

УДК 634.21:577.15:58.032.3

DOI: 10.36305/2712-7788-2020-2-155-102-111

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СОРТОВ АБРИКОСА В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

Иван Николаевич Палий, Татьяна Борисовна Губанова, Анфиса Евгеньевна Палий, Екатерина Анатольевна Мелкозерова, Наталья Владимировна Месяц, Валентина Милентьевна Горина

ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр» РАН, 298648, Россия, г. Ялта, пгт Никита, ул. Никитский спуск, 52
runastep@yandex.ru

С целью выявления особенностей работы фотосинтетического аппарата и содержания протекторных веществ у различных сортов абрикоса в период максимальной вероятности наступления засухи на Южном берегу Крыма были проведены исследования концентрации пролина, фенольных соединений и хлорофиллов, а также параметров индуцированной флуоресценции хлорофилла (ИФХ) у сортов абрикоса (*Prunus armeniaca*), с различной степенью засухоустойчивости ('Алупкинский', 'Крымский Амур' – слаботойкие; сорт 'Хурмаи' характеризуется лабильной устойчивостью, а сорта 'Казачок', 'Профессор Смыков', 'Nagycorosi Orias' – засухоустойчивые сорта). Установлено, что засухоустойчивые сорта характеризуются относительно низким содержанием пролина в листьях. Предполагается участие этой аминокислоты в защитных реакциях абрикоса при водном стрессе. Результаты исследований состояния фотосинтетического аппарата у изучаемых сортов показали, что потеря листьями воды менее 20%, вызывает обратимые изменения в параметрах ИФХ. Возрастание водного дефицита до уровня 25-30% вызывает разрушение ФС2 у неустойчивых к засухе сортов. Наиболее стабильной работой фотосинтетического аппарата характеризовался сорт 'Nagycorosi Orias'. Наиболее ярко нарушения фотосинтетических процессов наблюдались в период восстановления водообеспеченности листьев.

Ключевые слова: Абрикос; засухоустойчивость; пролин; фенольные соединения; хлорофиллы; фотосинтез.

Введение

Несмотря на большое количество информации по вопросам реакции плодовых культур на действие абиотических стрессоров, эта проблема не утратила своей актуальности. В результате многолетних исследований генофонда абрикоса в Никитском ботаническом саду выявлен большой размах варьирования многих признаков (зимостойкость, засухоустойчивость, сроки цветения, созревания и т.д.), что позволяет широко использовать культуру в селекционной работе. Большое значение для стабильности плодоношения абрикоса имеет степень засухоустойчивости сортов. В условиях дефицита влаги приостанавливается формирование цветочных почек, что ведет к снижению урожая следующего года или периодичности плодоношения (Корзин и др., 2009).

Продуктивность растений определяется соответствием между биологическими особенностями растения и условиями среды. В течение года это соответствие неоднократно нарушается. В период вегетации нормальному развитию деревьев препятствуют высокая температура воздуха, недостаток влаги в почве и воздухе. В Крыму, относящемуся к зоне недостаточной водообеспеченности, частые засухи сопровождаются суховеями в период вегетации растений, а высокие температуры воздуха и длительное отсутствие осадков приходятся на заключительный этап формирования урожая плодовых культур, в том числе и абрикоса (Плугатарь и др., 2015). В связи с этим, исследования таких физиолого-биохимических параметров как содержание протекторных веществ и характеристики первичных процессов фотосинтеза позволяют получить объективную информацию о степени устойчивости сортов абрикоса к неблагоприятным условиям летнего сезона.

Многочисленные публикации свидетельствуют о протекторном действии пролина при стрессах. Содержание пролина повышается в растениях в ответ на действие стрессоров различной природы (Kavi Kishor et al., 2005; Hossain et al., 2014). К числу маркеров стрессоустойчивости растений можно отнести и фенольные соединения. Они участвуют в основных процессах жизнедеятельности растительных клеток: фотосинтезе, дыхании, а также защите от действия стрессовых факторов, способны инактивировать активные формы кислорода, возникающие при стрессовых воздействиях, защищая растения от окислительной токсичности (Costa et al., 2009).

Важным показателем устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды является эффективность работы фотосинтетического аппарата листа, а именно количественное содержание фотосинтетических пигментов, а также состояние структур связанных с процессами, поглощения, миграции и использованием световой энергии для биосинтеза. Главным фотосинтетическим пигментом является хлорофилл «a». Содержание хлорофилла «b» характеризует степень приспособленности растения к низкой освещенности, чем больше хлорофилла «b» тем выше адаптивный потенциал растения (Кушниренко и др., 1967). В исследованиях особенностей работы фотосинтетического аппарата растений при водном стрессе особое внимание уделяется анализу изменений в кинетике флуоресценции хлорофилла, поскольку позволяет получить объективную информацию состоянии ФС2 (Oukarroum et al., 2007; Longenberger et al., 2009; Wójcik-Jagła et al., 2013).

В настоящее время, известно, что такие параметры ИФХ, как максимальная и вариабельная флуоресценция, а также их соотношение, изменение характеристик определяющих эффективность передачи энергии от светособирающих комплексов, могут быть использованы для диагностики степени устойчивости растений к стрессорам. (Yin et al., 2006; Pavlovic et al., 2018; Губанова и др., 2019).

Цель наших исследований заключалась в выявлении особенностей работы фотосинтетического аппарата и содержания протекторных веществ у различных сортов абрикоса в период максимальной вероятности наступления засухи.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили на базе коллекции Никитского Ботанического сада (г. Ялта). Объектами послужили 6 сортов *Prunus armeniaca* Lam.: ('Алупкинский', 'Крымский Амур' – с низкой степенью устойчивости; сорт Хурмаи характеризуется лабильной устойчивостью, а сорта 'Казачок', 'Профессор Смыков', 'Nagycorosi Orias' – засухоустойчивые сорта. (Палий и др., 2019).

Для определения влияния обезвоживания на состояние фотосинтетического аппарата была проведена серия экспериментов с различным уровнем водообеспеченности: состояние полного насыщения (исходное состояние), утрата листьями 15-18% воды (5 часов увядания) – вариант 1; последующее восстановление тургора (1); утрата листьями 25-30 % воды (15 часов увядания) – вариант 2 и восстановление тургоресценции (2). Интенсивность флуоресценции хлорофилла (ИФХ) измеряли с помощью портативного хронофлуориметра Флоратест (Институт кибернетики НАН Украины) (Romanov et al., 2010). Для интегральной оценки состояния фотосинтетического аппарата анализировали следующие показатели фотоиндуцированной флуоресценции: F_0 – базовый уровень флуоресценции, зависящий от потерь энергии возбуждения во время миграции по пигментной матрице, а также от содержания молекул хлорофилла, не имеющих функциональной связи с реакционными центрами; F_{pi} – уровень флуоресценции в момент достижения ее временного замедления; F_m – максимальное значение флуоресценции; F_s – стационарный уровень флуоресценции, отмечаемый через три минуты после момента освещения – показатель

количества хлорофиллов, не принимающих участия в передаче энергии на реакционные центры. В качестве расчетных параметров флуоресценции использовали: варибельную флуоресценцию $F_v = F_m - F_0$ (индикатор фотохимических окислительно-восстановительных процессов); характеристику тепловой диссипации энергии возбужденных молекул хлорофилла $(F_m - F_s)/F_s$; коэффициент спада флуоресценции, эффективность квантового выхода фотосинтеза F_v/F_s (индекс жизнеспособности); эффективность световой фазы фотосинтеза F_v/F_m (Stirbet, 2011; Гольцев, и др., 2014).

Определение содержания пролина проводили по модифицированной методике Чинарда с использованием нингидринового реактива (Андрющенко и др., 1981), сумму фенольных веществ - по методу Фолина-Чиокальтео (Гержилова, 2002) определения производили на спектрофотометре Evolution 220 UV/VIS фирмы Thermo Scientific. Содержание сухих веществ определяли термogravиметрическим методом (ГОСТ 24027.2-80). Количественное определение пигментов проводили с использованием спектрофотометра КФК 3 КМ фирмы (Юнико-Сис, Россия) по методике Гавриленко В.Ф. и соавт. (1975). Анализ каждой пробы проводили 3 раза. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием критерия Стьюдента, достоверными считали изменения, где $P < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ биологически активных веществ показал, что в листьях абрикоса содержатся фенольные соединения в концентрациях от 715 до 1298 мг/100 г, пролин – 17,12-47,08 мкг/г, а также пигменты: хлорофилл «а» в концентрации 0,25-0,36 мг/г и хлорофилл «b» – 0,26-0,35 мг/г (табл. 2). Максимальным содержанием фенольных соединений отличался сорт Nagycorosi Orias, минимальным – ‘Хурмаи’. При этом в листьях сорта Nagycorosi Orias выявлена минимальная концентрация пролина, в то время как у сорта Хурмаи содержание данной аминокислоты было максимальным. Самое высокое содержание хлорофиллов «а» и «в» обнаружено в листьях сорта Профессор Смыков, самое низкое – в листьях ‘Nagycorosi Orias’.

Таблица 1

Содержание биологически активных веществ в листьях абрикоса в период максимальной вероятности наступления засухи

Table 1

The amount of biologically active substances in apricot leaves during the period of maximum drought probability

Генотип /genotype	Сухие в-ва, % / Dry compounds, %	Содержание, в пересчете на сырой вес / Content, per crude weight				
		Хлорофилл а, мг/г /Chlorophyll a, mg/g	Хлорофилл b, мг/г / Chlorophyll b, mg/g	Сумма хлорофиллов а+ b, мг/г / Amount of chlorophyll a+ b, mg/g	Сумма фенольных соединений, мг/100 г / Total phenolic compounds, mg/100g	Пролин, мкг/г / Proline, mkg/g
‘Алупкинский’ / ‘Alupkinsky’	41,0	0,726±0,022	0,268±0,007	0,994	1098±33	32,50±0,98
‘Крымский Амур’ / ‘Krymsky Amur’	40,5	0,889±0,027	0,323±0,009	1,212	999±29	47,08±1,41
‘Хурмаи’ / ‘Khurmai’	36,5	0,699±0,021	0,308±0,008	1,007	715±22	47,08±1,41
‘Профессор Смыков’ / ‘Professor Snykov’	38,0	0,893±0,027	0,348±0,010	1,124	865±26	32,10±0,96
‘Казачок’ / ‘Kazachok’	39,5	0,874±0,026	0,327±0,009	1,201	965±28	25,68±0,77
‘Nagycorosi Orias’	38,5	0,759±0,023	0,256±0,008	0,890	1298±39	17,12±0,51

Неустойчивые к засухе сорта характеризовались высоким содержанием пролина. Относительно содержания фенольных веществ и хлорофиллов не выявлено однозначной зависимости уровня данных групп веществ от степени засухоустойчивости исследованных сортов абрикоса.

Анализ параметров ИФХ у листьев сортов абрикоса показал, что сорта различаются по основным параметрам даже в исходном состоянии. Минимальный уровень базовой флуоресценции определен у слабостойкого сорта Крымский Амур, что, с одной стороны свидетельствует о незначительных потерях энергии при ее миграции по пигментной матрице, а с другой – о том, что большая часть хлорофилла *a* связана с реакционными центрами ФС2 (Kalaji et al., 2012). Высокими значениями стационарной флуоресценции характеризовались сорта Nagycorosi Orias и Профессор Смыков, что позволяет сделать вывод о наличии “пула” хлорофиллов не входящих в состав РЦ и обеспечивающих стресс-устойчивость фотосинтетического аппарата у данных сортов. Отдельно следует отметить, что несмотря на максимально высокую величину тепловой диссипации энергии, именно у сорта Nagycorosi Orias наблюдалась максимальная эффективность световой фазы фотосинтеза (табл.2, рис.). В условиях контролируемого обезвоживания (вариант1) наблюдалось изменения основных параметров ИФХ. Наиболее значительные снижения максимальной и вариабельной флуоресценции зафиксированы как у засухоустойчивых сортов Казачок, Профессор Смыков, так и у слабостойких – ‘Крымский Амур’ и ‘Алупкинский’. Не смотря на то, что в данных условиях индекс жизнеспособности оставался в пределах нормы, падение параметра Fv/Fst у сорта Казачок говорит о снижении эффективности квантового выхода фотосинтеза. После снятия стрессового воздействия и восстановления тургесцентности у засухоустойчивых сортов большая часть характеристик ИФХ приблизилась к контрольному уровню, что свидетельствует о высоких репарационных способностях их фотосинтетического аппарата при утрате воды менее 20 %. Что же касается сортов с низкой и лабильной устойчивостью (‘Крымский Амур’, ‘Алупкинский’, ‘Хурмаи’), то сохранение стрессового состояния у них подтверждается увеличением количества хлорофилла, не принимающего участия в передаче энергии к РЦ и невысокой эффективностью световой фазы фотосинтеза.

Таблица 2

Изменение параметров ИФХ листьев сортов абрикоса при потере 15-18% воды и восстановлении тургесцентности

Table 2

Chlorophyll fluorescence induction parameters under various water supply

Генотип / genotype	F ₀	F _m	F _{st}	F _v	F _v /F _{st}	F _v /F _m	(F _m -F _{st})/F _{st}
Исходное состояние / Initial data							
1	2	3	4	5	6	7	8
‘Крымский Амур’ / ‘Krymsky Amur’	288±9	1324±33	464±12	1036±22	2,23±0,08	0,78±0.01	1.85±0.06
‘Казачок’ / ‘Kazachok’	408±8	1300±45	456±11	892±21	1,97±0.10	0,69±0.02	1,85±0.09
‘Nagycorosi Orias’ /	368±6	1870±52	576±13	1502±26	2,61±0.05	0,80±0.02	2,25±0.03
‘Хурмаи’ / ‘Khurmai’	470±9	1430±39	504±15	960±23	1,90±0,04	0,67±0.02	1,83±0.05
‘Профессор Смыков’ / ‘Professor Smykov’	456±11	1560±32	584±12	1104±21	1,89±0,02	0,71±0,02	1,67±0,03
‘Алупкинский’ / ‘Alupkinsky’	352±7	1440±38	544±16	1088±30	2,00±0,01	0,76±0,03	1,65±0,04

Продолжение таблицы 2 / Continuation of the Table 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант1 (потеря воды 15-18%) / Variant 1 (water loss 15-18%)							
‘Крымский Амур’ / ‘Krymsky Amur’	304±10	1138±14	397±5	834±17	2,10±0,11	0,73±0,04	1,87±0,10
‘Казачок’ / ‘Kazachok’	352±13	776±12	320±7	424±10	1,32±0,04	0,55±0,12	1,45±0,07
‘Nagycorosi Orias’ / ‘Khurmaı’	456±6	1526±21	496±9	1070±32	2,16±0,02	0,70±0,05	2,08±0,11
‘Хурман’ / ‘Khurmaı’	320±8	1024±26	344±3	704±14	2,05±0,10	0,69±0,02	1,98±0,01
‘Профессор Смыков’ / ‘Professor Smykov’	280±4	976±11	358±11	696±18	1,94±0,02	0,71±0,03	1,73±0,10
‘Алупкинский’ / ‘Alupkinsky’	354±11	976±14	288±8	622±16	2,16±0,03	0,64±0,04	2,34±0,12
Восстановление тургесцентности 1 / Turgidity restoration							
‘Крымский Амур’ / ‘Krymsky Amur’	356±7	1136±21	408±9	780±19	1,91±0,06	0,69±0,02	1,78±0,03
‘Казачок’ / ‘Kazachok’	403±11	1544±32	480±13	1141±23	2,38±0,02	0,74±0,02	2,22±0,11
‘Nagycorosi Orias’ / ‘Khurmaı’	412±9	1497±26	488±17	1085±25	2,23±0,04	0,72±0,02	2,07±0,03
‘Хурман’ / ‘Khurmaı’	360±12	1016±21	344±7	656±13	1,91±0,02	0,65±0,01	1,95±0,02
‘Профессор Смыков’ / ‘Professor Smykov’	287±6	1152±28	608±19	865±15	1,42±0,03	0,75±0,02	0,89±0,02
‘Алупкинский’ / ‘Alupkinsky’	400±14	1080±21	328±13	680±19	2,07±0,02	0,63±0,03	2,29±0,04

Более глубокое обезвоживание позволило выявить реакции фотосинтетического аппарата у изучаемых сортов абрикоса, связанные, вероятно, как с сортовыми особенностями, так и со степенью засухоустойчивости (табл.3, рис.).

Таблица 3

Изменение параметров ИФХ листьев сортов абрикоса при потере 25-30% воды и восстановлении тургесцентности

Table 3

Chlorophyll fluorescence induction parameters during the loss of 25-30% of water and restoration of turgescence

Генотип / genotype	F ₀	F _m	F _{st}	F _v	F _v /F _{st}	F _v /F _m	(F _m -F _{st})/F _{st}
Исходное состояние / Initial data							
1	2	3	4	5	6	7	8
‘Крымский Амур’ / ‘Krymsky Amur’	288±9	1324±33	464±12	1036±22	2,23±0,08	0,78±0,01	1,85±0,06
‘Казачок’ / ‘Kazachok’	408±8	1300±45	456±11	892±21	1,97±0,10	0,69±0,02	1,85±0,09
‘Nagycorosi Orias’ / ‘Khurmaı’	368±6	1870±52	576±13	1502±26	2,61±0,05	0,80±0,02	2,25±0,03
‘Хурман’ / ‘Khurmaı’	470±9	1430±39	504±15	960±23	1,90±0,04	0,67±0,02	1,83±0,05
‘Профессор Смыков’ / ‘Professor Smykov’	456±11	1560±32	584±12	1104±21	1,89±0,02	0,71±0,02	1,67±0,03
‘Алупкинский’ / ‘Alupkinsky’	352±7	1440±38	544±16	1088±30	2,00±0,01	0,76±0,03	1,65±0,04

Продолжение таблицы 3 / Continuation of the Table 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Вариант 2 (потеря воды 25-30%) / Variant 1 (water loss 25-30%)							
‘Крымский Амур’ / ‘Kry msky Amur’	848±22	1488±25	1264±26	416±10	0,33±0,03	0,28±0,01	0,19±0,02
‘Казачок’ / ‘Kazachok’	472±12	1947±31	336±13	1475±27	4,39±0,12	0,75±0,03	4,79±0,06
‘Nagycorosi Orias’ /	384±8	1560±32	500±14	1178±24	2,35±0,02	0,75±0,03	2,12±0,04
‘Хурмаи’ / ‘Khurma i’	544±14	1016±21	576±21	472±11	0,82±0,02	0,49±0,02	0,76±0,01
‘Профессор Смыков’ / ‘Professor Smykov’	592±14	1206±24	376±11	614±21	1,63±0,04	0,51±0,03	2,21±0,03
‘Алупкинский’ / ‘Alupkinsky’	256±9	848±11	320±9	592±19	1,85±0,03	0,70±0,04	1,65±0,04
Восстановление тургесцентности 2 / Turgidity restoration 2							
‘Крымский Амур’ / ‘Kry msky Amur’	208±8	368±6	288±5	160±8	0,55±0,04	0,43±0,03	0,28±0,03
‘Казачок’ / ‘Kazachok’	352±6	1290±22	488±6	938±11	1,92±0,03	0,72±0,03	1,64±0,02
‘Nagycorosi Orias’ /	411±9	1368±34	440±5	957±23	2,17±0,03	0,69±0,02	2,11±0,04
‘Хурмаи’ / ‘Khurma i’	690±9	736±11	688±15	46±3	0,07±0,01	0,06±0,02	0,07±0,02
‘Профессор Смыков’ / ‘Professor Smykov’	240±4	632±12	288±5	392±12	1,36±0,02	0,62±0,03	1,19±0,04
‘Алупкинский’ / ‘Alupkinsky’	200±8	776±9	312±4	576±14	1,84±0,03	0,74±0,04	1,49±0,03

Так, у сорта Казачок отмечено отсутствие выраженных пиков на этапе медленной фазы флуоресценции и резкое увеличение максимальной и стационарной флуоресценции, и соответственно снижение вариабельной, а также индекса жизнеспособности, ниже витальной нормы, что говорит о разрушении внутриклеточных структур ФС2. У сорта Алупкинский наблюдалось снижение параметров Fm и Fv на 42 % и 46 %, соответственно. Однако, индекс жизнеспособности остался в пределах нормы. В тех же условиях у сорта Хурмаи, характеризующегося нестабильной засухоустойчивостью, низкие значения соотношения Fv/Fst доказывают инактивацию фотосинтетических процессов. У засухоустойчивых сортов при глубоком обезвоживании отмечено возрастание тепловой диссипации энергии возбуждения в среднем на 40-45%, что с одной стороны снижает эффективность работы ФС2, а с другой – может быть связана с активизацией защитных механизмов (Stirbet, 2011).

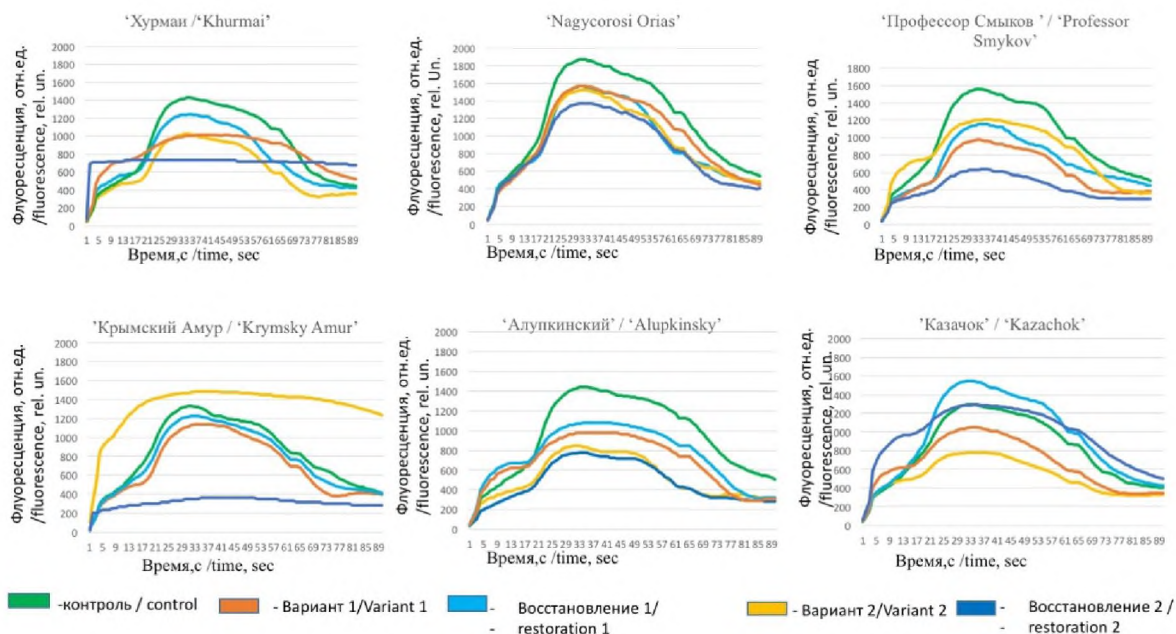


Рис. Индукционные кривые флуоресценции хлорофилла листьев с сортов абрикоса при различных вариантах водообеспеченности
Fig. Induction curves of chlorophyll fluorescence in leaves of the apricot cultivars under various water supply conditions

В процессе восстановления тургесцентности, не смотря на то, что повреждения тканей листа были в пределах 40-45 % поверхности, было зафиксировано полное разрушение фотосинтетического аппарата в листьях слабостойких к засухе сортов Крымский Амур и Алупкинский, что подтверждается формой кривых ИФХ. Среди устойчивых сортов были выявлены сортовые различия в работе фотосинтетического аппарата после снятия стрессового воздействия, при том, что у них отмечено восстановление тургесцентности и нормальной окраски в пределах 70-80 % листьев. Так, у сортов Nagycorosi Orias и Казачок на достаточно низком уровне осталась переменная флуоресценция, но возросло количество хлорофилла связанного с передачей энергии к РЦ. Вероятно, это и позволило восстановить достаточно высокий уровень квантового выхода фотосинтеза. У сорта Профессор Смыков наблюдалось дальнейшее снижение параметров ИФХ, что стало причиной достижения индексом жизнеспособности нижней границы нормы. Полученные в этом случае данные позволяют констатировать дальнейшее развитие стрессового состояния.

Закключение

Таким образом, установлено, что концентрация хлорофиллов в листьях сортов абрикоса носит скорее сортоспецифичный характер, но не связана со степенью засухоустойчивости. Для засухоустойчивых сортов характерно более низкое содержания пролина в тканях листьев в период максимальной вероятности наступления засухи на ЮБК. Такая картина, вероятно, объясняется участием данной аминокислоты в процессах, направленных на нивелирование окислительного стресса. Результаты исследований состояния фотосинтетического аппарата у изучаемых сортов показали, что потеря листьями воды менее 20%, хоть и снижает эффективность фотосинтетических процессов, но эти изменения носят обратимый характер. Сопоставление параметров ИФХ и содержания хлорофилла в тканях листьев изучаемых сортов, позволило сделать вывод о том, что у сортов с высокой концентрацией хлорофилла *a* ('Крымский Амур'), лишь небольшая его доля принимает

участие в транспортировке энергии по пигментной матрице, что и объясняет высокую чувствительность этого сорта к водному стрессу (Basset, 2013). Возрастание водного дефицита до уровня 25-30% вызывает разрушение ФС2 у неустойчивых к засухе сортов. Наиболее стабильной работой фотосинтетического аппарата характеризовался сорт Nagycorosi Oria.

Благодарности

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «Физиолого-биохимические исследования растительных объектов» (ФБИ РО) ФГБУН «НБС-ННЦ» (Ялта, Россия).

Литература / References

Андрющенко В.К., Саянова В.В., Жученко А.А. Модификация метода определения пролина для выявления засухоустойчивых форм *Lycopersicon* Tourn./Изв.АН МССР. – 1981. № 4. С. 55-60.

[Andryushchenko V.K., Sayanova V.V., Zhuchenko A.A. Modification of the method for determining proline to identify drought-resistant forms of the genus *Lycopersicon* Tourn. Izvestiia Akademii Nauk Moldavskoi SSR. – 1981. №. 4. P. 55-60.]

Витковский В.Л. Плодовые растения мира. – СПб.-М.-Краснодар: Лань. 2003. 592 с.

[Vitkovsky V.L. Fruit plants of the world. SPb-M.-Krasnodar. Lan'. 2003. 592 p.]

Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Учебное пособие. – М., «Высш. школа», 1975. 392 с.

[Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Khandobina L.M. Great workshop on plant physiology. Photosynthesis. Respiration. Tutorial. – М., «Vyshcha Shkola», 1975. 392 p.]

Гержикова В.Г. Методы технoхимического контроля в виноделии. – Симферополь: Таврида, 2002. 259 с.

[Gerzhikova V.G. Methods of technochemical control in winemaking. - Simferopol: Tavrida, 2002. 259 p.]

ГОСТ 24027.2-80 Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. Введ. 1981-01-01. – М.: ИПК Изд- во стандартов, 1999. 10 с.

[GOST 24027.2-80 Medical plant raw material. Methods for determination of moisture, ash content, extractive and tannin materials, essential oil 1981-01-01. – М.: IPC Publishing house of standards, 1999. 10 p.]

Гольцев В. Н., Каладжи М. Х., Кузманова М. А., Аллаxвердиев С. И. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 220 с.

[Goltsev V.N., Kalaidzhi M.H., Kuzmanova M.A., Allakhverdiev S.I. Variable and Delayed Chlorophyll a Fluorescence – Basics and Application in Plant Sciences. Moscow-Izhevsk: Institute of Computer Sciences. 2014. 220 c.]

Губанова Т.Б., Пилькевич Р.А., Харченко А.А., Бернацкий И.В. Влияние засухи на состояние фотосинтетического аппарата некоторых сортов *Ficus carica* // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2019. № 151. С.109-119.

<https://doi.org/10.36305/2019-2-151-109-119>

[Gubanova T.B., Pilkevich R.A., Kharchenko A.A., Bernatsky I.V. The effect of drought on the photosynthetic apparatus condition in some *Ficus Carica* cultivars // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. Vol. 151. P.109-119.]

Корзин В.В., Горина В.М. Интродуцированные в условия Крыма сорта и формы абрикоса, перспективные для селекционной работы // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2009. Вып. 99. с. 72-75.

[Korzin V.V., Gorina V.M. Introduced apricot varieties and forms perspective for selection work in the Crimea // Bul. Nikit. Botan. Gard. 2009. № 99. P. 72-75.]

Кушниренко М.Д., Медведева Т.Н. Изменение пигментной системы листьев растений в зависимости от их водного режима // Известия АН СССР. 1967. №9. С.69-81.

[Kushnirenko M.D., Medvedeva T.N. Changing the pigment system of plant leaves depending on their water regime // Izvestiya AN SSSR. 1967. № 9. P.69-81.]

Палий И.Н., Палий А.Е., Пилькевич Р.А. Физиолого-биохимические особенности сортов абрикоса в условиях летнего дефицита влаги на Южном берегу Крыма // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 57. С. 93-101. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-57-93-101>

[Paliy I.N., Pilkevich R.A., Paliy A.E. Physiological and biochemical peculiarities of apricot varieties in conditions of summer moisture deficit on the south Coast of Crimea // Pomiculture and small fruits culture in Russia 2019. Vol. 57(1). P. 93-101.]

Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь, 2015. 164 с.

[Plugatar Yu.V., Korsakova S.P., Ilitsky O.A. Environmental monitoring of the Southern coast of the Crimea. - Simferopol, 2015. 164 p.]

Bassett C. L. Water Use and Drought Response in Cultivated and Wild Apples / C. L. Bassett // Abiotic Stress. – Plant Responses and Applications in Agriculture: Edited by K. Vahdati and C. Leslie. 2013. P. 249-275.

Costa R.M., Magalhaes A.S., Pereira J.A., Andrade P.B., Valentao P., Carvalho M., Silva B.M. Evaluation of free radicalscavenging and antihemolytic activities of quince (*Cydonia oblonga*) leaf: a comparative study with green tea (*Cammelia sinensis*) // Food Chem Toxicol. 2009. Vol. 47. P. 860-865.

Hossain M.A., Hoque M.A., Burritt D.J., Fujita M. Proline protects plants against abiotic oxidative stress: biochemical and molecular mechanisms // Oxidative Damage to Plants Antioxidant Networks and Signal-ing / Ed. P. Ahmad. – Academic Press is an imprint of Elsevier. 2014. P. 477-521.

Kalaji H., Govindjee, Goltsev V., Bosa K., Allakhverdiev S.I., Strasser R. Experimental in vivo measurements of light emission in plants: A perspective dedicated to David Walker // Photosynth. Res. 2012. № 114. P. 69–96.

Kavi Kishor P.B., Sangam S., Amrutha R.N., Laxmi P.S., Naidu K. R., Rao K.R.S.S., Rao S., Reddy K.J., Theriappan P., Sreenivasulu N. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implication in plant growth and abiotic stress tolerance // Cur. Sci. 2005. Vol. 88 (3). P. 424-438.

Longenberger P.S., Smith C.W., Duke S.E., McMichael B.L. Evaluation of chlorophyll fluorescence as a tool for the identification of drought tolerance in upland cotton // Euphytica. 2009. № 166. P. 25–33. DOI 10.1007/s10681-008-9820-4

Pavlovic I., Petrik I., Tarkowska D., Lepedus H., Vujcic Bok V., Radic S., Novak O., Salopek-Sondi B. Correlations between Phytohormones and Drought Tolerance in Selected Brassica Crops: Chinese Cabbage, White Cabbage and Kale // International Journal of Molecular Sciences. 2018. Vol. 19 (2286). P. 2-23. DOI:10.3390/ijms19102866

Oukarroum A., Madidi S.E., Schansker G., Strasser R.J. Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLCIP under drought stress and rewatering // Environmental and Experimental Botany. 2007. V. 60. P. 438–446. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2007.01.002

Romanov V.A., Galelyuka I.B., Sarakhan Ie.V. Portable fluorometer Floratest and specifics of its application // Sensor Electronics and Microsystem Technology. 2010. V. 1 (7). № 3. P. 39.

Stirbet A., Govindjee J. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient // J. Photochem. Photobiol. B. 2011. Vol. 104. P. 236. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010>

Wojcik-Jagła M., Marcin R., Tyrka M., Kos J., Cielniak., Crissy K., Muda K. Comparative QTL analysis of early short-time drought tolerance in Polish fodder and malting spring barleys // Theor Appl Genet. 2013. Vol. 126. P. 3021–3034. DOI 10.1007/s00122-013-2190-x

Yin C.Y., Berninger F., Li C.Y. Photosynthetic responses of *Populus przewalski* subjected to drought stress // Photosynthetica. 2006. Vol. 44. P. 62–68. DOI: 10.1007/s11099-005-0159-y

Статья поступила в редакцию 22.04.2020

Paliy I.N., Gubanova T.B., Paliy A.E., Melkozerova E.A., Mesyats N.V. Gorina V.M. Physiological and biochemical parameters of apricot cultivars under drought conditions on the Southern Coast of the Crimea // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2020. № 2(155). P. 102-111

In order to determine special features of the photosynthetic apparatus activity and the content of thread compounds in various apricot cultivars during the period of maximum drought probability on the Southern Coast of the Crimea, we studied the concentration of proline, phenolic compounds and chlorophylls, as well as the parameters of chlorophyll fluorescence induction (CFI) in some apricot cultivars (*Prunus armeniaca* Lam.), characterized by various degree of drought tolerance ('Alupkinsky', 'Krymskiy Amur') are weakly resistant; Khurmai cultivar is characterized by labile resistance, and the cultivars Kazachok, Professor Snykov, Nagycorosi Orias are drought tolerant cultivars). It has been found out that drought-resistant cultivars are characterized by a relatively low content of proline in their leaves. It is supposed that this amino acid is involved in the protective reactions of apricot plants under water stress. The results of the photosynthetic apparatus studies in the presented cultivars demonstrated that in leaves, water loss less than 20% caused reversible changes in the parameters of CFI. An increase in the water deficit up to 25-30% caused the destruction of PS2 in weakly drought-resistant cultivars. The most stable photosynthetic apparatus activity was noticed in the cultivar Nagycorosi Orias. Deviations in photosynthesis processes were most pronounced during the period of water restoration in leaves.

Keywords: apricot; drought tolerance; proline; phenolic compounds; chlorophylls; photosynthesis.