

УДК 581 : 576.5 : 634.224

**ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО
РЕЖИМА СОРТОВ ЯБЛОНИ
РАЗЛИЧНОЙ ПЛОИДНОСТИ
В СВЯЗИ С АДАПТАЦИЕЙ
К ЗАСУХЕ***

Ненько Наталия Ивановна
д-р с.-х. наук, профессор
зав. лабораторией физиологии
и биохимии растений
nenko.nataliya@yandex.ru

Киселева Галина Константиновна
канд. биол. наук, доцент
ст. научный сотрудник
galina-kiseleva-1960@mail.ru

Караваева Алла Витальевна
младший научный сотрудник

Ульяновская Елена Владимировна
д-р с.-х. наук
зав. лабораторией сортоизучения
и селекции садовых культур
ulyanovskaya_e@mail.ru

*Федеральное Государственное бюджетное
научное учреждение «Северо-Кавказский
зональный научно-исследовательский
институт садоводства
и виноградарства», Краснодар, Россия*

В южном регионе России степень засухоустойчивости сортов яблони имеет большое значение, так как большинство из них культивируется в неорошаемых условиях. Цель работы – изучить водный режим сортов яблони различной ploidy для выявления наиболее адаптированных к абиотическим факторам летнего периода. Для выявления адаптационных механизмов устойчивости применен комплексный подход на основе физиолого-биохимических и анатомо-морфологических исследований тканей листьев. Получены сравнительные данные

UDC 581 : 576.5 : 634.224

**FEATURES OF WATER MODE
OF APPLE TREE VARIETIES
OF DIFFERENT PLOIDY
IN THE CONNECTION
WITH ADAPTION TO DROUGHT**

Nenko Natalia
Dr.Sci.Agr., Professor
Head of Laboratory of Physiology
and Biochemistry of Plants
nenko.nataliya@yandex.ru

Kiseleva Galina
Cand. Sci. Biol., Docent
Senior Research Associate
galina-kiseleva-1960@mail.ru

Karavaeva Alla
Junior Research Associate

Ulyanovskaya Elena
Dr.Sci.Agr.
Head of Laboratory of Varieties Study
and Breeding of Garden Culture
ulyanovskaya_e@mail.ru

*Federal State Budget Scientific
Organization «North Caucasian
Regional Research Institute
of Horticulture and Viticulture»,
Krasnodar, Russia*

In the Southern region of Russia the degree of drought resistance of apple varieties has a great importance as the majority of them are cultivated in the irrigation free conditions. The work purpose is to study the water mode of apple varieties of various ploidy for identification of the most adapted varieties to abiotic factors of the summer period. The integrated approach on the basis of physiological, biochemical and anatomical-morphological analysis of leaves tissue of an apple-tree is applied to identification of adaptable mechanisms

* Работа поддержана грантом №13-04-96581 р_юг_a РФФИ и администрацией Краснодарского края

о строении листовой пластинки, характеризующие физиологическое состояние растений в летний период 2011-2013 гг. Используются современные физиолого-биохимические методы исследования, а также методы световой микроскопии. У триплоидных сортов яблони Союз и Родничок выявлено повышенное содержание связанной формы воды, пролина, катионов калия. Это позволяет растениям поддерживать достаточно высокий уровень физиологических процессов в летний период. Проведенными исследованиями установлено, что триплоидные сорта яблони Союз и Родничок обладают лучшей способностью адаптироваться к засухе, чем диплоидные сорта Рассвет, Фортуна, Эрли Мак, Дейтон. На основании данных, полученных в разные по метеорологическим условиям годы, у триплоидных сортов Союз и Родничок выявлены ксероморфные признаки листа, связанные с засухоустойчивостью. Можно утверждать, что триплоидные сорта яблони отечественной селекции обладают большим резервом потенциальных возможностей адаптироваться к засухе и жаре в сравнении с интродуцированными диплоидными сортами зарубежной селекции. Местные сорта яблони, в большей степени триплоидные, чем диплоидные, обладают большей экологической пластичностью, позволяющей на основе изменения физиологических реакций лучше приспособиться к экстремальным факторам среды.

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ, ПЛОИДНОСТЬ, ВОДНЫЙ РЕЖИМ, ПРОЛИН, ЛИСТОВАЯ ПЛАСТИНКА, АДАПТАЦИЯ

of stability. The comparative data about structure of a leaf sheet characterizing the physiological condition of plants during the summer period of 2011-2013 are received. The modern physiological and biochemical methods of research and also methods of light microscopy are used. The triploidy apple-tree varieties as Soyus and Rodnichok have the raised maintenance of the connected form of water, proline and potassium cations. It allows plants to support the rather high level of physiological processes during the summer period. It is established by the conducted research that triploidy apple varieties of Soyus and Rodnichok possess the best ability to adapt for a drought, than diploidic Rassvet, Fortuna, Erly Mak, Deyton varieties. On the basis of the data obtained in the years of different weather conditions it is revealed that the three ploidy apple-tree varieties of Soyus and Rodnichok have the cseromorfy traits of a leaf connected with drought resistance. It is possible to claim that triploidy apple-tree varieties of domestic breeding possess a big reserve of potential opportunities to adapt for a drought and a heat in comparison with the introduced diploidic varieties of foreign breeding. Local apple varieties, and three ploidy varieties more than diploidy varieties, possess the bigger ecological plasticity, that allow them to adapt better to extreme factors of the environment on the basis of physiological reactions changing.

Key words: APPLE-TREE, DROUGHT RESISTANCE, PLOIDY, WATER MODE, PROLINE, LEAF'S SHEET, ADAPTATION

Введение. В Краснодарском крае исследования по сортоизучению яблони имеют четко выраженную экологическую направленность, делается упор на выявление сортов с признаками высокой адаптивности к наибо-

лее распространенным в данной местности абиотическим стрессам, в частности к летней засухе. В связи с этим создание засухоустойчивых сортов является одним из приоритетных направлений селекции яблони [1].

Следует отметить, что степень засухоустойчивости для южных сортов имеет большое значение, так как большинство из них культивируется в неорошаемых условиях или при ограниченном орошении [2]. В связи с этим необходимо изучение и введение в сортимент новых перспективных сортов, в том числе местной селекции, наиболее приспособленных к постоянно изменяющимся условиям внешней среды и обладающих высокой устойчивостью к основным био- и абиотическим стрессорам.

Одним из направлений селекции, способствующих достижению этой цели, является полиплоидия. По мнению видных современных отечественных и зарубежных генетиков, полиплоидия обеспечивает дополнительные возможности для адаптации и выживания растительного организма в экстремальных условиях среды. Как правило, полиплоидные формы растений отличаются более высокими показателями по многим характеристикам и свойствам, представляющим интерес для селекционной деятельности [3].

Цель настоящей работы – изучить водный режим сортов яблони различной ploидности (ди- и триплоидных) по физиолого-биохимическим показателям для выявления наиболее адаптированных сортов к абиотическим факторам летнего периода.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в 2011-2013 гг. на базе ЗАО ОПХ «Центральное» СКЗНИИСиВ (г. Краснодар). Объектами исследований служили растения яблони диплоидных сортов Рассвет, Фортуна (селекции СКЗНИИСиВ), Эрли Мак, Дейтон (Америка) и триплоидных сортов Союз, Родничок (селекции СКЗНИИСиВ). Пробы листьев отбирали в утренние часы в летние месяцы вегетационного периода ежемесячно (с июня по август), определение общей оводненности листьев,

содержание свободной и связанной форм воды, пролина, катионов калия, коэффициента повреждения мембран проводили согласно методикам [4, 5, 6]. Микрообъекты изучали и фотографировали с помощью микроскопа «Olympus» ВХ 41 согласно методике [7].

Обсуждение результатов. Как известно, устойчивость растений к стрессу проявляется в неблагоприятных условиях, причем степень адаптированности определяется прежде всего силой воздействия лимитирующего фактора [8]. Исследование водного режима сортов яблони различной плоидности проводили в разные по метеорологическим условиям годы. Летний период 2011 года был жарким и засушливым. В июле максимальная температура воздуха достигала 39,5°C, а количество выпавших осадков – 3,1 мм. В 2012 году период с конца июля до середины августа был аномально жарким и сухим: максимальная температура воздуха – 38,3 °С, средняя температура воздуха 28,7 °С, что на 4,7 °С выше нормы. Осадки составляли 0,3- 0,4 мм (2 % от нормы). Летний период 2013 года был относительно нежарким: средняя температура воздуха в летние месяцы – 23,5 - 24 °С, что на 1,5-2,5 С выше нормы, осадки составляли 35 мм.

Проведенные исследования показали, что общая оводненность листового аппарата в летние месяцы вегетационного периода у триплоидных сортов яблони Союз и Родничок снижается меньше, чем у изучаемых диплоидных Рассвет, Фортуна, Эрли Мак, Дейтон. Средние значения показателей общей оводненности листового аппарата в 2011-2013 гг. у диплоидных сортов составляли 49,27-71,87%, у триплоидных – 55,10-68,55 %.

Поскольку общая оводненность листового аппарата не может полностью охарактеризовать состояние водного режима и устойчивость растений к засухе, определяли содержание свободной и связанной форм воды. По мнению ряда авторов, именно повышение количества связанной формы воды является показателем устойчивости растений к засухе [9].

Выявлено, что содержание связанной воды у триплоидных сортов почти весь вегетационный период было больше, чем у диплоидных. У диплоидов оно составляло 51,79% - 89,30%, у триплоидов – 76,18-85,31 % (рис. 1).

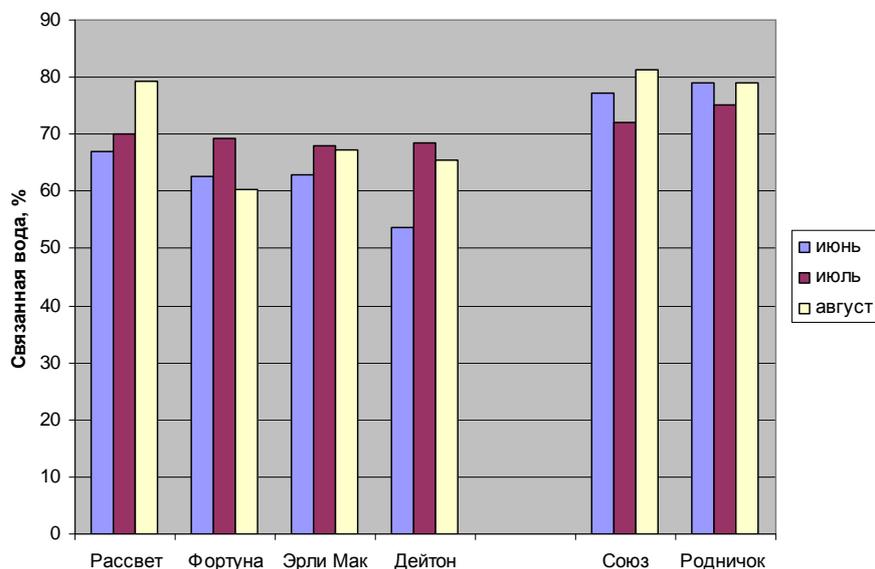


Рис. 1. Содержание связанной формы воды в листьях сортов яблони различной плоидности в летний период (средние показатели за 2011-2013 гг.)

Недостаток влаги на начальных этапах вызывает в растительном организме физиологические изменения, повышающие его устойчивость.

К таким процессам относится осморегуляция – накопление осмотически действующих веществ, таких как ионы, и в первую очередь – катионов калия (K^+). Благодаря этому вода удерживается, повышается соотношение связанной воды и свободной. В накоплении K^+ участвует рецессивный ген осморегуляции (or-ген), тесно связанный с урожайностью в условиях засухи [10].

Содержание K^+ в засушливых условиях июля 2011 г. и августа 2012 г. составляло у диплоидных сортов Рассвет и Эрли Мак 1,89 мг/г и 1,74 мг/г сухого вещества соответственно. У триплоидных сортов Союз и Родничок его содержание в этот период составляло 3,93 и 3,28 мг/г сухого ве-

щества, соответственно. Повышение содержания K^+ в листьях триплоидных сортов яблони в условиях снижения влагообеспеченности характеризует активное протекание репарационных процессов, что согласуется с ростом оводненности листьев в этот период.

Однако накопление катионов калия небезопасно, в силу этого основное приспособительное значение имеет образование при водном стрессе растворимых органических соединений, в первую очередь – осмопротектора пролина. Благодаря своим гидрофильным группам пролин может образовывать агрегаты, функционирующие как гидрофильные коллоиды.

Этим объясняется высокая растворимость пролина, а также его способность связываться с поверхностными гидрофильными остатками белков. Необычный характер взаимодействия агрегатов пролина с белками повышает растворимость белков и защищает их от денатурации.

Накопление пролина как осмотически органического вещества благоприятствует удержанию воды в клетках растений [11]. Большее содержание пролина за изучаемый период отмечено у триплоидных сортов яблони Союз и Родничок. Средние значения показателей содержания пролина у диплоидов составляли 8,40-98,30 мг / г сырого вещества, у триплоидов – 4,39-6,75 мг/г (рис. 2).

Определяющая роль в характере адаптивных реакций у растений принадлежит биологическим мембранам. Экстремальные температуры воздуха в период вегетации, а также иные сопутствующие факторы, включая обезвоживание, отрицательно сказываются на структурной организации мембранной системы клетки.

При этом в мембранах нарушаются гидрофобные взаимодействия, в результате чего белки, входящие в состав мембран, утрачивают свою функциональную активность, пограничные мембраны теряют контроль за активным транспортом ионов, что приводит к пассивной проницаемости и утечке ионов.

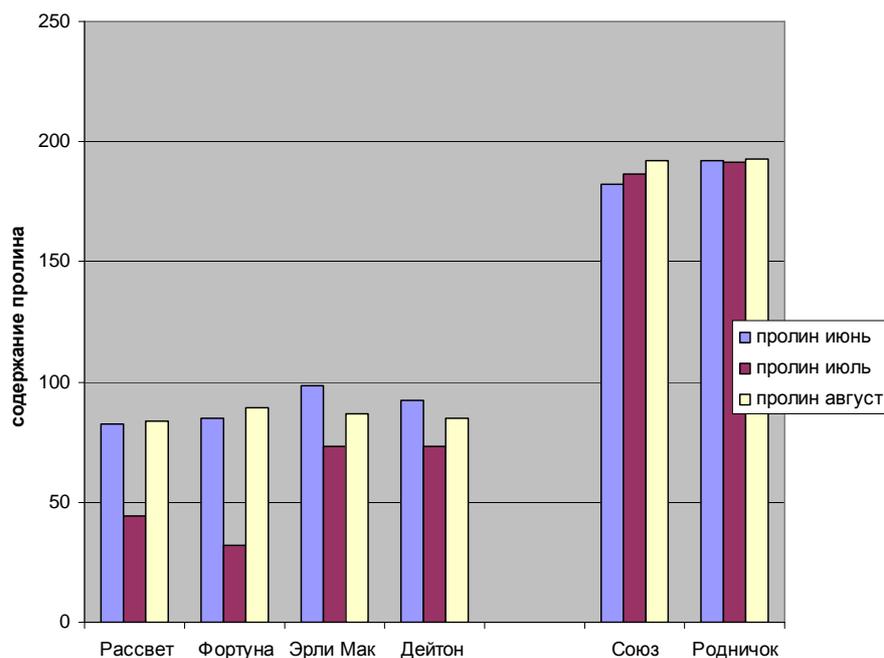


Рис. 2. Содержание пролина в листьях сортов яблони различной плоидности в летний период (средние показатели за 2011-2013 гг.)

Показатель проницаемости протоплазмы для электролитов является важным адаптационным признаком при засухе, так как выход электролитов служит функцией проницаемости протоплазмы, которая зависит от степени повреждения клеточных структур.

Низкая проницаемость протоплазмы свидетельствует о высокой активности клеток и стабильности клеточных мембран, обеспечивает их высокую жаро- и засухоустойчивость [8].

Коэффициент повреждения мембран (КП) в условиях экстремально высоких температур в июле 2011 г. (39,5 °С) и августе 2012 г. (38 °С) у диплоидных сортов отечественной селекции Рассвет и Фортуна составлял 41,6 и 56,3 соответственно.

Триплоидные сорта яблони Союз и Родничок имели соответственно коэффициент повреждения мембран 26,3 и 33,3 и обладали большей жаростойкостью, чем изучаемые диплоидные сорта.

Результаты физиолого-биохимического изучения листового аппарата согласуются с данными анатомо-морфологических исследований. Изменение функций растительного организма, в частности водного режима, отражается на внутреннем клеточном строении растений, на его анатомо-морфологических характеристиках.

Клетки растений, образовавшиеся в условиях засухи, отличаются меньшими размерами, так как процесс роста очень чувствителен к недостатку влаги. Следствием этого является формирование ксероморфной структуры листовой пластинки как одно из анатомических приспособлений к недостатку воды [7].

На основании данных, полученных в разные по метеорологическим условиям годы, у триплоидных сортов яблони Союз и Родничок, в отличие от изучаемых диплоидных сортов, выявлены ксероморфные признаки, связанные с засухоустойчивостью: увеличение толщины листовой пластинки, утолщение кутикулы и верхнего эпидермиса, увеличение толщины слоя клеток палисадной паренхимы, увеличение индекса палисадности, увеличение количества устьиц на единицу листовой поверхности, уменьшение линейных размеров устьиц.

Следовательно, ксероморфные признаки листовой пластинки триплоидных сортов яблони являются генетически обусловленными признаками и проявляются у растений независимо от складывающихся метеорологических условий года.

По результатам проведенных анатомо-морфологических исследований в 2011-2013 гг., выявлено, что у диплоидных сортов яблони общая толщина листовой пластинки составляет 154,6-184,4 мк, у триплоидов – 217,6-251,0 мк ($НСР_{0,95} = 21,38$); толщина кутикулы и верхнего эпидермиса у диплоидных сортов яблони – 10,2-11,7 мк, у триплоидов – 11,1-11,9 мк ($НСР_{0,95} = 0,47$); индекс палисадности у диплоидов составляет 1,01-1,27; у триплоидов – 1,39-1,51 (табл. 1).

Таблица 1 – Биометрические параметры листовой пластинки сортов яблони различной ploидности в летний период (средние значения за 2011-2013 гг.)

Сорт	Параметры листовой пластинки (мк)				
	общая толщина листовой пластинки	толщина палисадного слоя	толщина губчатого слоя	индекс палисадности	толщина верхнего эпидермиса
Диплоиды (2n=2x)					
Рассвет	154,6	85,0	59,4	1,01	10,2
Фортуна	172,1	91,4	69,8	1,01	10,9
Эрли Мак	184,4	86,1	86,6	1,27	11,7
Дейтон	168,7	86,2	71,3	1,21	11,2
Триплоиды (2n=3x)					
Союз	217,6	112,1	94,4	1,39	11,1
Родничок	251,0	122,3	116,8	1,51	11,9
НСР _{0,95}	21,38	17,2	3,02		0,47

Таблица 2 – Биометрические параметры устьичного аппарата сортов яблони различной ploидности в летний период (средние значения за 2011-2013 гг.)

Сорт	Длина устьиц, мк	Ширина устьиц, мк	Количество устьиц, шт./мм ²
Диплоиды (2n=2x)			
Рассвет	55	33	200
Фортуна	54	31	254
Эрли Мак	56	34	288
Дейтон	54	32	218
Триплоиды (2n=3x)			
Союз	51	32	281
Родничок	52	28	321
НСР _{0,95}	1,66	1,77	17,26

Чем больше индекс палисадности, тем более засухоустойчив лист. Количество устьиц на единицу листовой поверхности у диплоидов составляет 200-288 шт. (НСР_{0,95} = 17,26); у триплоидных сортов – 281-321 шт.;

длина устьиц у диплоидов – 55-56 мк ($НСР_{0,95} = 1,66$); у триплоидов – 51-52 мк; ширина устьиц у диплоидных сортов составляет 31-34 мк, у триплоидных – 28-32 мк ($НСР_{0,95} = 1,77$) (табл. 2).

Выводы. Оценивая физиологическое состояние сортов яблони по физиолого-биохимическим и анатомо-морфологическим параметрам, можно утверждать, что триплоидные сорта яблони отечественной селекции обладают большим резервом потенциальных возможностей адаптироваться к засухе и жаре в сравнении с интродуцированными диплоидными сортами зарубежной селекции.

Местные сорта яблони, причем триплоидные сорта в большей степени, чем диплоидные, обладают большей экологической пластичностью, позволяющей на основе изменения физиологических реакций лучше приспособиться к экстремальным факторам среды.

По результатам физиолого-биохимических исследований 2011-2013 гг., у триплоидных сортов яблони Союз и Родничок выявлена повышенная оводненность тканей листового аппарата, повышенное содержание связанной формы воды, пролина, катионов калия, четче выражены признаки ксероморфной структуры листовой пластинки, что позволяет поддерживать достаточно высокий уровень физиологических процессов у растений в летний период.

Полученные результаты убеждают, что увеличение плоидности растений, создание триплоидных сортов могут привести к получению растений, более устойчивых к действию экстремальных условий среды.

Литература

1. Ненько, Н.И. Физиолого-биохимические особенности адаптации яблони к засухе в интенсивных насаждениях в условиях Северо-Кавказского региона / Н.И. Ненько, Г.К. Киселева, А.В. Караваева, Т.В. Схалыхо, Ю.И. Сергеев / Расширенное заседание Ученого совета ГНУ СКЗНИИСиВ Россельхозакадемии по проблемам интенсивного садоводства, посвященное 100-летию со дня рождения Гавриила Владимировича Трусевица. – 6 июля 2010, Краснодар, СКЗНИИСиВ.– С. 92-97.

2. Nenko, N.I. Study of adaptive immunity of apple sorts of various ploidy to drought / N.I. Nenko, G.K. Kiseleva, E.V. Ulyanovskaya, A.V. Karavaeva // Science and Education. Materials of the V international research and practice conference.- Vol. 1, February 27-28, 2014, Munich, Germany, 2014.– P. 40-43.

3. Киселева, Г.К. Физиолого-биохимические критерии адаптационной устойчивости к засухе сортов яблони различной ploidy / Г.К. Киселева, Н.И. Ненько, Е.В. Ульяновская, А.В. Караваева // Межд.научн.конф. и школа молодых ученых «Физиология растений – теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий» 19-25 мая 2014. Калининград.– Т. 1.– С. 66-67.

4. Ненько, Н.И. Физиологические методы в адаптивной селекции плодовых культур / Н.И. Ненько, Т.Н. Дорошенко, Т.А. Гасанова // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве.-Краснодар, СКЗНИИСиВ, 2012.– С. 189-198.

5. Ненько, Н.И. Физиолого-биохимические методы изучения исходного и селекционного материала / Н.И. Ненько, И.А. Ильина, В.С. Петров, М.А. Сундырева // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012.– С. 530-540.

6. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по физиологии растений / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина.– М: Высшая школа, 1975.– 392 с.

7. Киселева, Г.К. Анатомо-морфологическая оценка адаптивного потенциала сортов плодовых культур и винограда. – Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве.– Краснодар, СКЗНИИСиВ, 2012.– С. 199-205.

8. Чиркова, Т.В. Физиологические основы засухоустойчивости растений.- СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002.– 240 с.

9. Ненько, Н.И. Фотосинтетическая деятельность яблони в интенсивных насаждениях различной конструкции / Н.И. Ненько, Г.К. Киселева, А.В. Караваева, Ю.И. Сергеев // Плодоводство и виноградарство Юга России [Электронный ресурс]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2014. – № 26(2). – С. 21-29. – Режим доступа: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/14/02/03.pdf>.

10. Ненько, Н.И. Физиолого-биохимическая характеристика сопряженной устойчивости яблони к абиотическим стрессам юга России / Н.И. Ненько, Г.К. Киселева // The European Scientific and Practical Congress ‘Scientific resources management of countries and regions’ Copenhagen, Denmark, 18 July 2014. Publishing Center of The International Scientific Association “Science & Genesis”, Copenhagen, 2014, P.123-130

11. Кузнецов, Вл. В. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция / Вл. В. Кузнецов, Н.И. Шевякова // Физиол. растений, 1999. – 46. –№;2. – С. 321-336.

References

1. Nen'ko, N.I. Fiziologo-biohimicheskie osobennosti adaptatsii yablони k zasuhe v intensivnyh nasazhdeniyah v usloviyah Severo-Kavkazskogo regiona / N.I. Nen'ko, G.K. Kiseleva, A.V. Karavaeva, T.V. Shalyaho, Yu.I. Sergeev / Rasshirennoe zasedanie Uchenogo soveta GNU SKZNIISiV Rossel'hozakademii po problemam intensivnogo sadovodstva, posvyaschennoe 100-letiyu so dnya rozhdeniya Gavrila Vladimirovicha Trusevicha. – 6 iyulya 2010, Krasnodar, SKZNIISiV.– S. 92-97.

2. Nenko, N.I. Study of adaptive immunity of apple sorts of various ploidy to drought / N.I. Nenko, G.K. Kiseleva, E.V. Ulyanovskaya, A.V. Karavaeva // Science and Education. Materials of the V international research and practice conference.- Vol. 1, February 27-28, 2014, Munich, Germany, 2014.– P. 40-43.

3. Kiseleva, G.K. Fiziologo-biohimicheskie kriterii adaptatsionnoy ustoychivosti k zasuhe sortov yabloni razlichnoy ploidnosti / G.K. Kiseleva, N.I. Nen'ko, E.V. Ul'yanovskaya, A.V. Karavaeva // Mezhd.nauchn.konf. i shkola molodyh uchenykh «Fiziologiya rasteniy – teoreticheskaya osnova innovatsionnykh agro- i fitobiotehnologiy» 19-25 maya 2014. Kaliningrad.– T. 1.– S. 66-67.

4. Nen'ko, N.I. Fiziologicheskie metody v adaptivnoy selektsii plodovykh kul'tur / N.I. Nen'ko, T.N. Doroshenko, T.A. Gasanova // Sovremennyye metodologicheskie aspekty organizatsii selektsionnogo protsessa v sadovodstve i vinogradarstve.-Krasnodar, SKZNIISiV, 2012.– S. 189-198.

5. Nen'ko, N.I. Fiziologo-biohimicheskie metody izucheniya ishodnogo i selektsionnogo materiala / N.I. Nen'ko, I.A. Il'ina, V.S. Petrov, M.A. Sundyreva // Sovremennyye metodologicheskie aspekty organizatsii selektsionnogo protsessa v sadovodstve i vinogradarstve. Krasnodar: SKZNIISiV, 2012.– S. 530-540

6. Gavrilenko, V.F. Bol'shoy praktikum po fiziologii rasteniy / V.F. Gavrilenko, M.E. Ladygina, L.M. Handobina.– M: Vysshaya shkola, 1975.– 392s.

7. Kiseleva, G.K. Anato-morfologicheskaya otsenka adaptivnogo potentsiala sortov plodovykh kul'tur i vinograda. – Sovremennyye metodologicheskie aspekty organizatsii selektsionnogo protsessa v sadovodstve i vinogradarstve.– Krasnodar, SKZNIISiV, 2012.– S. 199-205.

8. Chirkova, T.V. Fiziologicheskie osnovy zasuhoustoychivosti rasteniy.- SPb.: Izd-vo SPbGU, 2002.– 240 s.

9. Nen'ko, N.I. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' yabloni v intensivnykh nasazhdeniyakh razlichnoy konstruksii / N.I. Nen'ko, G.K. Kiseleva, A.V. Karavaeva, Yu.I. Sergeev // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: SKZNIISiV, 2014. – № 26(2). – S. 21-29. – Rezhim dostupa: <http://www.journal.kubansad.ru/pdf/14/02/03.pdf>.

10. Nen'ko, N.I. Fiziologo-biohimicheskaya harakteristika sopryazhennoy ustoychivosti yabloni k abioticheskim stressam yuga Rossii / N.I. Nen'ko, G.K. Kiseleva // The European Scientific and Practical Congress 'Scientific resources management of countries and regions' Copenhagen, Denmark, 18 July 2014. Publishing Center of The International Scientific Association "Science & Genesis", Copenhagen, 2014, P.123-130.

11. Kuznetsov, Vl. V. Prolin pri stresse: biologicheskaya rol', metabolizm, regulyatsiya / Vl. V. Kuznetsov, N.I. Shevyakova // Fiziol. rasteniy, 1999. – 46. –№2. – S. 321-336.