

Список литературы

- 1 Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // Росстат. Федеральная служба государственной статистики [Офиц. сайт]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 06.09.2022).
- 2 Багиров В.А., Журавлева Е.В. ВИР: Бюро по прикладной ботанике – Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов имени Н.И. Вавилова // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 7. С. 5–6.
- 3 Алабушев А.В. Сорт как фактор инновационного развития зернового производства // Зерновое хозяйство России. 2011. № 3 (15). С. 8–11.
- 4 Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Буравцева Т.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Филипенко Г.И., Александрова Т.Г., Егорова Г.П., Яньков И.И., Булынец С.В., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых вир: Пополнение, сохранение и изучение: Методические указания. Изд. 2-е, перераб. и доп. Санкт-Петербург: ВИР. 2018. 143 с.
- 5 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. Изд. 5-е, доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

DOI 10.18699/GPB2024-69

Анализ влияния аллелей *Vrn-1* и *Ppd-1* на хозяйственно ценные признаки мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.)

Плотников К.О. инж., Клименко А.И., к.б.н., н.с.; Лашин С.А., к.б.н., в.н.с.*

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

**email: ko.plotnikov@bionet.nsc.ru*

*Время колошения пшеницы в основном определяется генами локусов: *VRN-1* (реакция на яровизацию) и *PPD-1* (реакция на фотопериод). Были изучены пять наборов изогенных линий (NILs) с целью установления влияния вышеупомянутых генов на продолжительность вегетационного периода пшеницы и признаки, связанные с урожайностью. Молекулярные маркеры были использованы для оценки аллельного состава в локусах *VRN-1* и *PPD-1*. Было установлено, что наличие аллеля *Vrn-A1a* влияет на время колошения, в то время как наличие *Ppd-D1a* связано с уменьшением высоты растений.*

*Ключевые слова: *Triticum aestivum*; аллели *VRN-1*; аллели *PPD-1*; скороспелость; урожайность.*

Analysis of the effect of *Vrn-1* and *Ppd-1* alleles on adaptive and agronomic traits of common wheat (*Triticum aestivum* L.)

Plotnikov K.O., Klimenko A.I., Lashin S.A.*

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

**email: ko.plotnikov@bionet.nsc.ru*

The earing time of wheat is mainly determined by the genes of the loci: VRN1 (reaction to springization) and PPD-1 (reaction to photoperiod). Five sets of isogenic lines (NILs) were studied in order to establish the effect of the above-mentioned genes on the duration of the growing season of wheat and yield-related traits. Molecular markers were used to assess the allelic composition at the VRN-1 and PPD-1 loci. It was found that the presence of the Vrn-A1a allele affects the earing time, while the presence of Ppd-D1a is associated with a decrease in plant height.

Key words: Triticum aestivum; VRN-1 alleles; PPD-1 alleles; precocity; yield.

Адаптивность пшеницы к различным условиям окружающей среды и потенциал урожайности в решающей степени зависят от ее фенологии и способности регулировать переход от вегетативного к репродуктивному развитию [1–3]. Поэтому наиболее привлекательным в условиях глобального изменения климата является создание сортов мягкой пшеницы с коротким вегетационным периодом.

У пшеницы продолжительность вегетационного периода контролируется генами яровизации (*Vrn-1*) и реакции на фотопериод (*Ppd-1*) [4–6].

У мягкой пшеницы реакция на яровизацию контролируется аллелями в локусах *VRN-A1*, *VRN-B1* и *VRN-D1* [7, 8]. Аллельная комбинация гена *Vrn1* определяет, должны ли быть выполнены требования к яровизации (длительному воздействию низких температур) пшеницы. Наличие по крайней мере одного доминантного аллеля *Vrn-1* определяет характер весеннего роста независимо от аллельного состояния других генов, в то время как комбинация всех рецессивных аллелей *Vrn-1* приводит к появлению озимой пшеницы [7, 8]. Таким образом, сорта с доминантным аллелем *Vrn-A1* зацветают раньше, чем сорта с доминантными аллелями *Vrn-B1* или *Vrn-D1*, а растения с доминантным *Vrn-B1* демонстрируют самое позднее время цветения из всех. Благодаря влиянию на рост и развитие, *Vrn1* играет важную роль в адаптации пшеницы и формировании урожайности в различных условиях. Таким образом, для различных агроклиматических зон были определены различные комбинации аллелей *Vrn-1*, обеспечивающие адаптивность пшеницы. Так, согласно исследованию, касающемуся европейских образцов яровой пшеницы, самая высокая средняя урожайность с растения была зафиксирована для генотипов *Vrn-A1* и *Vrn-A1+Vrn-B1*, в то время как раннеспелые носители всех трех доминантных аллелей *Vrn-1* страдали от снижения урожайности.

Как только требования к яровизации будут выполнены, продолжительность светового дня станет еще одним важным фактором индукции цветения пшеницы. Таким образом, нечувствительные к фотопериоду или нейтральные к дневному времени сорта пшеницы быстро цветут на длинном (~16 часов в сутки) и коротком дне (<12 часов в сутки), в то время как чувствительные к фотопериоду сорта быстро цветут в длинные дни и позже в короткие дни. Чувствительность пшеницы к фотопериоду регулируется *Ppd-1*, аллели, которого локализованы на хромосомах 2 A

(*Ppd-A1*), 2B (*Ppd-B1*) и 2D (*Ppd-D1*). К настоящему времени у мягкой пшеницы описано несколько аллелей *Ppd-1* и показано, что аллель *Ppd-D1a* оказывает наиболее сильное влияние на чувствительность пшеницы к фотопериоду и раннее колошение. Аллель *Ppd-1a* широко распространен по всему миру и способствует улучшению адаптивности сортов пшеницы к различным условиям окружающей среды.

Для удовлетворения мирового спроса на пшеницу необходимо провести дальнейшие исследования в области молекулярной генетики регулирования времени созревания растений и его связи с признаками, связанными с урожайностью. Изогенные линии (NILs) – важный инструмент, используемый в генетике сельскохозяйственных культур для детального картирования одного или нескольких специфических локусов. В пределах одного набора все NILs имеют генетически идентичный фон, за исключением специфического целевого генетического локуса/локусов-мишеней. Это означает, что практически любые фенотипические различия, зарегистрированные между NILs, будут обусловлены целевым локусом/локусами-мишенями, и, следовательно, может быть установлена ассоциация фенотип-генотип. В этом исследовании мы использовали пять наборов NILs по локусам *VRN-1*, всего 14 почти изогенных линий (см. таблицу).

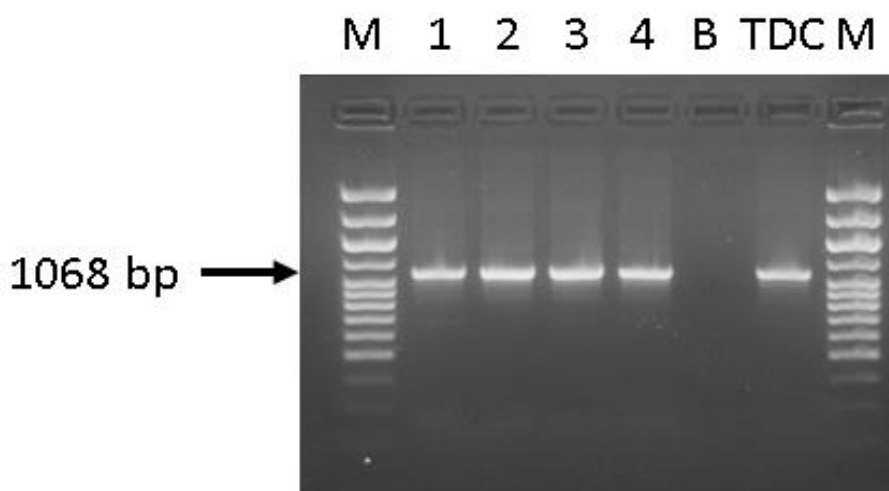
Аллельная комбинация *Vrn-1* NILs, использованных в данном исследовании

Название NILs	Сокращение	Предполагаемый аллельный состав генов <i>Vrn-1</i>
Скороспелка 3b (Vrn1)	Sk3b (Vrn-A1)	<i>Vrn-A1 vrn-B1 vrn-D1</i>
Скороспелка 3b (Vrn2)	Sk3b (Vrn-B1)	<i>vrn-A1 Vrn-B1 vrn-D1</i>
Скороспелка 3b (Vrn3)	Sk3b (Vrn-D1)	<i>vrn-A1 vrn-B1 Vrn-D1</i>
Johnes Fife (Vrn1)	JF (Vrn-A1)	<i>Vrn-A1 vrn-B1 vrn-D1</i>
Johnes Fife (Vrn3)	JF (Vrn-D1)	<i>vrn-A1 vrn-B1 Vrn-D1</i>
Мироновская 808 (Vrn1)	M808 (Vrn-A1)	<i>Vrn-A1 vrn-B1 vrn-D1</i>
Мироновская 808 (Vrn2)	M808 (Vrn-B1)	<i>vrn-A1 Vrn-B1 vrn-D1</i>
Мироновская 808 (Vrn3)	M808 (Vrn-D1)	<i>vrn-A1 vrn-B1 Vrn-D1</i>
Прибой (Vrn1)	Pr (Vrn-A1)	<i>Vrn-A1 vrn-B1 vrn-D1</i>
Прибой (Vrn2)	Pr (Vrn-B1)	<i>vrn-A1 Vrn-B1 vrn-D1</i>
Прибой (Vrn3)	Pr (Vrn-D1)	<i>vrn-A1 vrn-B1 Vrn-D1</i>
Triple Dirk D	TDD	<i>Vrn-A1 vrn-B1 vrn-D1</i>
Triple Dirk B	TDB	<i>vrn-A1 Vrn-B1 vrn-D1</i>
Triple Dirk E	TDE	<i>vrn-A1 vrn-B1 Vrn-D1</i>

Для всех изученных NILs аллельный состав в локусах *VRN-1* соответствовал предполагаемому. Более того, эти аллели *Vrn-1* совпадали с аллелями, идентифицированными в линиях TDD, TDB и TDE (см. рисунок).

Помимо аллельного состава были установлены различия во времени колошения между NIL были изучены в несколько этапов. Для каждого набора NIL носители аллеля *Vrn-A1a* характеризовались значительно более коротким временем до колошения по сравнению с NIL, которые обладали доминантными аллелями *Vrn-B1* или

Vrn-D1. Помимо этого, достоверные различия во времени колошения были зафиксированы между носителями доминантных аллелей *Ppd-1a* (Sk3b (*Vrn-D1*) и TDE) и носителями рецессивных аллелей *Ppd-1b* (M808 (*Vrn-D1*) и JF (*Vrn-D1*)), а также между JF (*Vrn-D1*) и M808 (*Vrn-D1*).



Определение аллелей *Vrn-1* в NILs: М – ДНК- маркер, 1 – TDB, 2 – Sk3b (*Vrn-B1*), 3 – M808 (*Vrn-B1*), 4 – Pr (*Vrn-B1*), В – вода, TDC – контроль

Результаты показывают, что *Vrn-A1a* и *Ppd-D1a* являются важными генетическими факторами, влияющими на архитектуру растений, показатели урожайности и фенологию. Интересно, что наличие аллелей *Ppd-1a* влияет на время колошения и высоту растения даже при длинном световом дне. В нашем исследовании растения с генотипом *Ppd-1a* в целом демонстрировали ускоренный рост по сравнению с носителями генотипа *Ppd-1b*, что означает, что даже при длительном фотопериоде, характерном для более высоких и средних широт, аллели *Ppd-1a* придают пшенице раннюю урожайность.

В нашем исследовании было изучено влияние различных аллельных комбинаций *Vrn-1* и *Ppd-1* на адаптивные и агрономические признаки пшеницы обыкновенной в условиях, близких к идеальным, имитирующим ситуацию длительного вегетационного периода с благоприятными условиями орошения и длительным фотопериодом. Однако было бы интересно дальнейшее подтверждение эффективности этих NILs в ходе полевых экспериментов в различных агроклиматических зонах и при различных условиях фотопериода. Информация, полученная в этом исследовании, может быть использована селекционерами для ускорения селекционного процесса в направлении адаптации пшеницы к изменяющимся условиям окружающей среды.

Финансирование: Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 22-16-20026 и Правительства Новосибирской области.

Список литературы

1 Cockram J.; Jones H.; Leigh F.J.; O'Sullivan D.; Powell W.; Laurie D.A.; Greenland A.J. Con-

- trol of Flowering Time in Temperate Cereals: Genes, Domestication, and Sustainable Productivity. *Journal of Experimental Botany* 2007, 58, 1231–1244, doi:10.1093/jxb/erm042;
- 2 Fjellheim S.; Boden S.; Trevaskis B. The Role of Seasonal Flowering Responses in Adaptation of Grasses to Temperate Climates. *Front. Plant Sci.* 2014, 5, doi:10.3389/fpls.2014.00431;
 - 3 Horvath A.; Kiss T.; Berki Z.; Horvath A.D.; Balla K.; Cseh A.; Veisz O.; Karsai I. Effects of Genetic Components of Plant Development on Yield-Related Traits in Wheat (*Triticum Aestivum* L.) under Stress-Free Conditions. *Front. Plant Sci.* 2023, 13, 1070410, doi:10.3389/fpls.2022.1070410;
 - 4 Snape J.W.; Butterworth K.; Whitechurch E.; Worland A.J. Waiting for Fine Times: Genetics of Flowering Time in Wheat. *Euphytica* 2001, 119, 185–190, doi:10.1023/A:1017594422176;
 - 5 Goncharov N.P. Response to Vernalization in Wheat: Its Quantitative or Qualitative Nature. *cereal research communications* 2004, 32, 323–330, doi:10.1007/BF03543317;
 - 6 Distelfeld A.; Li C.; Dubcovsky J. Regulation of Flowering in Temperate Cereals. *Current Opinion in Plant Biology* 2009, 12, 178–184, doi:10.1016/j.pbi.2008.12.010;
 - 7 Law C.N.; Worland A.J.; Giorgi B. The Genetic Control of Ear-Emergence Time by Chromosomes 5A and 5D of Wheat. *Heredity* 1976, 36, 49–58, doi:10.1038/hdy.1976.5;
 - 8 Dubcovsky J.; Lijavetzky D.; Appendino L.; Tranquilli G. Comparative RFLP Mapping of *Triticum Monococcum* Genes Controlling Vernalization Requirement: *Theor Appl Genet* 1998, 97, 968–975, doi:10.1007/s001220050978;

DOI 10.18699/GPB2024-70

Изучение коллекции сои (*Glycine max* (L.) Merr.) для селекции на урожайность и содержание белка в зерне в условиях Западной Сибири

Потапов Д.А.^{1*}, к.с.-х.н., в.н.с., Перфильев Р.Н.², м.н.с., Салина Е.А.², д.б.н., г.н.с., Полюдина Р.И.¹, д.с.-х.н., г.н.с.

¹Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН, Краснообск, Россия

²Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

*email: potapov.dmytry@yandex.ru

Проведено изучение коллекции сортообразцов сои (образцы коллекции генетических ресурсов растений ВИР, учреждений-оригинаторов и собственный селекционный материал). Семенная продуктивность этих образцов составила от 7,0 до 25,5 г/раст. Содержание белка в семенах колебалось в пределах 35,4–43,2 %. Выделены формы, превышающие стандартный сорт по содержанию белка в семенах и семенной продуктивности.

Ключевые слова: соя, селекция, коллекция, содержание белка, урожайность.

The study of the soybean collection (*Glycine max* (L.) Merr.) for breeding for yield and protein content in grain under conditions of West Siberia

Potapov D.A.^{1*}, Perfiliev R.N.², Salina E.A.², Polyudina R.I.¹

¹Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies RAS, Krasnoobsk, Russia