

М. М. Иванисов, младший научный сотрудник,
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»
(347740, г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru)

СВОБОДНЫЙ ПРОЛИН В ЛИСТЬЯХ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В данной статье приведены результаты определения морозостойкости растений озимой мягкой пшеницы, выращенных в посевных ящиках. Сохранность растений (температура проморозки составляла -20°C) в среднем за три года варьировала от 20,5 до 83,8%. Стандартный по морозостойкости сорт Тарасовская 29 имел 55,3% живых растений. Достоверно высокую морозостойкость ($\text{НСР}_{05} \pm 14,1\%$) показали следующие изучаемые сорта: Полина (72,3%), Вольница (76%), Донская безостая (78,1%), Аскет (78,1%), Вольный Дон (78,3%) и Дон 107 (83,8%). Низкая сохранность при данной температуре была у образцов 260/09 (20,5%), Капризуля (37,0%), Таня (38,0%), Лилит (38,4%). Представлены результаты использования косвенного метода – определения концентрации свободного пролина. Определяли содержание данной аминокислоты в листьях озимой пшеницы в период с осени по весну. Более морозостойкие сорта имели более высокое содержание свободного пролина. По его содержанию в листьях озимой пшеницы можно говорить об уровне морозостойкости того или иного сорта, сравнивая его с сортом-классификатором с известной морозостойкостью. Это подтверждает тесная связь данных признаков. Таким образом, определение содержания свободного пролина может служить экспресс-методом по установлению уровня морозостойкости озимой мягкой пшеницы, что позволит на ранних этапах селекционного процесса отбраковывать менее морозостойкий селекционный материал.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, морозостойкость, устойчивость, температура, свободный пролин, стресс.

M. M. Ivanisov, junior research officer,
FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”
(347740, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru)

FREE PROLINE IN LEAVES AS AN INDICATOR OF THE DETERMINATION OF WINTER WHEAT FROST RESISTANCE

The article considers the results of the determination of frost resistance of winter wheat, grown in the sowing boxes. The amount of plants survived in such conditions (the temperature of

freezing was $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) ranged from 20.5 to 83.5% through three years. The standard variety “Tarasovskaya 29” had 55.3% of live plants. The varieties “Polina” (72.3%), “Volnitsa” (76%), “Donskaya bezostaya” (78.1%), “Asket” (78.1%). “Volny Don” (78.3%) and “Don 107” (83.8%) showed high indexes of frost resistance ($\text{HCP}_{05} \pm 14.1\%$). The varieties “Kaprizulya” (37.0%), “Tanya” (38.0%), “Lilit” (38.4%) and “260/09” (20.5%) had low indexes of frost resistance in such conditions. There have been also given the results of the use of an indirect method – a determination of free proline concentration. The content of amino acid in winter wheat leaves during the period from autumn to spring has been determined. More frost tolerant varieties had a larger content of free proline. The content of proline in winter wheat leaves can tell about a level of frost resistance of this or that variety, comparing it with a variety-classifier with a known frost resistance. A close connection of these traits proves this. Thus, the determination of free proline content can become an express method for the determination of the level of winter soft wheat frost resistance. It will allow getting rid of less frost tolerant material during the early stages of the breeding process.

Keywords: *winter wheat, variety, frost resistance, tolerance, temperature, free proline, stress.*

Введение. Различные абиотические стрессы, такие как холод, засуха, засоление, воздействие критических температур, высокая кислотность или щелочность и т. д., значительно снижают продуктивность сельскохозяйственных растений, а при высокой интенсивности и достаточно долгой продолжительности стресса приводят к их гибели [1].

Проблема стрессоустойчивости растений – одна из наиболее фундаментальных и является предметом исследований на всех иерархических уровнях. Возникает потребность в растениях, способных не только выдерживать неблагоприятные условия, но и активно им противостоять, то есть функционировать при стрессе [2].

Известно, что при воздействии различных стресс-факторов в клетках растений активируется синтез белков стресса, возрастает содержание растворимых углеводов, стабилизирующих цитоплазму и такой аминокислоты, как пролин [3].

Концентрация свободного пролина в вегетативных органах растений озимой пшеницы является биохимическим тестом на устойчивость растений к низким отрицательным температурам. В связи с этим содержание свободного пролина в растениях озимой пшеницы может служить биохимическим показателем устойчивости растений к морозам [4].

Материалы и методы. В качестве объекта исследований использовали 19 сортов и линий озимой мягкой пшеницы: Капитан, Лидия, Изюминка, Лилит, Ермак, Адмирал,

Аскет, Капризуля, Краса Дона, Вольница, Вольный Дон, Полина, 260/09, 727/11, Донская безостая, Дон 107 (ФГБНУ «АНЦ «Донской»), Таня (ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко»), Донская лира, Тарасовская 29 (ДЗНИИСХ).

Морозостойкость сортов озимой мягкой пшеницы определяли промораживанием растений, выращенных в посевных ящиках, в камерах КНТ-1 [5].

Содержание свободного пролина в листьях озимой мягкой пшеницы определяли по методике, описанной Л. Бейтсом [6].

Результаты. Наиболее адекватной оценкой морозоустойчивости является определение степени выживаемости растений после воздействия критическими температурами. Главным методом оценки устойчивости растений к морозу является метод прямого промораживания растений при определенных температурах в морозильных камерах [7]. Сохранность растений озимой мягкой пшеницы при температуре проморозки -20°C варьировала от 20,5% у селекционной линии 260/09 до 83,8% у сорта Дон 107 (рис. 1).

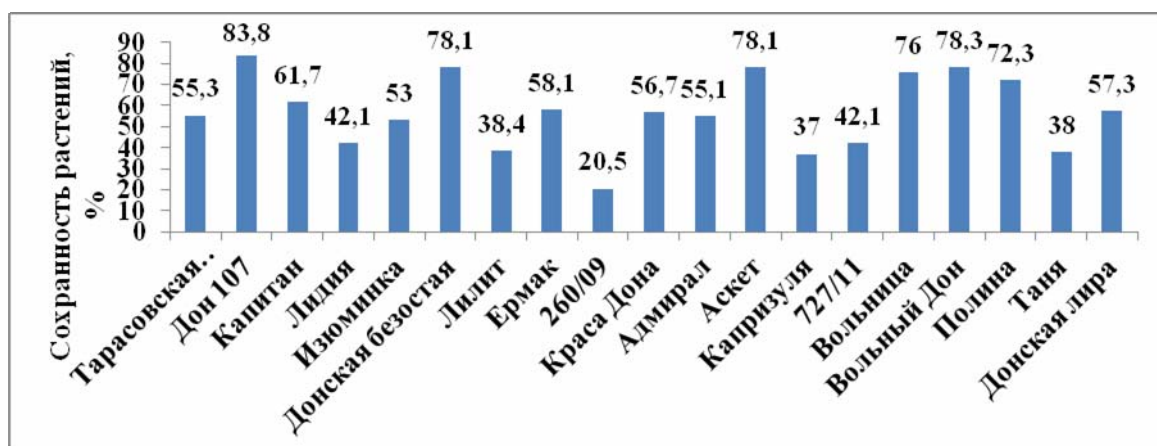


Рис. 1. Сохранность растений озимой мягкой пшеницы (температура проморозки составляла -20°C) (2014–2016 гг.)

Стандартный по морозостойкости сорт Тарасовская 29 имел 55,3% живых растений. Высокую сохранность ($\text{НСР}_{05} \pm 14,1\%$) имели такие сорта, как Полина (72,3%), Вольница (76,0%), Донская безостая (78,1%), Аскет (78,1%), Вольный Дон (78,3%) и Дон 107 (83,8%). Низкая сохранность растений при данной температуре проморозки отмечена у следующих образцов: 260/09 (20,5%), Капризуля (37,0%), Таня (38,0%), Лилит (38,4%).

Нестабильный температурный режим 2014/2015 с.-х. г. (чередование оттепелей с резким понижением температуры) привел к скачкам содержания свободного пролина в этот период (рис. 2).

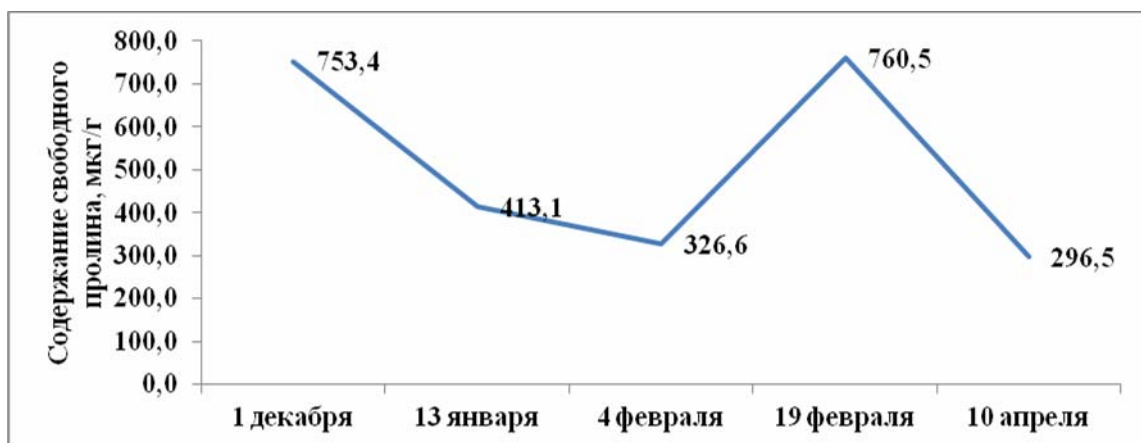


Рис. 2. Содержание свободного пролина в листьях озимой мягкой пшеницы (2014/2015 с.-х. г.)

В начале зимы сложились хорошие условия для закалки растений озимой пшеницы, что привело к накоплению свободного пролина (753,4 мкг/г). В начале января 2015 г. наблюдалось повышение температуры воздуха. Это значительно снизило содержание свободного пролина в листьях изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы в среднем до 413,1 мкг/г. Дальнейшее повышение температуры воздуха в конце января и начале февраля понизило содержание аминокислоты до 326,6 мкг/г. Низкие отрицательные температуры середины февраля привели к значительному накоплению свободного пролина (760,5 мкг/г). Весной содержание аминокислоты упало до минимальных значений за данный период (296,5 мкг/г). Что говорит о том, что пролин интенсивно накапливается в неблагоприятных для растений условиях.

В зимний период 2015/2016 с.-х. г. резких колебаний температур не наблюдалось. Это отразилось на изменении содержания свободного пролина в осенне-зимне-весенние периоды (рис. 3).

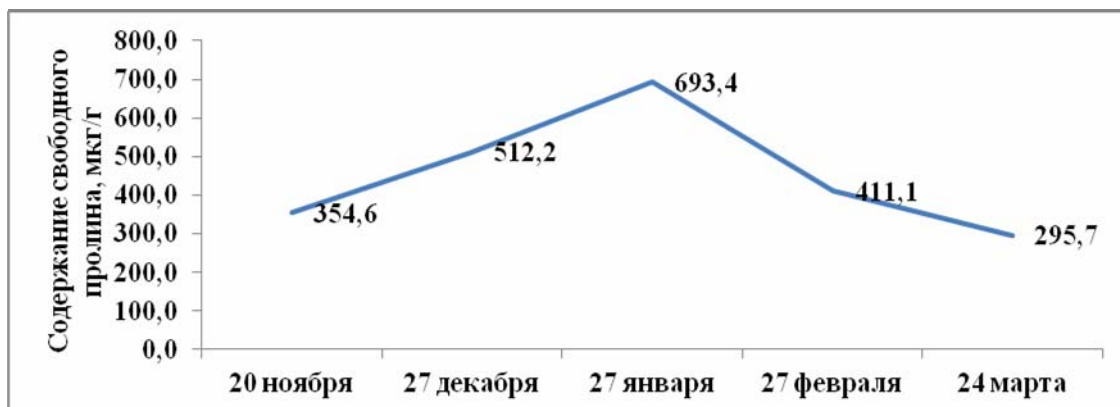


Рис. 3. Содержание свободного пролина в листьях озимой мягкой пшеницы (2015/2016 с.-х. г.)

Содержание свободного пролина в листьях озимой мягкой пшеницы увеличивается, достигая максимального значения в середине зимы (693,4 мкг/г). Затем к весне с повышением температуры воздуха произошло снижение содержания данной аминокислоты. Минимальные значения наблюдаются в пробах уже вегетирующих растений в устойчиво теплую погоду (295,7 мкг/г).

В зимне-весенний период 2014/2015 с.-х. г. содержание свободного пролина в листьях изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы находилось в пределах от 462 до 577,7 мкг/г (табл. 1).

**1. Содержание свободного пролина в листьях растений озимой пшеницы в
осенне-зимне-весенние периоды (2014–2016 гг.)**

Сорт	Содержание свободного пролина, мкг/г	
	2014/2015 с.-х. г.	2015/2016 с.-х. г.
Дон 107	566,5	499,2
Капитан	487,9	452,1
Лидия	469,1	453,1
Изюминка	463,1	429,0
Донская безостая	557,5	511,5
Лилит	465,7	413,6
Ермак	506,9	446,2
260/09	467,9	397,3
Краса Дона	527,9	459,2
Адмирал	504,3	420,4
Аскет	577,5	499,9
Капризуля	462,0	397,5
727/11	470,1	427,6
Вольница	566,2	485,6
Вольный Дон	577,7	500,0
Полина	541,5	477,5
Таня	485,1	424,7
Донская лира	508,2	465,9
Тарасовская 29	484,8	454,2
НСР ₀₅	55,9	50,9

У сорта Тарасовская 29 это значение составило 484,8 мкг/г. Достоверно его превысили следующие образцы: Полина (541,5 мкг/г), Донская безостая (557,5 мкг/г), Вольница (566,2 мкг/г), Дон 107 (566,5 мкг/г), Аскет (577,5 мкг/г), Вольный Дон (577,7 мкг/г).

В 2015/2016 с.-х. г. содержание пролина изменялось по изучаемым сортам от 397,3 до 511,5 мкг/г. Максимальное содержание свободного отмечено у сорта Донская безостая (511,5 мкг/г).

Были выявлены сильные положительные связи морозостойкости с содержанием свободного пролина в листьях озимой пшеницы в 2014/2015 и 2015/2016 с.-х. гг., коэффициенты корреляции – 0,90 и 0,92 соответственно.

Выводы. Таким образом, по содержанию свободного пролина в листьях озимой пшеницы можно говорить об уровне морозостойкости того или иного сорта, сравнивая его с сортом-классификатором с известной морозостойкостью. Это подтверждает тесная связь данных признаков. Определение содержания свободного пролина может служить экспресс-методом по установлению уровня морозостойкости озимой мягкой пшеницы, что позволит на ранних этапах селекционного процесса отбраковывать менее морозостойкий селекционный материал.

Литература

1. Трансгенные растения, толерантные к абиотическим стрессам / Я. С. Колодяжная, Н. К. Куцоконь, Б. А. Левенко, О. С. Сютикова, Д. Б. Рахметов, А. В. Кочетов // Цитология и генетика. – 2009. – № 2, – С. 72–93.
2. Сергеева, Л. Е. Содержание свободного пролина как показатель жизнедеятельности клеточной культуры *Nicotiana tabacum* L. при стрессе / Л. Е. Сергеева, Л. И. Бронникова, Е. Н. Тищенко // Биотехнология. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 87–94.
3. Иванисов, М. М. Использование метода определения свободного пролина при оценке морозостойкости сортов озимой пшеницы / М. М. Иванисов, Е. В. ИONOва // Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства: Междунар. саммит молодых ученых: мат. конференции (г. Краснодар, 26–30 июля 2016 г.) / ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса». – 2016. – С. 58–62.
4. Перуанский, Ю. А. Свободный пролин вегетативных органов – биохимический показатель морозостойкости озимой пшеницы / Ю. А. Перуанский, А. П. Стаценко // Сельская биология. – 1981. – № 5. – С. 740–743.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – 194 с.
6. Bates, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies / L. S. Bates, R. P. Waldrem, G. D. Theare // Plant and Soil. – 1973. – 39 p.
7. Методы определения устойчивости растений: курс лекций / сост. Ю. П. Федулов. – Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2015. – 39 с.

Literature

1. Transgenic plants tolerant to abiotic stresses / Ya. S. Kolodyazhnaya, N. K. Kutsokon,

B. A. Levenko, O. S. Syutikova, D. B. Rakhmetov, A. V. Kochetov // Cytology and genetics. – 2009. – No. 2. – Pp. 72–93.

2. Sergeeva, L. E. The content of free proline as an indicator of the vital activity of the cell culture *Nicotiana tabacum* L. under stress / L. E. Sergeeva, L. I. Bronnikova, E. N. Tishchenko // Біотехнологія. – 2011. – Vol. 4, No. 4. – Pp. 87–94.

3. Ivanisov, M. M. The use of the method for determining free proline in assessing the frost resistance of winter wheat varieties / M. M. Ivanisov, E. V. Ionova // Modern solutions in the development of agricultural science and production. International summit of young scientists: materials of conf. (Krasnodar, July 26–30, 2016) / FGBNU “All-Russian Research Institute of Rice”. – 2016. – Pp. 58–62.

4. Peruansky, Yu. A. Free proline of vegetative organs - biochemical indicator of frost resistance of winter wheat / Yu. A. Peruansky, A. P. Statsenko // Agric. Biol., 1981. – No. 5. – Pp. 740–743.

5. Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops. – M., 1989. – 194 p.

6. Bates, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies / L. S. Bates, R. P. Waldrem, G. D. Theare // Plant and Soil. – 1973. – 39 p.

7. Methods for determining the resistance of plants: a course of lectures / auth. Yu. P. Fedulov. – Krasnodar: Publ. of KubSU, 2015. – 39 p.