

ДЕГИДРИНЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ХОЛОДОВОМ ЗАКАЛИВАНИИ И РАЗЗАКАЛИВАНИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УЗЛОВ КУЩЕНИЯ И ЛИСТЬЕВ

О.А. Боровик¹, А.В. Поморцев¹, А.В. Корсукова^{1,3}, Е.А. Фомина², Е.А. Полякова³,
О.И. Грабельных^{1,3}, Н.В. Дорофеев¹, Г.Б. Боровский¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия, ol.borovik@mail.ru

²Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, E.Fomina@igc.by

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, polyackova.elizaveta727@yandex.ru

Аннотация: В работе было изучено влияние холодового закаливания и раззакаливания на синтез дегидринов в листьях и узлах кущения двух сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), отличающихся по морозоустойчивости. Выявлено, что используемые в работе сорта озимой пшеницы «Иркутская» и «Память» отличались по динамике накопления и содержания дегидринов в узлах кущения и листьях после разных этапов закаливания и при раззакаливании. Наряду с повышенной морозоустойчивостью озимой пшеницы сорта «Иркутская», способной перезимовывать в условиях резко-континентального климата Восточной Сибири, для данного сорта характерно более высокое содержание дегидринов в узлах кущения в период закаливания и раззакаливания, по сравнению с менее устойчивым сортом «Память». Более пристального внимания требует изучение механизма синтеза дегидринов на начальном этапе раззакаливания у менее морозоустойчивых сортов.

Ключевые слова: морозоустойчивость, холодовое закаливание, раззакаливание, дегидрины, озимая пшеница

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-146-149

Важную роль для успешной перезимовки озимых злаков играет процесс холодового закаливания, протекающий в осенний период и связанный с последовательным прохождением растениями первого и второго этапов закаливания [Туманов, 1979]. Первый этап закаливания протекает на свету при температурах немного выше 0 °С, характеризуется остановкой роста растений и изменениями клеточного метаболизма, повышающими устойчивость к низкой температуре. При дальнейшем действии отрицательных температур происходит второй этап закаливания, в результате которого в протопласте создаются условия, обеспечивающие его выносливость к обезвоживанию [Трунова, 2007]. После прохождения поэтапного закаливания озимые злаки достигают максимальной морозоустойчивости, которая сохраняется в течение всего зимнего периода [Туманов, 1979]. При повышении температуры воздуха в весенний период начинается раззакаливание растений, что снижает их морозоустойчивость. В регионах с нестабильным климатом, к которым относится и Иркутская область, стадия раззакаливания может начаться из-за оттепелей даже в зимний период, что приведет к гибели растений при последующих морозах [Дорофеев и др., 2004]. Низкотемпературное воздействие, даже не вызывающее видимых повреждений, оказывает глубокое и разностороннее действие на физиологические процессы, протекающие внутриклеточно. Особенно чувствительными к действию низкой температуры являются клеточные мембраны, такие как плазмалемма, мембраны хлоропластов и митохондрий [Трунова, 2007]. Важную роль в

формировании устойчивости растений к низкой температуре выполняют дегидрины, которые могут защищать мембраны и белки от повреждения крупными кристаллами льда при замерзании внутриклеточной воды и активных форм кислорода [Kosova et al., 2010; Hanin et al., 2011; Haimi et al., 2017]. Участие дегидринов в формировании механизмов защиты растений при действии неблагоприятных факторов среды и выявление ключевых для развития устойчивости дегидринов в настоящее время представляет интерес для исследования. Относительно функционирования данных белков при выходе растений из закаленного состояния известно очень мало. В связи с этим, целью работы явился сравнительный анализ содержания и спектра дегидринов у двух сортов озимой пшеницы, отличающихся по морозоустойчивости, на разных этапах закаливания и при раззакаливании.

В работе были использованы два сорта озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) – «Иркутская» и «Память». Сорт «Иркутская» получен в СИФИБР СО РАН (г. Иркутск) в результате отбора образцов озимой пшеницы из коллекции ИЦИГ СО РАН (г. Новосибирск), способных перезимовывать в условиях Восточной Сибири. Сорт «Память» создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции *1256t/Леда//Панацея* в КНИИСХ имени П.П. Лукьяненко (г. Краснодар), является менее морозоустойчивым по сравнению с сортом «Иркутская».

Растения озимой пшеницы выращивали, закаливали и раззакаливали в контролируемых условиях в климатических камерах «CLF Plant Climatics, Германия» и «Binder, Германия» на станции искусственного климата «Фитотрон» СИФИБР СО РАН. Растения были выращены в контейнерах с серой лесной среднесуглинистой почвой со следующими свойствами: Собщ = 1.86%; Нобщ. = 0.18%; рНсол. = 5.8, сумма обменных оснований 23.2 мг. экв/100 г, влажность почвы 70%. Влажность воздуха в камерах достигала 70%. Температура воздуха в контрольных условиях составляла +20 °С (день) / +12 °С (ночь) при 12 часовом фотопериоде (25-28 дней), освещенность – 180-200 мкмоль/(м² с). Для прохождения растениями первого этапа холодого закаливания температуру в камере снижали до +8 °С / +2 °С (день/ночь) при 12 часовом фотопериоде (продолжительность закаливания 10 дней). Для прохождения растениями второго этапа холодого закаливания закаленные при низкой положительной температуре растения подвергали обработке температурой -2 °С в темноте в течение 10 дней в камере МКТ-240 «Binder». После двух этапов закаливания растения подвергали раззакаливанию, повышая температуру в камере до +10 °С (день/ночь) при 12 часовом фотопериоде в течение 2 дней. В экспериментах использовали лист и узел кущения. Узел кущения является центром питания, регенерации и новообразования органов растения, благодаря узлу кущения растение перезимовывает. Содержание дегидринов в узлах кущения и листьях изучали с помощью электрофореза в 12.5% ПААГе с ДДС-Na и иммуноблоттинга с антителами против К-сегмента дегидринов (ADI-PLA-100, «Enzo Life Sciences», США). Морозоустойчивость закаленных проростков изучали путем их промораживания при температурах от -7 °С до -16 °С (в камере МКТ-240 «Binder»), снижая посуточно температуру со скоростью 1 °С/ч. Морозоустойчивость определяли с помощью подсчета выживших после отрастания растений (в % от общего числа проростков). Анализировалась температура, вызывающая гибель 50% растений (LT₅₀).

Анализ выживаемости растений озимой пшеницы выявил более высокую устойчивость сорта «Иркутская» к отрицательным температурам, по сравнению с сортом «Память». Различия в морозоустойчивости совпадали с различиями в динамике накопления и содержания дегидринов в листьях и узлах кущения озимой пшеницы.

Первый этап холодого закаливания сопровождался некоторым увеличением в узлах кущения содержания полипептида с мол. массой 66 кДа и индукцией синтеза новых полипептидов с мол. массами 209-169 кДа, 70 и 55 кДа. Эти изменения были

более выражены в узлах кущения озимой пшеницы сорта «Иркутская». Действие отрицательной температуры во втором этапе закаливания индуцировало синтез полипептидов с мол. массами 60 и 46 кДа как у сорта «Иркутская», так и у сорта «Память». Также происходило более выраженное увеличение содержания высокомолекулярных полипептидов и полипептидов с мол. массами 70 и 55 кДа. Однако у обоих сортов озимой пшеницы во втором этапе закаливания наблюдали исчезновение полипептида с мол. массой 66 кДа. Несмотря на сходную тенденцию синтеза дегидринов во втором этапе закаливания у изученных сортов озимой пшеницы, их содержание было значительно выше в узлах кущения сорта «Иркутская». Повышение температуры до +10 °С после второго этапа закаливания не приводило к снижению содержания дегидринов, а, даже наоборот, у сорта «Память» вызывало дальнейшее увеличение в узлах кущения содержания полипептидов с мол. массами 70 и 55 кДа, что, возможно, связано с защитной функцией данных полипептидов на начальном этапе раззакаливания менее морозоустойчивых сортов. В листьях спектр дегидринов и их содержание было гораздо меньше, чем в узлах кущения. Низкая положительная температура индуцировала синтез полипептидов с мол. массами 66 и 70 кДа, а после второго этапа закаливания и дальнейшего раззакаливания синтез этих полипептидов значительно не изменялся, однако в листьях озимой пшеницы сорта «Иркутская» содержание дегидринов было больше, чем в сорте «Память».

Таким образом, используемые в работе два сорта озимой пшеницы «Иркутская» и «Память» отличались по динамике накопления и содержания дегидринов в узлах кущения и листьях на разных этапах закаливания и при раззакаливании. В узлах кущения накапливалось гораздо больше дегидринов, чем в листьях. Наряду с повышенной морозоустойчивостью озимой пшеницы сорта «Иркутская», способной перезимовывать в условиях резко-континентального климата Восточной Сибири, для данного сорта было характерно более высокое содержание дегидринов в узлах кущения и листьях в период закаливания и раззакаливания, по сравнению с менее устойчивым сортом. Требуется более пристального внимания изучение механизма синтеза дегидринов на начальном этапе раззакаливания у менее морозоустойчивых сортов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ №17-54-04076 и БРФФИ №Б17PM-054.

Литература

Дорофеев Н.В., Пешкова А.А., Войников В.К. Озимая пшеница в Иркутской области. – Иркутск : Арт-Пресс, 2004. – 175 с.

Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс. – М. : Наука, 2007. – 54 с.

Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. – М. : Наука, 1979. – 349 с.

Haimi P., Vinskienė J., Stepulaitienė I., Baniulis D., Stanienė G., Šikšnianienė J.B., Rugienius R. Patterns of low temperature induced accumulation of dehydrins in *Rosaceae* crops-evidence for post-translational modification in apple // J. Plant Physiol. – 2017. – V. 218. – P. 175–181.

Hanin M., Brini F., Ebel C., Toda Y., Takeda S., Masmoudi K. Plant dehydrins and stress tolerance // Plant Signal Behav. – 2011. – V. 6, N. 10. – P. 1503–1509.

Kosova K., Prasil I.T., Vitamvas P. Role of dehydrins in plant stress response // Handbook of Plant and Crop Stress / Ed. Pessaraki M. Tucson: CRC Press, 2010. – P. 239–285.

DEHYDRINS OF WINTER WHEAT UNDER COLD ACCLIMATION AND DEACCLIMATION: COMPARED ANALYSE OF LEAVES AND CROWN

O.A. Borovik¹, A.V. Pomortsev¹, A.V. Korsukova^{1,3}, E.A. Fomina², E.A. Polyakova³, O.I. Grabelnych^{1,3}, N.V. Dorofeev¹, G.B. Borovskii¹

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia, *ol.borovik@mail.ru*

²Institute of Genetics and Cytology, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, *E.Fomina@igc.by*

³Irkutsk State University, Irkutsk, Russia, *polyackova.elizaveta727@yandex.ru*

Abstract. The influence of cold acclimation and deacclimation on the synthesis of dehydrins in leaves and crown of two variety of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) that are differed in frost resistance was studied. It is detected that the varieties of winter wheat «Irkutskaya» and «Pamyat'» are differed in the dynamics of accumulation and content of dehydrins in leaves and crown after different stages of acclimation and deacclimation. The increased frost resistance of winter wheat of the variety «Irkutskaya», is due to able to overwinter in the conditions of the sharply continental climate of Eastern Siberia, is characterized by a higher content of dehydrines in the crown during acclimation and deacclimation, compared with the less resistant variety «Pamyat'». More attention is required to study the mechanism of synthesis of dehydrins at the initial stage of deacclimation in less cold-resistant varieties.

The reported study was funded by RFBR № 17-54-04076 and BRFFR № B17PM-054.

Keywords: *frost tolerance, acclimation, deacclimation, dehydrins, winter wheat*