

ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ В ЛИСТЬЯХ ОБРАЗЦОВ СОИ

З.Ш. ИБРАГИМОВА, кандидат биологических наук

E-mail: ziyade.ibrahimova@gmail.com

ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ, АЗЕРБАЙДЖАН

Исследовательская работа направлена на определение параметров водного режима и содержания свободного пролина у образцов сои в условиях засухи. Использованные в исследовании семена сои были предоставлены Национальным Генбанком и выращены на опытно-полевом участке Института генетических ресурсов. Параметры водного режима в листьях растений определяли в условиях полива и засухи. На основе результатов определения водоудерживающей способности, полученных на контрольных растениях, изучено содержание свободного пролина в листьях сортов Чукурова 4, Чукурова 12 и Антониа. Наблюдали изменения значений дефицита и относительного содержания воды, водоудерживающей способности, содержания свободного пролина. В условиях водного стресса низкий уровень дефицита воды, но высокое относительное содержание воды отмечали у сортов Чукурова 3, Чукурова 7, Канада 4, Канада 6, Антониа, Ангелика. По значениям водоудерживающей способности можно судить о том, выдерживают ли растения засуху. У контрольных растений водоудерживающая способность колебалась в диапазоне 27,3% (Чукурова-3) – 50,6% (Антониа), в условиях засухи – 33,34% (Чукурова-12) – 55,19% (Канада 7). Образцы со значениями водоудерживающей способности выше 50% в условиях засухи, можно считать более устойчивыми: Канада 1, Канада 7, Антониа, Ангелика. Несмотря на несколько низкое значение водоудерживающей способности, образец Чукурова 7 также отличился засухоустойчивостью. Прослеживается определенная взаимосвязь между содержанием свободного пролина и водоудерживающей способностью листьев (по потере воды в течение 4 часов), относительным содержанием воды и дефицитом воды. Так, высокие показатели содержания свободного пролина, относительного содержания воды и водоудерживающей способности сопровождаются низкими значениями дефицита воды, что указывает на удержание воды в тканях.

Ключевые слова: соя, водный режим, дефицит воды, относительное содержание воды, водоудерживающая способность, пролин.

Для цитирования: Ибрагимова З.Ш. Влияние засухи на водный режим в листьях образцов сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46):59-65. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-59-65

THE EFFECT OF DROUGHT ON THE WATER REGIME IN THE LEAVES OF SOYBEAN SAMPLES

Z.Sh. Ibrahimova

ANAS INSTITUTE OF GENETIC RESOURCES, AZERBAIJAN

Abstract: *The research work was aimed at determining the characteristics of the parameters of the water regime and the content of free proline in soybean samples in drought conditions. The seeds of soybean varietal crops used in the study were provided by the Genbank of the Institute of Genetic Resources and grown at the experimental field site of the Institute. The parameters of the water regime in plant leaves were determined under conditions of irrigation and drought. Based on the results of the water-holding capacity obtained on control plants, the content of free proline in the leaves of the experimental varieties Chu-4, Chu-12 and Antonia was determined. Changes in the values of deficiency and relative water content, water retention capacity, and free proline content*

were observed. Under conditions of water stress, a low level of water deficiency, but a high relative water content was noted in samples of varieties Chu-3, Chu-7, Canada-4, Canada-6, Antonia, Angelica. According to the values of the water-holding capacity, it is possible to judge whether plants withstand drought. In control plants, the water-holding capacity varied in the range of 27.3% (Chu-3) - 50.6% (Antonia), in drought conditions - 33.34% (Chu-12) - 64.93% (Chu-3). Samples with water holding capacity values above 50% in drought conditions can be considered resistant: Chu-3, Canada-1, Canada-7, Antonia, Angelika. Despite the somewhat low value of water-holding capacity, the Chu-7 sample also distinguished itself by drought resistance. There is a certain relationship between the content of free proline and the water retention capacity of the leaves (by water loss within 4 hours), the relative water content and water deficiency. Thus, high indicators as free proline content and relative water content are accompanied by low values of water retention capacity and water deficiency, which indicates water retention in tissues.

Keywords: soybean, water regime, water scarcity, relative water content, water retention capacity, proline.

Соя (*Glycine max* L.) – один из основных представителей зернобобовых культур, являющихся естественным источником белков, жиров и минеральных элементов. Содержание белка в одной кормовой единице зеленой массы сои составляет 217 грамм [1]. Соя широко используется в пищевых, кормовых и технических целях, является ценным кормовым растением. Соя, которую можно сеять попеременно с зерновыми, кукурузой, обогащает почву азотом, так как участвует в естественном круговороте азота. Начиная с 2020 года в Азербайджане проводится активная работа по расширению посевных площадей этого растения. Создание продуктивных сортов сои может не только обеспечить животноводство полезными кормовыми продуктами, но и помочь свести к минимуму импорт кормовых ресурсов из зарубежных стран. Но, несмотря на создание продуктивных сортов и повышение урожайности, потери, связанные с абиотическими и биотическими стрессовыми факторами, также наблюдаются [2]. Важное значение в селекции устойчивых сортов и форм имеет разработка ранней диагностики засухоустойчивости растений. Поэтому изучение физиолого-биохимических аспектов влияния засухи, характерной для климата Азербайджана, на растение сои является приоритетным вопросом. В растительном организме засуха способна оказывать сильное влияние на ход физиологических процессов, в том числе и на водный режим. Изучение параметров водного режима составляет основу определения засухоустойчивости растений. Это, прежде всего, водоудерживающая способности, дефицит воды, относительное содержание воды [3].

В реакция растений сои на стресс большая роль принадлежит свободному пролину. Так, различные организмы используют эту аминокислоту для устранения дисбаланса клетки, возникающего из-за неблагоприятных условий окружающей среды [4].

Цель исследований – определение характеристики параметров водного режима и содержания свободного пролина у образцов сои в условиях засухи.

Материал и методы

В исследовании использованы семена 21 сорта сои (*Glycine max* L.): Чукурова 3, Чукурова 4, Чукурова 5, Чукурова 6, Чукурова 7, Чукурова 8, Чукурова 9, Чукурова 12, Чукурова 13, Чукурова 14, Канада 1, Канада 4, Канада 5, Канада 6, Канада 7, Уманская, Антония, Ангелика, Аяз, Алекса, Киота, были предоставлены Национальным Генбанком Азербайджана. Исследования проводились в 2021 и 2022 годах. Летний период этих годов на Апшероне характеризовался идентичными климатическими условиями, а именно жарой (средняя температура июня-июля составляла 28-34°C), сухими ветрами (25-50 км/ч), без осадков (3-4 мм). Используемые в опыте образцы сои выращивались на опытно-полевом участке Института Генетических Ресурсов. Контролем служили растения, выращенные при оптимальном поливе (70%), опытные же растения в течение 7 дней подвергались засухе (30-35%). Параметры водного режима в листьях растений определяли по методике Кожушко Н.Н. [5] и рассчитывали по формулам:

1) $Sd = \frac{Bn \cdot 100\%}{B}$; где Sd – дефицит воды (%), Bn – количество поглощенной воды, равное разности между весом листа в полностью насыщенном состоянии и весом до насыщения (г), B – общее содержание воды в листьях в состоянии полного насыщения, равное разности между весом листа в полностью насыщенном состоянии и сухим весом навески (г). Для определения сухого веса лист сушился в термостате при температуре 100°C в течение 1 часа.

2) $Ss = \frac{b \cdot 100\%}{a}$; где Ss – водоудерживающая способность (%), потеря воды листьями за определенный промежуток времени (в течение 4 часов) (%) по отношению к исходному количеству воды в листьях (%), a – содержание воды в листьях на начало эксперимента (г), b – количество воды, потерянное за определенный промежуток времени при увядании (г).

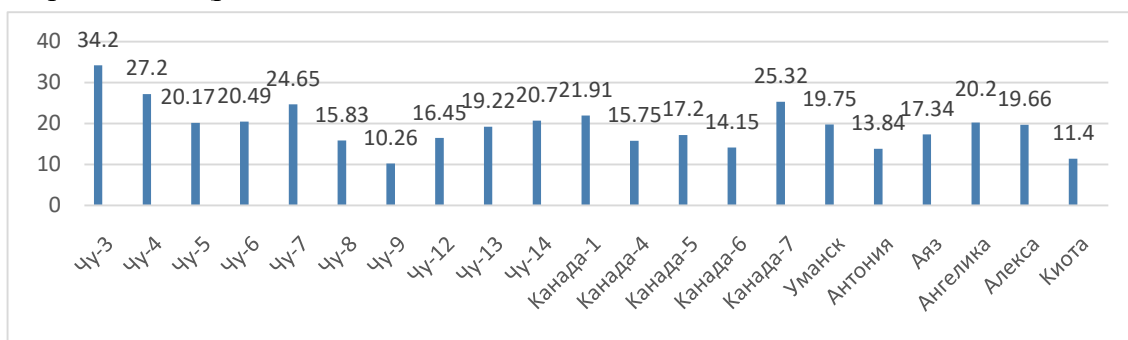
3) $NS = \frac{(A - B)}{(C - B)} \cdot 100\%$; где NS – относительное содержание воды в листьях (%), A – содержание воды в листьях на начало эксперимента (г), C – вес листа в полностью насыщенном состоянии (г), B – сухой вес листа (г).

Содержание свободной пролина определяли в листьях сортов Чукурова 4, Чукурова 12 и Антония, различающихся по водоудерживающей способности контрольных растений [6]. Содержание пролина измеряли с помощью спектрофотометра (UV-3100 PC) при длине волны 520 нм и вычисляли по калибровочной кривой.

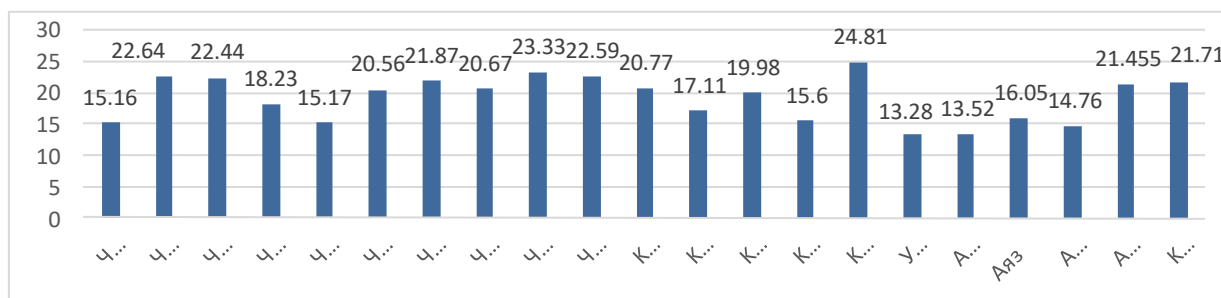
Результаты и их обсуждение

В оптимальных условиях водный баланс поддерживается за счет того, что в растительном организме испаряемая вода при транспирации уравнивается поглощаемой водой корнями из почвы. По мере повышения температуры воздуха в листьях увеличивается испарение воды из устьиц и таким образом у растений возникает нехватка влаги. Причина возникновения водного дефицита в том, что количество поглощаемой воды значительно меньше испаряемой. Чтобы предотвратить подобное явление, у растений активизируются защитные механизмы: закрываются устьица и повышается водоудерживающая способность [7].

Параметры водного режима сортовых образцов сои определяли в условиях жаркого климата Апшерона. Анализ показателей дефицита воды выявил разницу по этому параметру среди образцов сои (рис. 1).



(1)



(2)

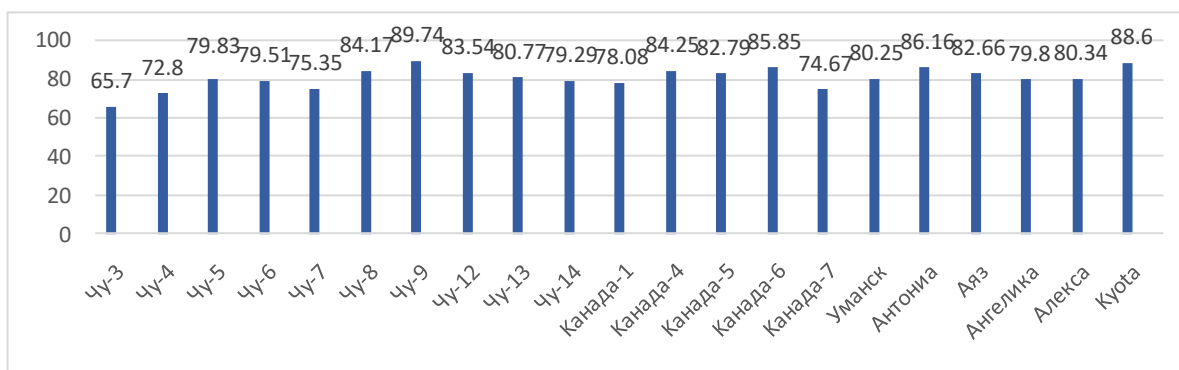
Рис. 1. Показатели дефицита воды в листьях образцов сои (%), 2021 г.

1) контроль; 2) в условиях засухи

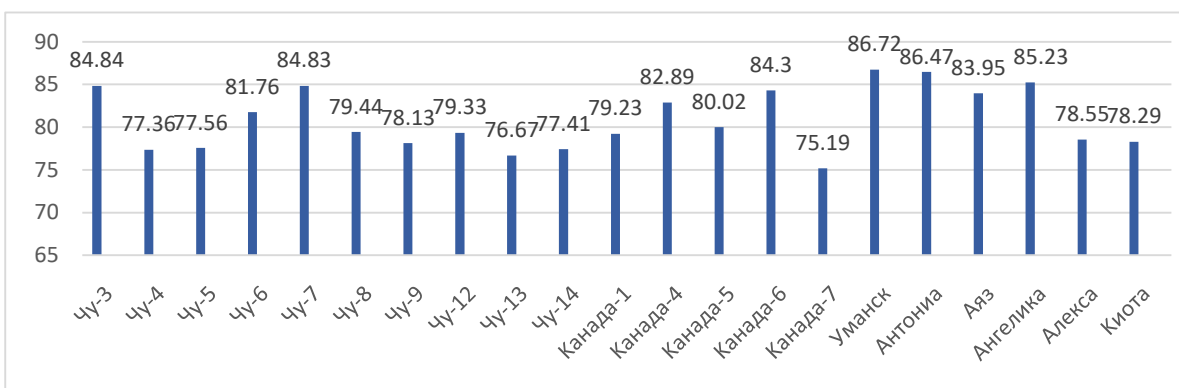
В условиях полива у контрольных образцов сои Чукурова 9, Киота, Антониа и Канада 6 наблюдали низкий дефицит воды – 10,26; 11,45; 13,84 и 14,15%, соответственно. Максимальный дефицит воды продемонстрировали образцы Чукурова 3 (34,2%), высокий дефицит воды – Чукурова 4 (27,2%), Чукурова 7 (24,65%), Канада 7 (25,32%).

При засухе растения сортов Ангелика, Антониа и Уманская характеризовались низкими показателями дефицита воды – 14,76; 13,52 и 13,28%, соответственно. Высокий дефицит воды наблюдался в образцах сортов Чукурова-4, Чукурова-5, Чукурова-13, Канада-7 и составил 22,64; 22,44; 23,33 и 24,81%.

Определение относительного содержания воды в тканях листьев растений сортов сои показало, что в условиях полива у растений контрольных вариантов этот параметр изменялся в интервале от 65,7% (Чукурова 3) до 89,74% (Чукурова 9) (рис.2). Во время засухи этот показатель варьировал в диапазоне 75,19 (Канада – 7) – 86,72 (Уманская). У образцов Чукурова 3, Чукурова 4, Чукурова 6, Чукурова 7, Канада 1, Антониа, Уманская, Аяз, Ангелика зафиксировано увеличение относительного содержания воды в условиях засухи. Сравнительный анализ показал, что во время засухи у растений Чукурова 3 относительное содержание воды оказалось на 19,14% выше контрольного показателя, у растений сорта Чукурова 7 – на 9,1%, у сорта Уманская – на 6,47%. В листьях растений остальных вариантов опыта наблюдалось снижение относительного содержания воды во время засухи.



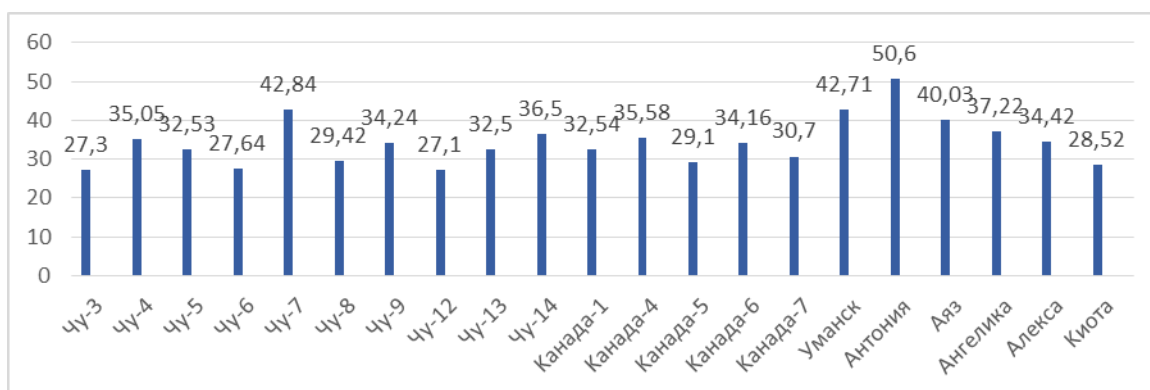
(1)



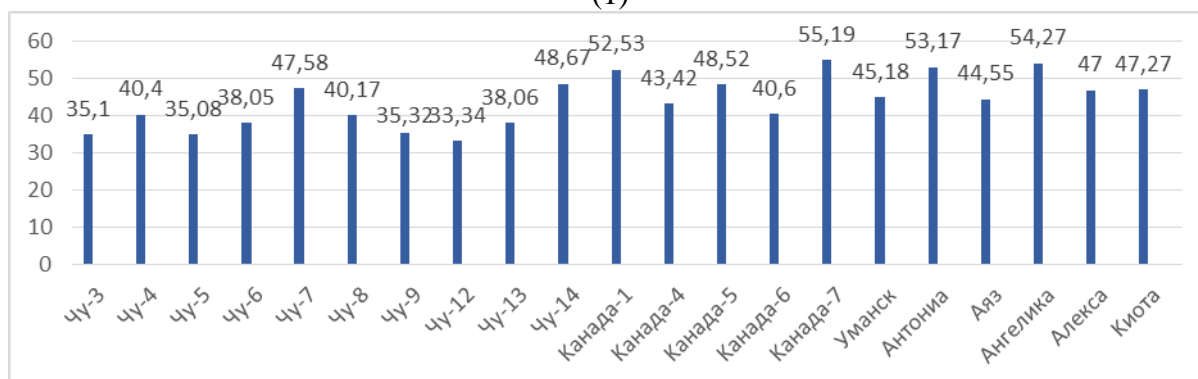
(2)

Рис. 2. Показатели относительного содержания воды в листьях образцов сои (%); 2021 г. 1) контроль; 2) в условиях засухи

По значениям водоудерживающей способности можно судить о том, насколько растения устойчивы к засухе (рис. 3). У контрольных растений водоудерживающая способность колебалась в диапазоне 27,3% (Чукурова 3) – 50,6% (Антония), а в условиях засухи в диапазоне 33,34% (Чукурова 12) – 55,19% (Канада 7). Анализ процентного соотношения водоудерживающей способности растений, подвергнутых засухе, по сравнению с контрольными образцами выявил меньшую потерю воды в листьях сортов Канада 7 (55,19%), Ангелика (54,27%), Антония (53,17%) и Канада 1 (52,53%). При нехватке воды увеличивались водоудерживающая способность и содержание связанной воды с осмотическими соединениями, накапливающихся в клетках. Согласно мнению Е.В.Головиной, у сортов с более высокой степенью устойчивости по мере увеличения засухи усиливается способность удерживать воду в клетках растений [8]. В условиях засухи значения водоудерживающей способности повысились на 4,6-6,0% по сравнению с контролем. Уменьшение потери воды листьями сои в условиях засухи составило 1,1-24,5%. Так, потеря воды относительно контроля в опытном варианте сорта Чукурова 9 уменьшилась на 1,1%, в образцах Чукурова 5, Уманская и Антония на 2,6%, в образцах сорта Аяз на 4,5%, в образцах Чукурова 4 на 9,9%, а в варианте Чукурова 13 на 5,6%. Наименьшая потеря воды относительно контроля наблюдалась в экспериментальном варианте Канада 7 (24,5%).



(1)



(2)

Рис. 3. Показатели водоудерживающей способности в листьях образцов сои (%); 2021-2022гг. 1) контроль; 2) в условиях засухи

На основании значений водоудерживающей способности растений контрольных вариантов, в листьях растений образца с минимальным значением Чукурова 12 (27,1%), максимальным – Антония (50,6%) и со средним показателем Чукурова 4 (35,05%) определяли содержание свободного пролина в условиях засухи. Содержание пролина в листьях растений сорта сои Чукурова 12 составило 9,77 μM /г, в листьях образцов Антония - 11,0 μM /г. У растений сорта Чукурова 4 содержание пролина доходило всего лишь до 3,5 μM /г. Водоудерживающая способность повысилась на 2,57% от контроля в листьях образцов сорта сои Антония, что говорит о меньшей потере воды за 4 часа относительно

контроля. Соответствующая потеря воды была на 5,4% меньше у растений сорта Чукурова 4 и на 6,2% меньше у образцов Чукурова 12 (табл. 1).

Таблица 1

Параметры водного режима и содержание свободного пролина в листьях сои, 2022 г.

Чукурова 4		
	контроль (%)	засуха (%)
Относительное содержание воды	72,8	77,36
Дефицит воды	27,2	22,64
Водоудерживающая способность	35,05	40,4
Содержание пролина		3,5µM/g
Чукурова 12		
Относительное содержание воды	83,54	79,33
Дефицит воды	16,45	20,67
Водоудерживающая способность	27,1	33,34
Содержание пролина		9,77µM/g
Антониа		
Относительное содержание воды	86,16	86,47
Дефицит воды	13,84	13,52
Водоудерживающая способность	50,6	53,17
Содержание пролина		11,0 µM/g

Заключение

В условиях водного стресса низкий уровень дефицита воды сопровождался высоким относительным содержанием воды у образцов сортов Чукурова 3, Чукурова 7, Канада 4, Канада 6, Антониа, Ангелика. У образцов сои Чукурова 7, Чукурова 14, Канада 1, Канада 5, Канада 7, Уманская, Ангелика, Антониа, Алекса и Киота потеря воды оказалась ниже 45,0%. Учитывая, что для устойчивых сортов в нормальных естественных условиях произрастания характерно содержание относительной воды в тканях от 70,0-80,0% и выше, то образцы со значениями водоудерживающей способности выше 50,0% в условиях засухи, можно считать более устойчивыми: Канада 1, Канада 7, Антониа, Ангелика. Несмотря на несколько низкое значение водоудерживающей способности, образец Чукурова 7 также отличился засухоустойчивостью.

Прослеживается определенная взаимосвязь между содержанием свободного пролина и водоудерживающей способностью тканей листьев (потеря воды в течение 4 часов), относительным содержанием и дефицитом воды. Высокие результаты таких показателей, как содержание свободного пролина, относительное содержание воды и водоудерживающая способность сопровождаются низкими значениями дефицита воды, что указывает на удержание воды в тканях.

Литература

1. <https://azsf.az/products/soya>
2. Lobato A., Oliveira Neto C.F., Gomes B.S.F., Borges K. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. *Australian Journal of Science*, 2008, V.2, №1, p. 327-333
3. 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.
4. Kumar TK, Samuel D, Jayaraman G, Srimathi T, and Yu C. The role of proline in the prevention of aggregation during protein folding in vitro. *Biochem Mol Biol Int* - 1998 – V.46 – p. 509–517.
5. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) под ред. Г. В. Удовенко. Л., 1988. ВИР. – 49 с.

6. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 1973.39.:205-207
7. Храмченкова О.М. Физиология растений. Экология водного обмена. – 2016, Чернигов. – 41 с.
8. 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.

References

1. <https://azsf.az/products/soya>
2. Lobato A., Oliveira Neto C.F., Gomes B.S.F., Borges K. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. *Australian Journal of Science*, 2008, V.2, №1, pp. 327-333
3. Ionova E.V., Nekrasov E.I. Izmenenie vodnogo rezhima rastenii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh provokatsionnogo fona («zasushnik») [Changes in the water regime of winter soft wheat plants under conditions of a provocative background (“dryland”).]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, №4 (12), pp.42-45. (In Russian)
4. Kumar TK, Samuel D, Jayaraman G, Srimathi T, and Yu C. The role of proline in the prevention of aggregation during protein folding in vitro. *Biochem Mol Biol Int*. 1998, V.46, pp. 509–517.
5. Kozhushko N. N. Otsenka zasukhoustoichivosti polevykh kul'tur. Diagnostika ustoichivosti rastenii k stressovym vozdeistviyam (metodicheskoe rukovodstvo) pod red. G. V. Udovenko [Evaluation of drought resistance of field crops. Diagnosis of plant resistance to stress (guideline)]. L., 1988, VIR, 49 p.(In Russian)
6. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. *C.Plant Soil*. 1973, V.39, pp.205-207.
7. Khramchenkova O.M. Fiziologiya rastenii. Ehkologiya vodnogo obmena [Physiology of plants. Ecology of water exchange]. 2016, Chernigov, 41p.
8. Golovina E.V., Zotikov V.I., Grishechkin V.V. Water regime of soybean varieties of northern ecotype and productivity. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, №2 (14), pp.37-41