

ПАРАМЕТРЫ ВОДНОГО РЕЖИМА И СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНОГО ПРОЛИНА В ЛИСТЯХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ ПРИ ВОДНОМ СТРЕССЕ

З.Ш. ИБРАГИМОВА, кандидат биологических наук

E-mail: ziyade.ibrahimova@gmail.com

ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НАН АЗЕРБАЙДЖАНА

Образцы озимой тритикале исследовались на показатели водного режима (относительная тургесцентность, водоудерживающая и водопоглощающая способности). Растения выращивались на опытных участках института в условиях орошения, при влажности почвы 70%, и водного дефицита, когда влажность почвы составляла 40%. Водный дефицит создавали путем прекращения полива. Продолжительность водного стресса составляла 15 дней. Установлено, что при нехватке воды усиливается водоудерживающая и водопоглощающая способности устойчивых к засухе образцов тритикале. Это объясняется увеличением при стрессе количества осмотически активных веществ в клетке, в том числе, свободного пролина, что, в свою очередь, способствует увеличению связанной воды. Обсуждается, что повышение водопоглощающей способности является показателем самовосстановления растения во время стресса и играет важную роль в обнаружении устойчивых образцов. Самая высокая стабильность показателей водного режима, которые практически не менялись в условиях орошения и водного дефицита, была отмечена для образца TRL-63. По параметрам водного режима и содержанию свободного пролина образцы TRL-1, TRL-4, TRL-9, TRL-25, TRL-41, TRL-54, TRL-56, TRL-58, TRL-60, TRL-77/2 оценены, как более устойчивые к засухе. Остальные образцы отнесены к умеренно устойчивым.

Ключевые слова: тритикале, параметры водного режима, пролин, водный дефицит.

Для цитирования: Ибрагимова З.Ш. Параметры водного режима и содержание свободного пролина в листьях образцов озимой тритикале при водном стрессе. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 2(50):74-79. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-74-79

PARAMETERS OF WATER REGIME AND CONTENT OF FREE PROLINE IN LEAVES OF WINTER TRITICALE SAMPLES UNDER WATER STRESS

Z.Sh. Ibrahimova

INSTITUTE OF GENETIC RESOURCES OF AZERBAIJAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE

Abstract: *Samples of winter triticale were investigated for water regime indicators (relative turgescence, water retention and water absorption capacity). Plants were grown in experimental plots of the institute under conditions of irrigation, with soil moisture of 70%, and water deficiency, when soil moisture was 40%. Water deficit was created by stopping irrigation. The duration of water stress was 15 days. It has been established that when there is a lack of water, the water-holding and water-absorbing abilities of drought-resistant triticale samples increase. This is explained by an increase in stress in the amount of osmotically active substances in the cell, including free proline, which, in turn, contributes to an increase in bound water. It is discussed that increased water absorption capacity is an indicator of plant self-healing during stress and plays an important role in the detection of resistant samples. The highest stability of water regime indicators, which practically did not change under conditions of irrigation and water deficit, was noted for the TRL-63 sample. According to the parameters of the water regime and the content of*

free proline, samples TRL-1, TRL-4, TRL-9, TRL-25, TRL-41, TRL-54, TRL-56, TRL-58, TRL-60, TRL-77/2 rated as more drought tolerant. The remaining samples are classified as moderately resistant.

Keywords: triticale, water regime parameters, proline, water deficiency.

Тритикале – гибрид пшеницы и ржи, превосходящий обоих родителей по ряду важных показателей (урожайность, пищевая ценность культуры, устойчивость к неблагоприятным климатическим условиям и болезням). Помимо того, что культура является фуражным зерном, ее используют и в спиртовой промышленности: из-за высокого содержания крахмала количество спирта, получаемого из тритикале, значительно выше, чем из пшеницы и ржи. Муку тритикале смешивают с пшеничной мукой (в соотношении 1:3) и используют для выпечки печенья в хлебопекарной и кондитерской промышленности [<https://produkt.by>]. [1].

Для озимой тритикале, эволюционно новой зерновой культуры, проведено мало исследований по устойчивости к стрессу, в том числе по устойчивости к засухе. Особого внимания заслуживает выделение засухоустойчивых и продуктивных сортов и линий на основе определения параметров водного режима. Как известно, водный режим растений является важнейшим показателем их устойчивости к почвенно-климатическим условиям. Изучение водного режима культурных растений позволяет определить степень их адаптации к агроклиматическим факторам. У образцов растений озимой тритикале недостаточно исследованы особенности водного режима, содержание свободного пролина и устойчивость к неблагоприятным условиям. Изучение и учет одновременно ряда физиолого-биохимических параметров характеризует и значительно повышает достоверность получаемой оценки по устойчивости растений к водному стрессу [2].

Цель исследования – определение содержания свободного пролина в условиях водного дефицита и изучение параметров водного режима, особенно водоудерживающей и водопоглощающей способности в образцах озимой тритикале.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2021-2023 гг. Параметры водного режима листьев растений озимой тритикале определяли в 2022 году, содержание пролина – в 2023 году.

В качестве материала исследования использовались семена образцов озимой тритикале TRL-1, TRL-4, TRL-7, TRL-9, TRL-16, TRL-24, TRL-25, TRL-26/2, TRL-29/2, TRL-41, TRL-43/1, TRL-44/2, TRL-47, TRL-48, TRL-50, TRL-52, TRL-54, TRL-55/1, TRL-56, TRL-58, TRL-60, TRL-63, TRL-70, TRL-77/2, которые были предоставлены отделом молекулярной цитогенетики Института Генетических Ресурсов МНО АР. Семена выращивались на опытных участках института в условиях орошения, при влажности почвы 70%, и водного дефицита, когда влажность почвы составляла 40%. Водный дефицит создавали путем прекращения полива. Продолжительность водного стресса составляла 15 дней. У 24 образцов озимой тритикале параметры водного режима (относительная тургесцентность, водоудерживающая и водопоглощающая способности) определяли по методике Н.Н. Кожушко (1988). По результатам водоудерживающей способности из контрольных растений были отобраны 6 образцов, у которых определяли содержание свободного пролина в листьях по известной методике и на основании калибровочной кривой [3].

Результаты и их обсуждение

Параметры водного режима определяли в условиях Абшерона. Абшерон характеризуется длинным жарким летом. Самые жаркие месяцы — июль и август со среднемесячной температурой воздуха 30°C, достигающей в отдельные дни 42°C. Годовые осадки на орошаемых полях выпадают преимущественно осенью, зимой и весной. Летом осадков почти не бывает, а потребность в воде в сельскохозяйственных зонах республики удовлетворяется только за счет орошения. Исходя из погодных условий и степени воздействия водного дефицита на сельскохозяйственные культуры, можно заранее определить устойчивость растений к водному стрессу, изучив параметры водного режима.

Так, на примере озимой пшеницы показано, что растения, находящиеся в идентичных условиях засухи но сохраняющие более высокую оводненность тканей, создают лучшие

условия для протекания всех физиологических процессов [4]. В наших опытах определение величины оводненности листьев растений, выращиваемых в орошаемых условиях показало, что уровень относительной тургесцентности у большинства изучаемых сортов в этих условиях выше, чем в условиях недостатка воды (рис. 1).

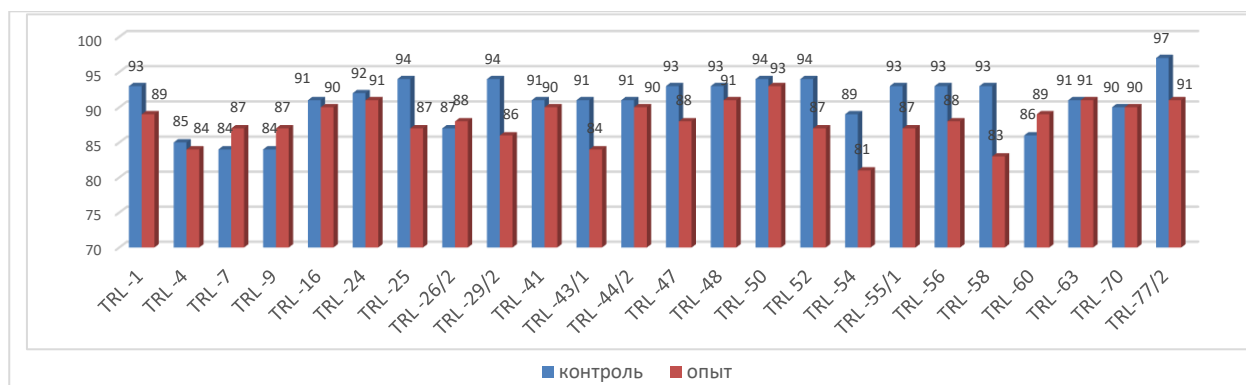


Рис. 1. Относительная тургесцентность листьев различных образцов тритикале, %, 2022 г.

Относительная тургесцентность у растений озимой тритикале составила 84-97% в контроле и 81-91% в опытных вариантах. Этот параметр был на 7-10% ниже у опытных растений: TRL – 25, TRL – 29/2, TRL – 43/1, TRL – 52, TRL – 54, TRL – 58 по сравнению с контролем. Однако в некоторых вариантах опыта наблюдалось увеличение относительной тургесцентности: у таких генотипов, как TRL-7, TRL-9 и TRL-60, этот показатель был выше на 3%. По данным ряда авторов, в условиях дефицита воды относительная тургесцентность в листьях озимой пшеницы снижалась на 3-18%, тогда как в нашем исследовании уменьшение этого показателя у растений тритикале составляло 3-6% [5].

Очень важную роль в регуляции водного обмена растений играет водоудерживающая способность их клеток, которая отражает устойчивость растений к засухе и высоким температурам, поскольку ее величина определяется количеством осмотически активных веществ, собранных в клетке, способностью набухания коллоидов за счет связанной воды и проницаемостью мембран [6]. При недостатке воды в засушливых условиях количество воды, связанной с осмотическими веществами (например, пролином), увеличивается, следовательно, увеличивается и водоудерживающая способность. По мере увеличения роста недостатка воды водоудерживающая способность значительно повышается у более устойчивых образцов [7].

Определение водоудерживающей способности в наших исследованиях показало, что у большинства образцов, выращенных в условиях орошения, этот показатель меньше, чем в условиях дефицита воды (рис. 2). В условиях орошения водоудерживающая способность контрольных растений колебалась в пределах 41,78-84,48%. В случае нехватки воды этот показатель увеличивался и варьировал в диапазоне 49-92,5%. Наблюдалось удержание значительного количества воды в клетках у некоторых опытных вариантов тритикале: у образцов тритикале TRL -54 водоудерживающая способность увеличилась на 40%; у образца TRL -43/1 – на 39%; в варианте TRL -9 – на 28%; у TRL -41 – на 20% и у TRL-70 – на 17. %. В целом, другие экспериментальные варианты показали увеличение удержания воды на 4-15% по сравнению с контролем. У пшеницы, которая является одной из родительских форм тритикале, способность удерживать воду при водном стрессе слабее и увеличивается только на 8-29% и 8-13% [5, 8].

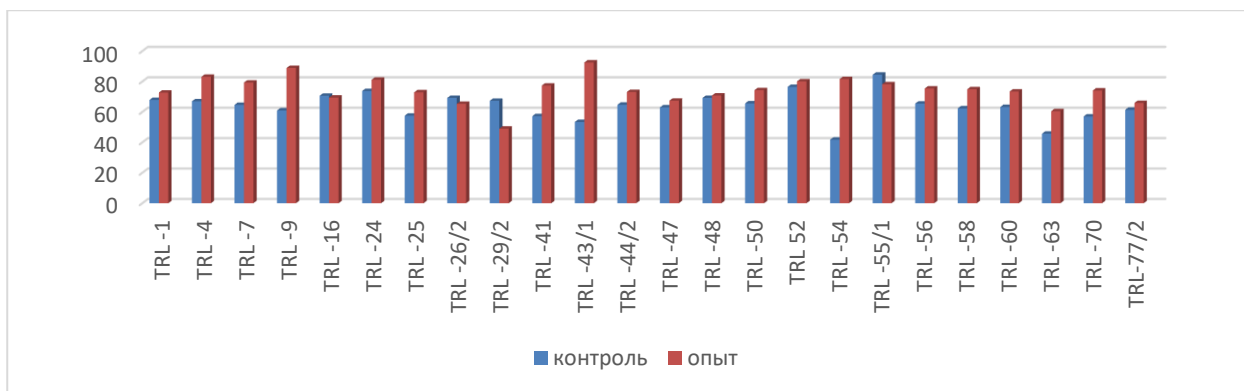


Рис. 2. Водоудерживающая способность листьев различных образцов тритикале, %, 2022 г.

Надо отметить, что среди изученных образцов озимой тритикале также были обнаружены растения с пониженной водоудерживающей способностью: 65,3% (в контроле 69,2%) у TRL – 26/2; 49,0% (в контроле 67,33%) у TRL – 29/2; 78,2% (в контроле 84,48%) у TRL – 55/1.

Водопоглощающая способность является показателем степени восстановления растений после перенесенного стресса. В условиях орошения водопоглощение у контрольных растений колебалось в пределах 55,7-132,4% (рис. 3). В условиях водного дефицита у опытных растений водопоглощение составляло от 84,2 до 100,8%. Большинство генотипов поглощали воду намного активнее, чем контрольные растения. Однако образцы TRL - 7, TRL - 24, TRL - 43/1, TRL - 44/2, TRL – 50 воду поглощали слабо. Их водопоглощающая способность была ниже, чем в контроле на 6-34%.

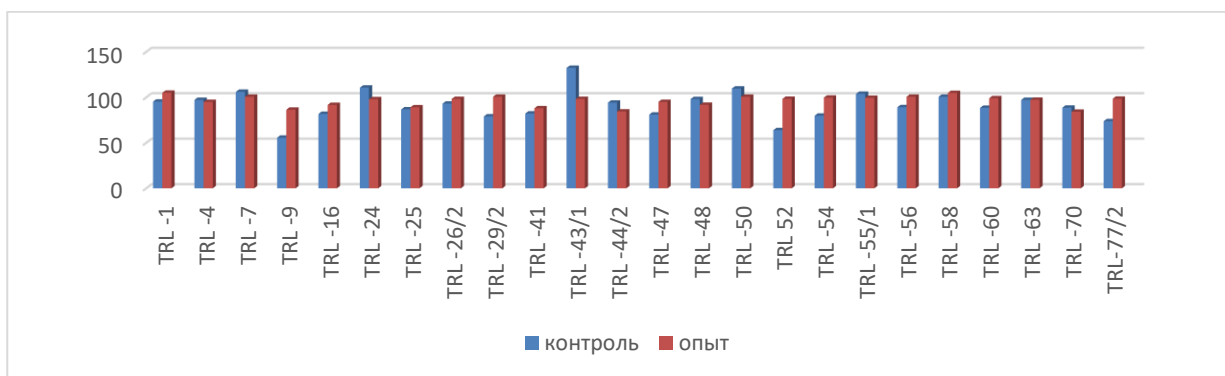


Рис. 3. Водопоглощающая способность листьев различных образцов тритикале

Надо отметить, что у озимой мягкой пшеницы в условиях засухи, по сравнению с оптимальным увлажнением, наблюдалось увеличение водопоглощающей способности на 10-194% [5].

Как было отмечено выше, из всех изученных образцов озимой тритикале были отобраны 6 образцов с высокой водоудерживающей способностью. Результаты опыта по определению содержания пролина показали, что в условиях стресса оно выше в экспериментальных вариантах, чем в контроле. (рис. 4). Не изменилось по сравнению с контролем лишь содержание свободного пролина у варианта опыта TRL – 70, который показал наименьшую водоудерживающую способность (57%) среди образцов, включенных в анализ. По-видимому, у данного образца наблюдается уравнивание процессов потребления и синтеза пролина при водном стрессе. При водоудерживающей способности 65,5%, которая наблюдалась у опытных растений TRL – 56, их водоудерживающая способность увеличилась только на 10% по сравнению с контролем, при этом содержание свободного пролина увеличилось значительно – до 175% и составило 1,98 мкМ/ г. Максимальное содержание свободного пролина при водном стрессе наблюдали в листьях растений TRL-4 – на 195,5% больше, чем в контроле, что составило 3,28 мкМ/г. У

этого образца водоудерживающая способность в условиях орошения составляла 67%, а при водном стрессе увеличилась на 7%. У образца TRL -55/1, обладающего максимальной водоудерживающей способностью (84,84%) в условиях орошения, наблюдалось снижение этого параметра при водном дефиците, однако, содержание свободного пролина увеличилось на 44,6% и составило 1,62 мкМ/г.

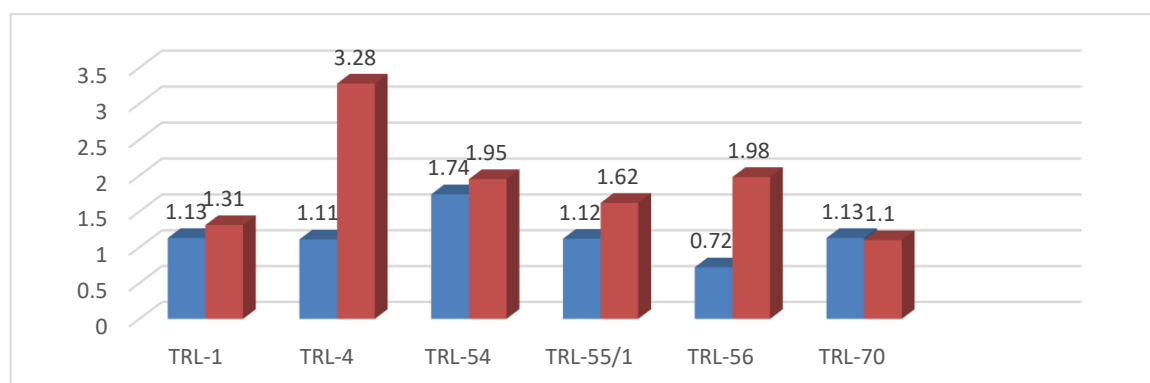


Рис.4. Определение свободного пролина в листьях отобранных образцов озимой тритикале, мкМ/г, 2023 г.

В то же время надо отметить отчетливую обратно пропорциональную связь между относительной тургесцентностью и содержанием свободного пролина. Уменьшение оводненности тканей листьев сопровождалось увеличением содержания свободного пролина. Исключение составлял генотип TRL-70, где значения относительной тургесцентности и содержания свободного пролина не менялись (рис. 1, 4).

Выводы

1. Установлено, что водоудерживающая и водопоглощающая способности листьев засухоустойчивых образцов растений озимой тритикале усиливаются при недостатке воды. Повышение водоудерживающей способности объясняется увеличением содержания свободного пролина в клетках при водном стрессе, которое приводит к увеличению количества связанной воды. Увеличение водопоглощающей способности является показателем самовосстановления растений после стресса и играет важную роль в обнаружении устойчивых образцов.

2. Повышение количества свободного пролина в клетках растений тритикале прямо пропорционально водоудерживающей способности и обратно пропорционально относительной тургесцентности.

3. По комплексу показателей водного режима в листьях выделились следующие генотипы: TRL-1, TRL-4, TRL-9, TRL-25, TRL-41, TRL-54, TRL-56, TRL-58, TRL-60, TRL-77/2. А образцы TRL-1, TRL-4, TRL-54, TRL-56, TRL-70 отличились еще и по содержанию свободного пролина. Проведенные исследования показывают, что высокий уровень устойчивости к водному стрессу, который демонстрируют эти образцы, объясняется быстрой реакцией их водного обмена на изменение условий внешней среды, то есть проявление адаптивных свойств при воздействии стресса. Образец озимой тритикале TRL -63 показал высокую стабильность. Показатели водного режима этого образца не изменялись в условиях орошения и водного дефицита. Остальные образцы можно отнести к умеренно устойчивым.

Литература

1. (<https://produkt.by>).
2. Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А., Ионова Е.В. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 6 (30) – С. 30-35.
3. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. // Plant Soil. – 1973 - 39: - 205-207

4. Ионова Е.В., Некрасов Е.И. Изменение водного режима растений озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («Засушник») // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2014 – № 4 (12). – С. 42-45.
5. Ионова Е.В., Газе В.Л., Марченко Д.М., Некрасов Е.И. Показатели водного режима растений озимой мягкой пшеницы при различных условиях выращивания. // *Аграрный вестник Урала*. – 2014. – № 10 – С. 18-21.
6. Головина Е.В., Зайцев В.Н. Влияние погодных условий на водный режим, пигментный комплекс и продуктивность сои. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2016. – № 2 (18). – С. 111-116.
7. Головина Е.В., Зотиков В.И., Гришечкин В.В. Водный режим сортов сои северного экотипа и продуктивность. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – № 2 (14). – С. 37-41
8. Эргашев А.Э., Абдуллаев А.А., Каримов Х.Х., Иброхимов К., Рахимов М. Влияние почвенной засухи на водообмен в листьях пшеницы. Доклады Академии Наук Республики Таджикистан // 2010 - Том 53 – № 1. – С.64-69

References

1. (<https://produkt.by>).
2. Krivosheev G.YA., Shevchenko N.A., Ionova E.V. Resistance to water stress of new self-pollinated lines and hybrids of corn // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2013, no. 6 (30), pp. 30–35. (In Russ.)
3. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. // *Plant Soil*. – 1973 - 39: - 205-207
4. Ionova E.V., Nekrasov E.I. Water regime change in plants of winter wheat in the background provocative («silk conditions») // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, no.4(12), pp.42-45 (In Russ.)
5. Ionova E.V., Gaze V.L., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. Indicators of the water regime of winter soft wheat plants under different growing conditions. // *Agrarnyi vestnik Urala*, 2014, no. 10, pp.18-21. (In Russ.)
6. Golovina E.V., Zaitsev V.N. Influence of weather conditions on water regime, pigment complex and soybean productivity // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no.2 (18), pp.111-116. (In Russ.)
7. Golovina E.V., Zotikov V.I., Grishechkin V.V. Water regime of northern ecotype soybean varieties and productivity. // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, no.2 (14), pp.37-41 (In Russ.)
8. Ehrgashev A.EH., Abdullaev A.A., Karimov Kh.Kh., Ibrokhimov K., Rakhimov M. The influence of soil drought on water exchange in wheat leaves. *Doklady Akademii Nauk Respubliki Tadjhikistan*, 2010, Vol. 53, no.1, pp.64-69. (In Russ.)