

Для фенотипирования колосьев пшеницы в нашем коллективе были разработаны методы фенотипирования на основе анализа двумерных изображений [1]. Эти методы были использованы для оценки параметров колосьев пяти видов гексаплоидных пшениц. Результаты позволили определить достоверное межвидовое различие по ряду характеристик колоса. Проведено сравнение геометрических характеристик колоса у тетраплоидных и гексаплоидных видов [2].

Другим направлением исследования является использования цифровых изображений методов глубокого машинного обучения. Такие методы позволяют определять наличие опушения чешуй на изображении колосьев [3], производить подсчет колосков и классификацию колосьев по плоидности растения (диплоидные, тетраплоидные и гексаплоидные).

Разработанные могут быть использованы для извлечения характеристик колосьев для описания растений из генетических коллекций в базах данных [4].

Финансирование: Работа выполнена при поддержке РНФ, проект 23-14-00150.

Список литературы

- 1 Genaev M.A. et al. Morphometry of the Wheat Spike by Analyzing 2D Images // Agronomy. 2019. V. 9. № 7. P.390.
- 2 Пронозин А. Ю. и соавт. Автоматическое фенотипирование морфологии колоса тетра-и гексаплоидных видов пшеницы методами компьютерного зрения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т.25. С. 71-81.
- 3 Artemenko N.V. et al. Image-based classification of wheat spikes by glume pubescence using convolutional neural networks // Front. Plant Sci. 2024. V.14. P. 1336192.
- 4 Генаев М.А. и соавт. SpikeDroidDB – информационная система для аннотации морфометрических характеристик колоса пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т.22. С.132-140.

DOI 10.18699/GPB2024-08

Поиск локусов и генов-кандидатов, ассоциированных с окраской и предуборочным прорастанием зерна у краснозерной озимой мягкой пшеницы

*Афонникова С.Д.**, магистрант; *Киселёва А.А.*, к.б.н., с.н.с.; *Федяева А.В.*, к.б.н., н.с.; *Комышев Е.Г.*, к.б.н., н.с.; *Афонников Д.А.*, д.б.н., в.н.с.; *Салина Е.А.*, д.б.н., г.н.с.

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

**email: afonnikovasvetlana@yandex.ru*

Краснозерная пшеница обычно более устойчива к предуборочному прорастанию по сравнению с белозерной. Тем не менее и среди краснозерных сортов наблюдается широкая изменчивость как по устойчивости к предуборочному

прорастанию, так и по окраске зерна. С помощью полногеномного анализа ассоциаций нам удалось выявить новые локусы, которые объясняют большую долю изменчивости изучаемых признаков: индекс прорастания на молочной/восковой стадии созревания зерна, а также светлота, краснота и синева зерна. Внутри выявленных локусов, ассоциированных с окраской зерна, мы обнаружили два гена-кандидата: один участвует в биосинтезе флавоноидов, другой – в биосинтезе каротиноидов. Наиболее перспективным геном-кандидатом для формирования устойчивости к предуборочному прорастанию является ген, связанный с морфогенезом алейронового слоя зерна.

Ключевые слова: окраска зерна, предуборочное прорастание, анализ ассоциаций, краснозерная пшеница.

Identification of loci and candidate genes responsible for pre-harvest sprouting and grain color in red-grained common winter wheat

Afonnikova S.D., Kiseleva A.A., Fedyaeva A.V., Komyshev E.G., Afonnikov D.A., Salina E.A.*

Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

**email: afonnikovasvetlana@yandex.ru*

Red-grained wheat is generally more resistant to preharvest sprouting (PHS) than white-grained wheat. However, there is also variation among red-grained varieties in both PHS resistance and grain color. Here, using genome-wide association analysis, we were able to identify novel loci that explain a relatively large proportion of variability in these traits. Among them, we found two candidate genes affecting grain color: the first one is involved in flavonoid biosynthesis and the second participates in carotenoid biosynthesis pathway. The most promising candidate gene for the formation of PHS resistance is the gene associated with the morphogenesis of the aleurone layer of the grain.

Keywords: winter wheat, red grain wheat, grain color, pre-harvest sprouting, association analysis.

Устойчивость к предуборочному прорастанию влияет на качество конечного продукта и урожайность в целом [4]. Известно, что у злаков, в том числе и у гексаплоидной пшеницы, краснозерные сорта более устойчивы к предуборочному прорастанию по сравнению с белозерными [1, 3].

Гены *R-1*, расположенные на хромосомах пшеницы 3A, 3B и 3D, отвечают за отличие белозерной пшеницы от краснозерной. Белый цвет зерна обусловлен наличием рецессивных аллелей, *R-A1a*, *R-B1a* и *R-D1a*. Для формирования красной окраски зерна и усиления устойчивости к предуборочному прорастанию до-

статочного одного доминантного аллеля *R-1b*. Гены *R-1* кодируют факторы транскрипции MYB10, которые участвуют в биосинтезе флавоноидов и сигнальном пути абсцизовой кислоты [3]. Однако среди краснозерных сортов встречается широкая изменчивость по устойчивости к предуборочному прорастанию, что говорит о наличии других генетических механизмов, обуславливающих данный признак. Более того, особенности окраски красной пшеницы и гены, лежащие в основе формирования этой неоднородности цвета, недостаточно исследованы.

В данной работе мы использовали панель генотипов краснозерной озимой пшеницы, которые проявляли различную устойчивость к предуборочному прорастанию. Предуборочное прорастание зерна было оценено следующими методами: число падения и индекс прорастания на молочной/восковой стадии созревания и на стадии полной зрелости [2, 5]. Наша цель заключалась в изучении взаимосвязи между вариациями окраски красного зерна, описанными методом цифрового анализа изображений, и характеристиками предуборочного прорастания, а также в выявлении новых локусов и генов, связанных с этими признаками.

Маркеры, ассоциированные с характеристиками предуборочного прорастания, были обнаружены на хромосомах 1A, 1B, 1D, 3A, 4A, 5B, 6B и 7D. В частности, маркеры *AX-95172164* (хромосома 1B) и *AX-158544327* (хромосома 7D) объясняли большую часть фенотипической изменчивости (до 25,3 %), что указывает на возможность их использования в маркер-опосредованной селекции для повышения устойчивости к предуборочному прорастанию. 26 маркеров (расположены на хромосомах 1A, 1B, 1D, 2A, 2B, 3B, 5A, 6A и 7D) были статистически значимо связаны с цветом зерна, причем большинство из них были ассоциированы сразу с несколькими характеристиками цвета.

В границах выявленных локусов были идентифицированы несколько генов, которые могут быть связаны с формированием исследуемых признаков. Наиболее перспективным геном-кандидатом на устойчивость к предуборочному прорастанию оказался *TraesCS6B02G147900*, кодирующий белок, участвующий в морфогенезе алейронового слоя. Для окраски зерна было определено два перспективных ген-кандидата. *TraesCS1D03G0758600* расположен на хромосоме 1D и кодирует флавонол-синтазу, регулирующую соотношение бесцветных флавонолов и цветных пигментов. Ген *TraesCS7B03G1296800*, расположенный на хромосоме 7B, кодирует 15-цис-фитоен-синтазу, контролирующую накопление желтых и оранжевых каротиноидов.

В заключение следует отметить, что наше исследование выявило новые локусы, ассоциированные с окраской зерна и индексом прорастания на молочной/восковой стадии созревания.

Финансирование: Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ проекта № 21-76-30003.

Список литературы

- 1 Gfeller F., Svejda F. Inheritance of post-harvest seed dormancy and kernel colour in spring wheat lines // Canadian Journal of Plant Science. 1960. № 1 (40). P. 1–6.
- 2 Hagberg S. A Rapid Method for Determining Alpha-Amylase Activity // Cereal Chemistry. 1960. (37). P. 218–222.
- 3 Himi E. Effect of grain colour gene (R) on grain dormancy and sensitivity of the embryo to abscisic acid (ABA) in wheat // Journal of Experimental Botany. 2002. № 374(53). P. 1569–1574.
- 4 Moot D.J., Every D. A comparison of bread baking, falling number, α -amylase assay and visual method for the assessment of pre-harvest sprouting in wheat // Journal of Cereal Science. 1990. № 3 (11). P. 225–234.
- 5 Walker-Simmons M. Enhancement of ABA responsiveness in wheat embryos by high temperature // Plant, Cell & Environment. 1988. № 8 (11). P. 769–775.

DOI 10.18699/GPB2024-09

Биомасса облепихи крушиновидной как источник серотонина

*Бабурин Ю.Ю. *, агроном 1 категории; Креймер В.К., агроном 1 категории*

Сибирский научно-исследовательский Институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики СО РАН», пос. Краснообск, Россия

**email: baburinyu@bionet.nsc.ru*

Облепиховый кустарник в своей коре содержит ценный нейромедиатор – серотонин, содержание которого меняется в зависимости от времени года. По результатам исследований, проведенных в 2011–2012 годах в ходе которых было исследовано содержание серотонина в различных видах облепихового сырья, а также было установлено, что наибольшее содержание серотонина, порядка 2–3 % от объема биомассы в зависимости от сорта, содержится в коре облепихи в образцах, собранных в период выхода из зимнего состояния покоя 22.03.2012. Было исследовано несколько сортов, которые показали различия в количестве содержащегося серотонина. Наибольшее содержание серотонина было зафиксировано у дикорастущей формы облепихи (порядка 2,92 %).

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, биомасса, серотонин.

Sea buckthorn biomass as a source of serotonin

*Baburin Y.Y. *, agronomist 1st category; Krejmer V.K., agronomist 1st category*

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian. Krasnoobsk, Russia

**email: baburinyu@bionet.nsc.ru*

The sea buckthorn shrub, in its bark, contains a valuable neurotransmitter – serotonin, the content of which varies depending on the season. According to the results