

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-62-66>
УДК 634.11:581.11.045

Ожерельева З.Е.,
Красова Н.Г.,
Галашева А.М.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, п/о Жилина
E-mail: ozherelieva@vniispk.ru, krasova@vniispk.ru, galasheva@vniispk.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изучение параметров водного режима яблони в условиях засухи. *Овощи России*. 2019;(6):62-66. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-62-66>

Поступила в редакцию: 19.08.2019
Принята к печати: 10.11.2019
Опубликована: 25.11.2019

Zoya E. Ozherelieva,
Nina G. Krasova,
Anna M. Galasheva

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK)
Zhilina, Orel region, Russia, 302530

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Ozherelieva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. Study of water regime parameters in apples during drought. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):62-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-62-66>

Received: 19.08.2019
Accepted for publication: 10.11.2019
Accepted: 25.11.2019

Изучение параметров водного режима яблони в условиях засухи



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В последнее время число жарких и засушливых лет значительно увеличилось. Под действием засухи у растений яблони преждевременно опадают листья, осыпаются завязи и плоды, что существенно сказывается на урожае. В связи с этим изучение водного режима яблони в условиях засухи сохраняет свою актуальность.

Материал и методика. Исследования проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2016-2017 годы. Объектами исследований служили сорта яблони селекции института, растущие на полукарликовом подвое 54-118. Контрольный сорт – Антоновка обыкновенная. Опыты заложены в 2013 году, схема посадки 5х3 м. Форма кроны – веретеновидная. Междуядья и приствольные полосы содержатся под черным паром. Для определения засухоустойчивости сортов яблони использовали метод искусственного обезвоживания. Изучали сорта яблони с целью определить физиологические параметры водного режима в связи с их засухоустойчивостью.

Результаты. В результате двухлетних исследований изучаемые сорта яблони характеризовались средней оводненностью (61,2-66,1%) листьев. Водный дефицит в полевых условиях у большей части сортов был оптимальным и не превышал 10,0%. После моделирования засухи отметили повышение водного дефицита в листьях сортов яблони. Наименьший водный дефицит за два года исследований выявили, как в полевых условиях (5,2%), так и после моделирования засухи (22,4%), в листьях сорта Веняминовское. Распределение осадков и температуры в период вегетации при прохождении растениями яблони отдельных фаз влияло на оводненность тканей листьев яблони. При наступлении засушливых условий наблюдали снижение оводненности тканей листьев и повышение водного дефицита. Отмечено снижение оводненности тканей и водного дефицита листьев в большей степени в период формирования плодов. Установлено, что все изучаемые сорта яблони имеют средний уровень устойчивости к действию засухи. Изучение параметров водного режима показало, что сорт Веняминовское характеризовался более стабильными значениями исследуемых показателей, что свидетельствует о большей устойчивости к воздействию засушливых условий.

Ключевые слова: яблоня, сорт, клоновый подвой, водный режим, засухоустойчивость.

Study of water regime parameters in apples during drought

ABSTRACT

Relevance. Recently, the number of hot and dry years has increased significantly. Under the influence of drought, the leaves of the apple tree prematurely fall, the ovaries and fruits fall off, which significantly affects on the yield. In this regard, the study of the water regime of apple remains relevant under drought conditions.

Methods. The studies were carried out on the basis of the laboratory of physiology of fruit plant resistance at VNIISPK in 2016-2017. Apple cultivars of the VNIISPK breeding growing on the semi-dwarf rootstock 54-118 were studied. Antonovka Obyknovennaya was taken as a standard cultivar. The experiments were laid in 2013, the spacing scheme was 5 m x 3 m. The crown shape is of spindle type. The row-spacing and near-trunk stripes are kept under the fall fallow. The method of artificial dehydration was used to determine drought resistance of apple cultivars. The apple cultivars were studied with the aim to determine the physiological parameters of water regime relative to their drought resistance.

Results. As a result of the two-year studies, the cultivars were characterized by the average content of water in leaves (61.2-65.1%). Water deficiency in most varieties was optimal in the field and did not exceed 10.0%. The increase in water deficiency in apple leaves was noted in drought modeling. For two years, of the leaf tissues water deficiency was in leaves of the Veniaminovskoye cultivar both in the field (5.2%) and after drought modeling (22.4%). During the growing season, the distribution of precipitation and temperature during the passage of individual phenophases by apple plants influenced the overall water content in the leaf tissues. The decrease of the water content in the leaf tissues and the increase of water deficiency were observed when dry conditions occurred. The decrease of the water regime and water deficiency in leaves was notes to a greater extent during the formation of fruits. It was found that all of the studied apple cultivars had an average level of resistance to drought. The study of water regime parameters showed that Veniaminovskoye was characterized by more stable indices and this indicated greater resistance to drought.

Keywords: apple, cultivar, semi-dwarf rootstock, water regime, drought resistance.

Введение

Водный стресс оказывает негативное воздействие на рост и развитие растений [1, 2, 3, 4], и является ограничивающим фактором в растениеводстве во всем мире [5, 6]. При этом по выносливости к засухе сельскохозяйственные культуры значительно различаются [7, 8]. Средняя полоса России входит в зону недостаточного и нерегулярного водообеспечения. В последнее время число жарких и засушливых лет значительно увеличилось. В условиях Орловской области вероятность лет с интенсивными засухами и суховеями составляет 20-55%, причем часто они бывают в июне и июле, в период активной вегетации и плодоношения плодовых и ягодных культур. Под действием засухи у них желтеют и преждевременно опадают листья, осыпаются завязи и плоды, рано приостанавливается рост побегов [9]. Исследование засухоустойчивости сортов яблони связано, в первую очередь, с изучением водного режима. Водный режим растения – важный показатель его функционального состояния и потенциальной продуктивности. Однако он является одним из самых сложных для изучения свойств организма, что связано с динамичностью показателей водного потенциала [10].

Водный режим определяется физиологическими показателями (оводненность листьев, водный дефицит, восстановление оводненности), которые дают возможность в определенной степени оценить устойчивость сорта к недостатку влаги [11, 12, 13]. Аналогичный подход широко используют зарубежные физиологи – в роли критерия засухоустойчивости выступает содержание воды в листьях как мера водного дефицита в стрессовых условиях [10, 14]. Изучены интенсивность транспирации и изменение диаметра привоев яблони, которые были привиты на разные подвои [15]. В других работах показана реакция сортов земляники на засуху на основе оценки урожайности, морфологических и физиологических параметров [16, 17].

Состояние водного режима сортов яблони, растущих на полукарликовых подвоях, существенно отражается на росте, развитии, продуктивности, качестве плодов. В связи с этим определение параметров водного режима слаброслых привойно-подвойных комбинаций яблони в условиях засухи сохраняет свою актуальность.

Цель исследований – изучить засухоустойчивость сортов яблони на основе определения параметров водного режима.

Объекты исследований

Исследования проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2016-2017 годы. Объектами исследований служили сорта яблони селекции института, растущие на полукарликовом подвое 54-118: Болотовское, Веньяминовское, Ветеран, Орлик, Рождественское, Свежесть, Синап орловский. Контрольный сорт – Антоновка обыкновенная. Свежесть, Синап орловский – позднезимние сорта, остальные – зимнего срока созревания. Опыты заложены в 2016 году, схема посадки 5х3 м. Форма кроны – веретеновидная. Междуядья и приствольные полосы содержатся под черным паром.

Методы исследований

Исследования осуществляли согласно методическим рекомендациям [18]. Для определения засухоустойчивости

сортов яблони использовали метод искусственного обезвоживания в 2-кратной повторности по 5 листьев в каждой. Пробы листьев брали в сухую жаркую погоду, в утренние часы. Для определения общей оводненности и сухой массы брали по 5 листьев в двух повторностях, раскладывали в металлические боксы и высушивали в климатической камере «Eспес» PSL-2KPH при температуре 105°C до постоянной массы. Потери воды листьями яблони определяли на момент (через 4 часа) завершения процесса обезвоживания. Для определения способности к восстановлению оводненности через 4 часа обезвоживания листья взвешивали и ставили на насыщение водой на 12 часов. Статистическую обработку результатов выполнили методом дисперсионного анализа [19], с использованием программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Распределение осадков в течение года имеет большое значение для яблони, особенно в период вегетации при прохождении растениями отдельных фенофаз (цветение, завязывание плодов, сроки созревания, закладка и дифференциация генеративных почек) [20]. При недостатке воды у растений яблони прекращается рост, сбрасываются завязи, происходит снижение закладки плодовых почек [18].

В 2017 году осадков в первой декаде июня выпало 42,2 мм, максимальная температура воздуха достигала отметки 27,0°C, ГТК был в норме – 1,1. В этот период установлен средний уровень оводненности молодых листьев у сортов яблони – от 62,5 до 67,9%. Во второй и третьей декадах июня осадков выпало ниже нормы (17,4 мм), максимальная температура воздуха повышалась до 29,0°C и ГТК был ниже нормы (0,52). При недостаточном увлажнении у сортов Болотовское, Ветеран, Рождественское в начале июля наблюдали некоторое снижение оводненности тканей листьев – на 0,6-8,8%. У сортов Веньяминовское, Орлик, Свежесть оводненность тканей листьев повысилась на 1,1-4,9%. Сорта Антоновка обыкновенная и Синап орловский в конце июня характеризовались высокой оводненностью тканей листьев – 70,2 и 71,6%.

Неодинаковая реакция изучаемых сортов на засушливые погодные условия может свидетельствовать о разном влиянии привоя на развитие корневой системы полукарликового подвоя яблони. Известно, что корневая система оказывает существенное воздействие на состояние водного режима растений [21].

В июле 2017 года осадков выпало 75 мм, в августе – 100,8 мм. Максимальная температура воздуха в июле повышалась до 31,6°C, в августе до 32,0°C. В июле ГТК был ближе к норме (1,3). В августе ГТК был высокий – 1,7. При этом в начале августа отметили снижение оводненности листьев у всех изучаемых сортов по сравнению с июнем и июлем. Это говорит о том, что в этот период проходят процессы усиленного роста и формирования семян и околоплодника, сопровождающиеся интенсивным притоком воды и питательных веществ из листьев (таб. 1).

В мае 2018 года осадков выпало недостаточно (31,4 мм), максимальная температура воздуха повышалась до 31,0°C и ГТК был ниже нормы – 0,6. В июне максимальная температура воздуха доходила до отметки 32,5°C, осадков в этом месяце выпало ниже нормы – 18,2 мм. В конце июня ГТК был очень низкий (0,35) и в этот период наблюдали средний уровень оводненности тканей листьев у сортов яблони (54,7-65,0%). В июле ГТК был очень высокий – 2,0. За пер-



Сорта яблони на полукарликовом подвое 54-118

Таблица 1. Оводненность тканей листьев сортов яблони в течение вегетации (2017-2018 годы), %
Table 1. Watering of the leaf tissues of apple varieties during the growing season (2017-2018), %

Сорт	Оводненность листьев в саду, %						Среднее значение за 2 года, %
	2017 год			2018 год			
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	
Антоновка обыкновенная (к)	67,9	70,2	63,5	64,9	64,9	58,9	65,1
Болотовское	66,1	57,3	62,0	62,5	64,2	58,0	61,7
Веньяминовское	64,4	65,5	61,8	65,0	63,9	56,5	62,9
Ветеран	65,4	64,3	58,4	63,7	62,3	53,1	61,2
Орлик	64,2	69,1	62,4	62,4	64,7	56,8	63,3
Рождественское	66,4	65,8	61,0	63,3	63,5	57,5	62,9
Свежесть	65,0	69,4	62,5	54,7	62,2	56,0	61,6
Синап орловский	62,5	71,6	64,0	65,0	65,5	58,8	64,6
НСР _{0,05}							F _Ф <F _Т

вую и вторую декаду июля осадков выпало (77,9 мм), максимальная температура воздуха повышалась до 29,3°C. В условиях высокого увлажнения отметили повышение оводненности тканей листьев на 1,7-7,5% у сортов Болотовское, Орлик, Свежесть. У Антоновки обыкновенной, Рождественского и Синапа орловского оводненность листьев в середине июля практически была на том же уровне, что и в конце июня. У сортов Веньяминовское, Ветеран оводненность тканей листьев снизилась на 1,1-1,4% в середине июля по сравнению с последней декадой июня. Осадков в августе выпало мало (11,2 мм), максимальная температура воздуха составила 31,1°C – выше нормы. При этом ГТК в августе был ниже нормы (0,2). Засушливые условия августа повлияли на снижение оводненности тканей листьев на 6-9,2% у изучаемых сортов по сравнению с июлем. К тому же в этот период идет процесс формирования плодов зимних сортов яблони, который сопровождается интенсивным оттоком воды из листьев в плоды (табл. 1).

В среднем за два года исследований межсортовое различие по оводненности тканей листьев было не достоверно. Все сорта характеризовались средним уровнем оводненности тканей листьев – 61,2-65,1% (табл. 1).

По показателю общей оводненности листа невозможно полностью охарактеризовать состояние водного режима растения, поэтому в целях комплексной оценки степени засухоустойчивости дополнительно определяли водный дефицит листьев яблони в полевых и лабораторных условиях. Водный дефицит – недостаток насыщения водой растительных клеток, возникающий в результате интенсивной потери воды растением, не восполняемой поглощением её из почвы.

В начале июня 2017 года в полевых условиях у большинства сортов яблони отметили водный дефицит в пределах – 10,4-13,5%. У сортов Болотовское и Орлик водный дефицит был низкий (ниже 10,0%). В конце июля и в середине августа при нормальном влагообеспечении растений наблюдали снижение водного дефицита (в 2-3 раза) в листьях сор-

тов яблони. В связи с оптимальными климатическими условиями в среднем за вегетацию 2017 года водный дефицит не превышал – 10,0% у всех сортов (табл. 2).

В конце июня 2018 года при недостаточном количестве осадков низкий водный дефицит в полевых условиях отметили у сортов Веньяминовское (7,8%) и Орлик (7,5%). При этом наибольший водный дефицит (27,3%) был в листьях сорта Свежесть. От 11,2 до 18,1% водный дефицит варьировал в листьях остальных сортов. В июле водный дефицит понизился у изучаемых сортов на 5,0-24,3% по сравнению с июнем и не превышал величины – 6,3%, т.к. осадков выпало выше нормы (ГТК=2,0). В конце августа в период формирования и созревания плодов сложились засушливые погодные условия, в результате наблюдали повышение водного дефицита листьев у изучаемых сортов. Низкий водный дефицит (менее 10,0%) при этом выявили у сортов Веньяминовское и Свежесть. Водный дефицит был в норме у опытных сортов, который варьировал в пределах от 10,4 до 17,5%. Средний уровень водного дефицита (23,6%) в августе был в листьях сорта Ветеран (табл. 2). По результатам исследований видно, что водный дефицит – величина достаточно изменчивая и зависит от конкретных условий водоснабжения.

В среднем за годы исследований сорта яблони (кроме сорта Ветеран), растущие в саду на полукарликовом подвое 54-118, характеризовались низким водным дефицитом листьев (не более 10,0%) в полевых условиях и несущественно отличались от Антоновки обыкновенной (табл. 2).

В 2017 году после моделирования засухи в начале июня в листьях яблони водный дефицит повысился в 2-3 раза по сравнению с величиной этого показателя водного режима в полевых условиях. В июле водный дефицит листьев сортов яблони снизился на 1,3-9,7% по сравнению с июнем и был в пределах 19,3-26,2%. В августе водный дефицит в листьях яблони после 4-х часовой засухи увеличился на 0,7-14,1%. Повышение водного дефицита наблюдали у большинства

Таблица 2. Водный дефицит листьев сортов яблони в полевых условиях (2017-2018 годы), %
Table 2. Water deficit of the leaves of apple varieties in the field (2017-2018), %

Сорт	Водный дефицит листьев, %						Среднее значение за 2 года, %
	2017 год			2018 год			
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	
Антоновка обыкновенная (к)	12,4	5,8	4,5	15,7	6,3	10,4	9,2
Болотовское	8,3	6,0	4,5	14,8	4,0	11,0	8,1
Веньяминовское	11,2	0,6	4,0	7,8	1,1	6,6	5,2
Ветеран	12,6	7,4	6,3	17,5	3,6	23,6	11,8
Орлик	9,6	5,8	5,8	7,5	2,5	17,5	8,1
Рождественское	12,3	7,6	5,3	11,2	5,3	10,5	8,7
Свежесть	10,4	4,2	4,4	27,3	3,0	9,6	9,8
Синап орловский	13,5	4,5	8,5	18,1	2,0	13,1	10,0
НСР _{0,05}							F _Ф <F _Т

Таблица 3. Водный дефицит листьев сортов яблони после моделирования засухи (2017-2018 годы), %
Table 3. Water deficit of the leaves of apple varieties after drought modeling (2017-2018), %

Сорт	Водный дефицит листьев после моделирования засухи, %						Среднее значение за 2 года, %
	2017 г.			2018 г.			
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	
Антоновка обыкновенная (к)	29,7	20,0	27,3	22,0	26,0	46,7	28,6
Болотовское	26,9	19,8	30,2	10,3	35,3	27,6	25,0
Веньяминовское	17,5	20,9	29,7	22,6	22,9	20,7	22,4
Ветеран	27,7	26,2	26,9	24,7	37,3	29,3	28,7
Орлик	25,6	24,3	31,1	17,4	31,0	37,5	27,8
Рождественское	26,4	19,3	33,4	15,6	18,0	33,5	24,4
Свежесть	27,3	21,9	26,4	39,5	36,4	37,2	31,5
Синап орловский	26,7	22,7	28,1	17,5	21,8	37,1	25,7
НСР _{0,05}							F _{Ф<F_T}

сортов, т.к. в этот период происходит процесс формирования плодов зимних сортов яблони, который сопровождается интенсивным оттоком воды из листьев в плоды. В среднем за вегетацию наименьший водный дефицит (22,7%) в лабораторных условиях отмечен в листьях сорта Веньяминовское (табл. 3).

В июне 2018 года после моделирования засухи водный дефицит варьировал в пределах 10,3-17,5% у Болотовского, Орлика, Рождественского, Синапа орловского. Средний уровень водного дефицита (22,0-39,5%) отмечен у сортов Веньяминовское, Ветеран, Свежесть, в том числе и у контрольного сорта Антоновка обыкновенная. Максимальная величина водного дефицита при этом отмечена у сорта Свежесть. В июле наименьший водный дефицит листьев был у сорта яблони Рождественское (18,0%). Средний показатель водного дефицита (21,8-37,3%) отметили в листьях сортов Антоновка обыкновенная, Болотовское, Веньяминовское Ветеран, Орлик, Свежесть, Синап орловский. Сорта Болотовское, Ветеран, Орлик, Свежесть при этом выделялись наибольшей величиной изучаемого параметра водного режима. В августе водный дефицит листьев после искусственной засухи увеличивается практически у всех изучаемых сортов яблони. Наименьший водный дефицит был у сорта Веньяминовское (20,7%), который снизился на 2,2% по сравнению с июлем. На протяжении вегетационного периода величина водного дефицита была более стабильной в июне (22,6%), в июле (22,9%) и в августе (20,7%) у сорта Веньяминовское, что свидетельствует о большей устойчивости к воздействию засушливых условий (табл. 3).

В среднем за годы исследований после моделирования засухи сорта яблони характеризовались средним уровнем водного дефицита листьев в лабораторных условиях и значительно не отличались от контроля (табл. 3).

Важным физиологическим параметром водного режима растений является способность после перенесенной засухи

и последующего насыщения водой восстанавливать оводненность тканей листьев [22].

В 2017 году в июне 2018 года у всех сортов яблони отметили высокую способность восстанавливать оводненность (108,0-177,2%) тканей листа в лабораторных условиях. В июле величина восстановления оводненности тканей листьев понижается на 22,8...49,4% у сортов яблони, хотя и сохраняется высокий уровень этого показателя. У сорта Веньяминовского при этом повысился уровень восстановления оводненности тканей на 11,9% после насыщения водой листьев. В августе у сортов яблони сохранился высокий уровень восстановления оводненности тканей листьев после засухи и дальнейшего насыщения их водой (табл. 4).

В июне 2018 года у всех сортов яблони также отметили высокую способность восстанавливать оводненность тканей листа после искусственной засухи и последующего насыщения водой в лабораторных условиях. В июле у большей части изучаемых сортов выявили высокую способность восстанавливать оводненность тканей листьев (80,7-100,1%) после моделирования засухи. Средняя степень восстановления оводненности тканей (67,8%) была отмечена в тканях листьев сорта Рождественское. В августе средний уровень восстановления оводненности тканей после насыщения водой был в листьях сортов Ветеран, Рождественское. Остальные сорта характеризовались высокой способностью восстанавливать оводненность тканей (72,6-115,8%).

В среднем за годы исследований у сортов яблони зафиксирована высокая способность восстанавливать оводненность тканей листьев на уровне контрольного сорта после моделирования засухи и последующего насыщения их водой – 107,6-132,4% (табл. 4).

В результате проведенных двухлетних исследований изучаемые сорта яблони на полукарликовом подвое характеризовались средним уровнем оводненности (61,5-66,1%) тканей листьев. Водный дефицит в полевых условиях у

Таблица 4. Восстановление оводненности тканей листьев сортов яблони после насыщения водой (2017-2018 годы), %
Table 4. Recovery of water content of leaf tissue of apple varieties after saturation with water (2017-2018), %

Сорт	Восстановление оводненности листьев после засухи, %						Среднее значение за 2 года, %
	2017 г.			2018 г.			
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	
Антоновка обыкновенная (к)	129,9	107,1	124,0	109,9	88,5	92,0	108,6
Болотовское	157,7	108,3	124,2	114,5	94,5	115,8	119,2
Веньяминовское	108,0	119,9	116,5	148,0	80,7	72,6	107,6
Ветеран	177,0	143,2	127,7	146,6	88,0	60,5	123,8
Орлик	151,9	111,1	127,1	166,0	100,0	112,4	128,1
Рождественское	177,2	146,5	105,3	190,5	67,8	67,4	125,8
Свежесть	148,6	125,1	122,3	112,6	91,2	74,5	112,4
Синап орловский	149,4	123,2	139,2	184,5	100,1	98,1	132,4
НСР _{0,05}							F _{Ф<F_T}

большей части сортов был оптимальным и не превышал 10,0%. После моделирования засухи отметили повышение водного дефицита в листьях сортов яблоны. Наименьший водный дефицит за два года исследований выявили в листьях, как в полевых условиях (5,2%), так и после моделирования засухи (22,4%) у сорта Веньяминовское. В среднем за два года исследований установлено, что изучаемые сорта яблоны обладали высокой способностью восстанавливать оводненность тканей после моделирования засухи и дальнейшего насыщения листьев водой – 107,6-132,5%. Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что сорта яблоны, растущие в саду на полукарликовом подвое 54-118, проявляют сходные физиологические показатели водного режима. В связи с этим изучаемые сорта были отнесены к группе средней устойчивости к действию засухи на уровне контрольного сорта.

Об авторах:

Ожерельева Зоя Евгеньевна – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0002-1730-4073>, ResearcherID: C-7380-2017
Красова Нина Глебовна – доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-7896-0149>, ResearcherID: D-6355-2017
Галашева Анна Мироновна – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-8795-9991>, ResearcherID: D-6344-2017

• **Литература**

1. Wahid A. Physiological implications of metabolites biosynthesis in net assimilation and heat stress tolerance of sugarcane (*Saccharum officinarum*) sprouts. *Journal of Plant Research*. 2007;120:219-228.
2. Watanabe T, Kume T. A general adaptation strategy for climate change impacts on paddy cultivation: special reference to the Japanese context. *Paddy Water Environment*. 2009;7:313-320.
3. Shah F., Huang J., Cui K., Nie L., Shah T., Chen C., & Wang K. Impact of high-temperature stress on rice plant and its traits related to tolerance. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 2011;149:545-556.
4. Hasanuzzaman M., & Hossain M. A. Teixeira da Silva J.A., Fujita M. Plant Responses and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defenses is a key factors. In: Bandi V, Shanker AK, Shanker C, Mandapaka M (eds). *Crop Stress and its management: Perspectives and strategies*. Berlin: Springer. 2012;261-316.
5. Inoue T., Inanaga S., Sugimoto Y., An P. & Eneji A.E. Effect of drought on ear and flag leaf photosynthesis of two wheat cultivars differing in drought resistance. *Photosynthetica*. 2004;42:559-565.
6. Bota J., Flexas J., Medrano H. Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 2001;138:353-361.
7. Herralde F. de, Savit R., Biel C., Batlle I., Vargas F. J. Differences in drought tolerance in two almond cultivars: 'Lauranne' and 'Masbovera'. *Cahiers Options Méditerranéennes*. 2001;56:149-154.
8. Singer S.M., Helmy Y.I., Karas A. N., Abou-Hadid A.F. 2003. Influences of different water-stress treatments on growth, development and production of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Hort.* 2003;614:605-611.
9. Юшков А.Н., Савельева Н.Н. Засухоустойчивость иммунных к парше сортов яблоны. Проблемы агроэкологии и адаптивность сортов в современном садоводстве: мат. Всерос. науч.-метод. конф. Орел: ВНИИСПК. 2008;292-293.
10. Munns, R., James R., Sirault X., Furbank R., Jones H. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *Journal of Experimental Botany*. 2010;1-9.
11. Айтжанова С.Д., Попов В.А., Андронов В.И., Сазонов Ф.Ф. Селекционная оценка сортов земляники на засухоустойчивость. Наука и образование – возрождение сельского хозяйства России в XXI веке. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. 2000;37-41.
12. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Влияние обезвоживания и теплового шока на водный режим сортов яблоны. *Научное обозрение*. 2013;1:10-13.
13. Роева Т.В., Леоничева Е.В., Леотьева Л.И. Водный режим и засухоустойчивость яблоны при применении опрыскивания листьев. *Вестник аграрной науки*. 2017;6(69):23-30.
14. Farrant J. Mechanisms of desiccation tolerance in angiosperm resurrection plants. In *Plant Desiccation Tolerance*: M. Jenks, A. Wood eds. Blackwell Publishing, Iowa, USA. 2002;51-90.
15. Klankowski K., Treder W. Influence of a rootstock on intensity of transpiration rate and dynamics of changes of an apple tree leader growing under different soil water regimes. *J. of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2002;10:31-39.
16. Klankowski K., Treder W. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agric. Consp. Sci.* 2006;71:159-165.
17. Klankowski K., Treder W. Response to drought stress of three strawberry-cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2008;16:179-188.
18. Леонченко В.Г., Евсеева Р.П., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов. Методические рекомендации. Мичуринск. 2007;72.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985; 351.
20. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изменение водного режима листьев яблоны в течение вегетации. *Современное садоводство – Contemporary horticulture*. 2015;1:87-91. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2015/1/12.pdf> (дата обращения: 26.05.2019).
21. Соловьева М.А. Зимостойкость плодовых культур при разных условиях выращивания. М.: Колос. 1967; 239.
22. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изучение водного режима сортов яблоны в летний период в связи с их засухоустойчивостью и жаростойкостью. *Достижение науки и техники АПК*. 2013;1:17-19.

Заклучение

В результате проведенных исследований было показано, что распределение осадков и температуры в период вегетации при прохождении растениями яблоны отдельных фенофаз влияло на оводненность листьев яблоны. При моделировании засухи наблюдали повышение водного дефицита. Отмечено снижение общей оводненности и водного дефицита листьев в большей степени в период формирования плодов. Установлено, что все изучаемые сорта яблоны имеют средний уровень устойчивости к действию засухи. Однако изучение параметров водного режима (общая оводненность, водный дефицит, способность восстанавливать оводненность) показало, что сорт Веньяминовское характеризовался более стабильными значениями исследуемых показателей, что свидетельствует о большей устойчивости к действию засухливых условий.

About the authors:

Zoya E. Ozherelieva – Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher
<https://orcid.org/0000-0002-1730-4073>, ResearcherID: C-7380-2017
Nina G. Krasova – Dc. Sci., (Agriculture), chief researcher
<https://orcid.org/0000-0001-7896-0149>, ResearcherID: D-6355-2017
Anna M. Galasheva – Cand. Sci. (Agriculture), leading researcher
<https://orcid.org/0000-0001-8795-9991>, ResearcherID: D-6344-2017

• **References**

1. Wahid A. Physiological implications of metabolites biosynthesis in net assimilation and heat stress tolerance of sugarcane (*Saccharum officinarum*) sprouts. *Journal of Plant Research*. 2007;120:219-228.
2. Watanabe T, Kume T. A general adaptation strategy for climate change impacts on paddy cultivation: special reference to the Japanese context. *Paddy Water Environment*. 2009;7:313-320.
3. Shah F., Huang J., Cui K., Nie L., Shah T., Chen C., & Wang K. Impact of high-temperature stress on rice plant and its traits related to tolerance. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 2011;149:545-556.
4. Hasanuzzaman M., Hossain M. A. Teixeira da Silva J.A., Fujita M. Plant Responses and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defenses is a key factors. In: Bandi V, Shanker AK, Shanker C, Mandapaka M (eds). *Crop Stress and its management: Perspectives and strategies*. Berlin: Springer. 2012;261-316.
5. Inoue T., Inanaga S., Sugimoto Y., An P. & Eneji A.E. Effect of drought on ear and flag leaf photosynthesis of two wheat cultivars differing in drought resistance. *Photosynthetica*. 2004;42:559-565.
6. Bota J., Flexas J., Medrano H. Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 2001;138:353-361.
7. Herralde F. de, Savit R., Biel C., Batlle I., Vargas F. J. Differences in drought tolerance in two almond cultivars: 'Lauranne' and 'Masbovera'. *Cahiers Options Méditerranéennes*. 2001;56:149-154.
8. Singer S.M., Helmy Y.I., Karas A. N., Abou-Hadid A.F. 2003. Influences of different water-stress treatments on growth, development and production of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Hort.* 2001;614:605-611.
9. Yushkov A.N., Savelyeva N.N. Drought resistance of Apple varieties immune to scab. *Problems of Agroecology and adaptability of varieties in modern horticulture: Mat. Russian. science.-method. conf. Orel: VNIISPК. 2008;292-293. (In Russ.)*
10. Munns, R., James R., Sirault X., Furbank R., Jones H. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *Journal of Experimental Botany*. 2010;1-9.
11. Aitzhanova S.D., Popov V.A., Andronov V.I., Sazonov F.F. Selection evaluation of strawberry varieties for drought resistance. Science and education – revival of agriculture in Russia in the XXI century. Bryansk: publishing house of Bryansk state agricultural Academy. 2000;37-41. (In Russ.)
12. Ozherelieva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. The influence of dehydration and heat shock on the water regime of apple tree varieties. *Nauchnoe obozrenie [Science Review]*. 2013;1:10-13. (In Russ.)
13. Roeva T. V., Leonicheva E. V., Leotyeva L. I. Water regime and drought resistance of apple trees at foliage spraying application. *Vestnik of agrarian science*. 2017;6(69):23-30. (In Russ.)
14. Farrant J. Mechanisms of desiccation tolerance in angiosperm resurrection plants. In *Plant Desiccation Tolerance*: M. Jenks, A. Wood eds. Blackwell Publishing, Iowa, USA. 2002; 51-90.
15. Klankowski K., Treder W. Influence of a rootstock on intensity of transpiration rate and dynamics of changes of an apple tree leader growing under different soil water regimes. *J. of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2002;10:31-39.
16. Klankowski K., Treder W. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agric. Consp. Sci.* 2006;71:159-165.
17. Klankowski K., Treder W. Response to drought stress of three strawberry-cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2008;16:179-188.
18. Leonchenko, V.G., Evseeva, R.P., Zhanova, E.V., Cherenkova, T.A. In The preliminary selection of promising fruit genotypes for ecological resistance and biochemical value of fruit. *Michurinsk: VNIIS. 2007; 72. (In Russ.)*
19. Dospikhov, B.A. *Methods of the Field Experiment*. Moscow: Agropromizdat. 1985; 351. (In Russ.)
20. Ozherelieva, Z.E., Krasova, N.G., Galasheva, A.M. Water regime change in apple leaves during vegetation. *Sovremennoe sadovodstvo – Contemporary horticulture*. 2015; 1: 87-92. Retrieved from: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2015/1/12.pdf>. (In Russ.)
21. Solovieva M. A. Winter hardiness of fruit crops under different growing conditions. *Moscow: Kolos. 1967; 239. (In Russ.)*
22. Ozherelieva, Z.E., Krasova, N.G., Galasheva, A.M. Study of water regime of apple varieties in summer period relative to their drought hardiness and heat resistance. *Achievements of Science and Technology of AICis*. 2013; 1: 17-19. (In Russ.)