesis and Biological Functions of Proanthocyanidins in Horticultural Plants // Foods. 2020. V. 9. I. 12. 1774. DOI 10.3390/foods9121774
- 3 Lam L.P.Y., Wang L., Lui A.C.V., Liu H., Umezawa T., Tobimatsu Y., Lo C. Flavonoids in major cereal grasses: distribution, functions, biosynthesis, and applications // Phytochemistry Reviews. 2023. V. 22. P. 1399–1438. DOI 10.1007/s11101-023-09873-0
- 4 Himi E. et al. *Ant28* gene for proanthocyanidin synthesis encoding the R2R3 MYB domain protein (Hvmyb10) highly affects grain dormancy in barley // Euphytica. 2012. V. 188. I. 1. P. 141–151. DOI 10.1007/s10681-011-0552-5
- 5 Himi E., Taketa S. Barley *Ant17*, encoding flavanone 3-hydroxylase (F3H), is a promising target locus for attaining anthocyanin/proanthocyanidin-free plants without pleiotropic reduction of grain dormancy // Genome. 2015. V. 58. P. 43–53. DOI 10.1139/gen-2014-0189

DOI 10.18699/GPB2024-92

Изучение variability генов липоксигеназы у отечественных сортов твердой пшеницы

Трифонов А.А.^{1*}, к.б.н., н.с.; Борис К.В.¹, к.б.н., с.н.с.; Мальчиков П.Н.², д.с.-х.н., г.н.с.; Кудрявцев А.М.¹, д.б.н., зав. лаб.

¹ФГБУН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

²Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова – филиал ФГБУН Самарского Федерального исследовательского центра РАН, Безенчук, Самарская область, Россия

*email: aichka89@mail.ru

Проведено изучение полиморфизма генов липоксигеназы (*Lrx-B1.1*, *Lrx-B1.2* и *Lrx-B1.3*), участвующих в процессе окисления каротиноидов, у 38 отечественных сортов яровой твердой пшеницы с помощью трех молекулярных маркеров. Показано, что в изученной коллекции наиболее распространен гаплотип II, ассоциированный со средним уровнем активности липоксигеназы, при этом у четырех сортов отмечен нежелательный для селекции гаплотип I, а наиболее ценный для селекции гаплотип III не выявлен.

Ключевые слова: твердая пшеница, молекулярные маркеры, каротиноиды, липоксигеназа.

Lipoxygenase genes polymorphism in Russian durum wheat cultivars

Trifonova A.A.^{1*}, Boris K.V.¹, Malchikov P.N.², Kudryavtsev A.M.¹

¹Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow, Russia

²Samara Scientific Research Agriculture Institute named after N.M. Tulajkov – Samara Federal Research Scientific Center of the RAS, Bezenchuk, Samara region, Russia

*email: aichka89@mail.ru

The analysis of 38 Russian spring durum wheat cultivars using three molecular markers of lipoxygenase genes (Lpx-B1.1, Lpx-B1.2 and Lpx-B1.3) involved in oxidative degradation of carotenoids was performed. It was shown that haplotype II, associated with intermediate level of lipoxygenase activity, was the most common in the studied collection. The undesirable for breeding haplotype I was identified in four cultivars, while the most valuable for breeding haplotype III was not detected in the studied collection.

Key words: durum wheat, molecular markers, carotenoids, lipoxygenase.

Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – это важная зерновая культура, используемая в основном для производства макаронных изделий (пасты), а также круп.

Среди всех показателей качества зерна твердой пшеницы (стекловидность, содержание белка, глютена и т.д.) важную роль играет индекс желтизны. Этот параметр напрямую связан с содержанием желтых пигментов (в основном каротиноидов) в зерне и уровнем их деградации в процессе переработки и определяет классический желтый цвет макаронных изделий [1].

Основным ферментом, приводящим к деградации каротиноидов, является липоксигеназа (LOX). Высокая активность этого фермента приводит к обесцвечиванию конечных продуктов, получаемых из зерна твердой пшеницы [1]. У *T. durum* локус *Lpx-B1*, расположенный на коротком плече хромосомы 4В и включающий три гена *Lpx-B1.1*, *Lpx-B1.2* и *Lpx-B1.3*, определяет 36–54 % активности фермента [2]. Было показано, что различные сочетания этих генов и их аллельных вариантов ассоциированы с разным уровнем активности липоксигеназы и разработаны молекулярные маркеры для их идентификации [2, 3]. Однако для изучения и оценки отечественного генофонда твердой пшеницы данные маркеры не применялись.

Целью работы был анализ полиморфизма генов липоксигеназы *Lpx-B1.1*, *Lpx-B1.2* и *Lpx-B1.3* у отечественных сортов твердой пшеницы, и выявление среди изученных образцов генотипов, несущих гены/аллельные варианты, ассоциированные с низким уровнем липоксигеназной активности, для использования в селекции новых сортов пшеницы с высокими показателями индекса желтизны.

В анализ было взято 38 отечественных и два зарубежных сорта яровой твердой

пшеницы, предоставленных Самарским Федеральным Исследовательским Центром РАН. ДНК выделяли из свежих проростков с использованием набора FastPure Plant DNA Isolation Mini Kit (Nanjing Vazyme Biotech Co), согласно инструкции производителя. Анализ аллельного состояния гена *Lpx-B1.1* проводили согласно протоколу A. Verlotta с соавторами (2010). Идентификацию генов *Lpx-B1.2* и *Lpx-B1.3* проводили по протоколу R. Parada с соавторами (2020).

Результаты анализа 40 образцов яровой твердой пшеницы представлены в Таблице. В исследуемой выборке было выявлено два аллельных варианта гена *Lpx-B1.1*: *Lpx-B1.1a* и *Lpx-B1.1b*. При этом наиболее часто встречался аллель *Lpx-B1.1a*, идентифицированный у 36 сортов, а аллель *Lpx-B1.1b* был найден только у четырех образцов (см. таблицу). Аллельный вариант *Lpx-B1.1c*, связанный с низким уровнем липоксигеназной активности, в исследуемой выборке не выявлен. У 35 сортов было показано наличие гена *Lpx-B1.2*, а ген *Lpx-B1.3* был идентифицирован только у пяти сортов (см. таблицу).

Данные о полиморфизме сортов яровой твердой пшеницы по маркерам генов липоксигеназы

№	Сорт	Аллель гена <i>Lpx-B1.1</i>	Ген <i>Lpx-B1.2</i> / <i>Lpx-B1.3</i>	Гаплотип
1	Алтайская нива*	<i>a</i>	1.3	V
2	Алтайский янтарь*	<i>a</i>	1.2	II
3	Аннушка	<i>a</i>	1.2	II
4	Безенчукская 139*	<i>a</i>	1.2	II
5	Безенчукская 205	<i>a</i>	1.2	II
6	Безенчукская 209	<i>a</i>	1.2	II
7	Безенчукская 210	<i>a</i>	1.2	II
8	Безенчукская золотистая	<i>b</i>	1.3	I
9	Безенчукская крепость	<i>a</i>	1.2	II
10	Безенчукская Нива	<i>a</i>	1.2	II
11	Безенчукская степная	<i>a</i>	1.2	II
12	Безенчукская юбилейная	<i>a</i>	1.2	II
13	Безенчукский подарок	<i>b</i>	1.3	I
14	Безенчукский вектор*	<i>b</i>	1.3	I
15	Бурбон	<i>a</i>	1.2	II
16	Валентина	<i>a</i>	1.2	II
17	Вольнодонская	<i>a</i>	1.2	II
18	Галла*	<i>a</i>	1.2	II
19	Донская элегия	<i>a</i>	1.2	II
20	Жемчужина Сибири	<i>a</i>	1.2	II
21	Золотая*	<i>a</i>	1.2	II
22	Краснокутка 13	<i>a</i>	1.2	II
23	Луч 25	<i>a</i>	1.2	II
24	Марина	<i>a</i>	1.2	II
25	Николаша	<i>a</i>	1.2	II
26	Оазис	<i>a</i>	1.2	II
27	Омский изумруд	<i>a</i>	1.2	II
28	Памяти Чеховича*	<i>b</i>	1.3	I

29	Памяти Янченко	<i>a</i>	1.2	II
30	Сладуница*	<i>a</i>	1.2	II
31	Салют Алтай	<i>a</i>	1.2	II
32	Саратовская золотистая	<i>a</i>	1.2	II
33	СИ Атланте	<i>a</i>	1.2	II
34	Таганрог	<i>a</i>	1.2	II
35	Тессадур	<i>a</i>	1.2	II
36	Триада	<i>a</i>	1.2	II
37	Харьковская 46	<i>a</i>	1.2	II
38	Ядрица	<i>a</i>	1.2	II
39	Ярина	<i>a</i>	1.2	II
40	Ясенка	<i>a</i>	1.2	II

*не включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

Ранее для твердой пшеницы было выявлено пять гаплотипов локуса *Lpx-B1* (сочетаний одного из аллелей гена *Lpx-B1.1* и одного из генов *Lpx-B1.2* или *Lpx-B1.3*), связанных с низкой (III) или высокой/средней (I, II, IV, V) липоксигеназной активностью [2, 3]. В изученной нами выборке были выявлены гаплотипы I (*Lpx-B1.1b* и *Lpx-B1.3*), II (*Lpx-B1.1a* и *Lpx-B1.2*) и V (*Lpx-B1.1a* и *Lpx-B1.3*) (см. таблицу). При этом преобладал гаплотип II, который был идентифицирован у 35 образцов. Ранее при исследовании средиземноморских сортов твердой пшеницы также была отмечена достаточно большая частота встречаемости данного гаплотипа [3]. У четырех проанализированных образцов (Безенчукская золотистая, Безенчукский подарок, Безенчукский вектор и Памяти Чеховича) идентифицирован гаплотип I, ассоциированный с высоким уровнем активности липоксигеназы. В зарубежных исследованиях данный гаплотип присутствовал преимущественно в образцах периода селекции до 1970-х годов и сортах народной селекции, а в современных сортах практически не встречался [2, 3]. Гаплотип V, ранее выявленный у зарубежных сортов твердой пшеницы народной селекции [2], в изученной выборке найден только у сорта Алтайская нива. Наиболее ценный для селекции гаплотип III (*Lpx-B1.1c* и *Lpx-B1.2*) в изученной выборке не идентифицирован. При этом среди современных зарубежных сортов отмечена достаточно высокая доля данного гаплотипа [3].

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-76-01079.

Список литературы

- 1 Colasuonno P., Marcotuli I., Blanco A., Maccaferri M., Condorelli G.E., Tuberosa R., Parada R., de Camargo A.C., Schwember A.R., Gadaleta A. Carotenoid Pigment Content in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*): An Overview of Quantitative Trait Loci and Candidate Genes. // Front. Plant Sci. 2019. V. 10. P. 1347.
- 2 Parada R., Royo C., Gadaleta A., Colasuonno P., Marcotuli I., Matus I., Castillo D., De Camargo A.C., Araya-Flores J., Villegas D., Schwember, A. R. Phytoene synthase 1 (*Psy-1*) and lipoxygenase 1 (*Lpx-1*) genes influence on semolina yellowness in wheat mediterranean germplasm.

// International Journal of Molecular Sciences. 2020. V. 21. № 13. P. 4669.

- 3 Verlotta A., De Simone V., Mastrangelo A.M., Cattivelli L., Papa R., Trono D. Insight into durum wheat *Lpx-B1*: a small gene family coding for the lipoxygenase responsible for carotenoid bleaching in mature grains. // BMC Plant Biology. 2010. V.10. № 1. P.1–18.

DOI 10.18699/GPB2024-93

Источники засухоустойчивости для создания сортов овса и ячменя в условиях Северного Зауралья

Фомина М.Н. *, к. с.-х. н., в.н.с.; Иванова Ю.С. **, к. с.-х. н., н.с.; Брагина М.В., м.н.с.

Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

* email: maria_f72@mail.ru; ** email: averyasova-uliy@mail.ru

Дана сравнительная оценка коллекционных образцов овса (194 шт.) и ячменя (145 шт.) в контрастных условиях (2021 г. – засуха; 2022 г. – благоприятный). Выделены перспективные источники засухоустойчивости для селекции зернофуражных культур в условиях Северного Зауралья. Среди коллекционных образцов овса это: Горпина (Ленинградская область), Гунтер (Кировская область), Аркан (Украина), Doron (Великобритания), AC Mustang (Канада). В коллекции ячменя засухоустойчивостью отличались: Ворсинский 2, Агат (Алтайский край); Медикум 108, Медикум 11 (Казахстан), а также отдельные образцы из Беларуси, Украины и Чехии.

Ключевые слова: овес, ячмень, источник, коллекционный образец, сорт, засухоустойчивость.

Sources of drought resistance for the creation of oat and barley varieties in the conditions of the Northern Urals

Fomina M.N. *, Ivanova Y.S. **, Bragina M.V.

Tyumen Scientific Centre SB RAS.

* email: maria_f72@mail.ru; ** email: averyasova-uliy@mail.ru

Comparative assessment of the collection samples of oats (194 pcs.) and barley (145 pcs.) in contrasting conditions (2021 – drought; 2022 – favorable) is given. Promising sources of drought resistance for the breeding of grain crops in the conditions of the Northern Trans-Urals have been identified. Among the collection samples of oats are: Gorpina (Leningrad region), Hunter (Kirov region), Arkan (Ukraine), Doron (Great Britain), AC Mustang (Canada). In the barley collection, drought resistance was different: Vorsinsky 2, Agate (Altai Territory); Medicum 108, Medicum 11 (Kazakhstan), as well as individual samples from Belarus, Ukraine and the Czech Republic.

Keywords: oats, barley, source, collection sample, variety, drought resistance.