

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРСИКА К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СУБТРОПИКОВ РОССИИ\*

Юлия Сулевна Абиляфзова, кандидат биологических наук

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»,

г. Сочи, Россия

E-mail: Citrus\_Sochi@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты многолетних исследований различных интродуцированных сортов персика, выращиваемых в открытом грунте и отличающихся скороплодностью, устойчивостью к дестабилизации погодных условий субтропической зоны Краснодарского края. Цель исследований — оценка функционального состояния растений персика, их устойчивости к изменениям погодных условий на Черноморском побережье. Коллекцию *Persica vulgaris* (Mill.) изучали в ФИЦ СНЦ РАН г. Сочи на базе лаборатории физиологии и биохимии растений. Полевые работы проводили на модельных деревьях персика. Схема посадки — 5×2 м, закладка — 2011 год, площадь — 0,5 га. Обрезка кроны V-образная с ежегодной косметической корректировкой на плодоношение. Изучали сорта: Редхавен (контроль), раннего срока созревания — *Bellaio Dio Cesena*, среднего — *Rich Lady*, *Bolero*, позднего — *Gladis*, *Michelini*. Сортную устойчивость персика к неблагоприятным условиям среды оценивали по комплексу показателей (толщина листовой пластинки, водный дефицит, оводненность тканей листа и фотосинтетическая деятельность). Объект изучения — физиологически зрелые листья персика (седьмой-девятый от основания побега), отобранные в трех повторностях. Внесение удобрений  $N_{120}P_{90}K_{90}$  без орошения. Почва — бурая лесная, глубина — 60 см, содержание гумуса 1,39–2,95%, pH = 6,49–7,86. Листья персика отбирали на физиологические анализы с начала июня по сентябрь в зависимости от сорта, времени нарастания и наступления стрессовых условий (засуха, высокая температура воздуха). Отмечен водный дефицит листьев у сортов *Gladis*, *Michelini* и *Bolero*, превышающий в 1,3 раза сорт Редхавен (ст.), а также установлена низкая оводненность тканей листа (на 3,7–6,1% ниже по сравнению с контролем), что характеризовало их как менее устойчивые к абиотическим факторам среды. Выявлено, что независимо от водно-термического нарушения среди испытываемых растений сорта Редхавен, *Bellaio Dio Cesena* и *Rich Lady* содержали значительное количество каротиноидов (0,3–0,4 ед.), подтверждающее их приспособленность к нестабильным погодным условиям субтропиков России.

**Ключевые слова:** персик, сорта, листья, субтропики, функциональное состояние, водный дефицит, оводненность тканей листа, толщина листа, пигменты

## PHYSIOLOGICAL INDICATORS PEACH RESISTANCE TO UNFAVORABLE FACTORS OF SUBTROPICS RUSSIA

Yu.S. Abilfazova, PhD in Biological Sciences

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,

Sochi, Russia

E-mail: Citrus\_Sochi@mail.ru

**Abstract.** The results of long-term studies of various introduced varieties of peach grown on the field and characterized by early fruiting, resistance to destabilization of weather conditions in the subtropical zone of the Krasnodar Territory are presented. The purpose of the investigation is to assess the functional state of peach plants, their resistance to changes in weather conditions on the Black Sea coast. Variety study of the *Persica vulgaris* (Mill.) collection is carried out at the Federal Research Center of the Subtropical Scientific Center of RAS (Sochi), on the basis of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry. Field work is carried out on an area of 0.5 ha on test peach trees. Landing pattern 5×2 m, 2011 trial establishment. Crown pruning is V-figurative with annual cosmetic pruning for fruiting. For physiological and biochemical studies were used Redhaven (control), *Bellaio Dio Cesena* (early ripening), *Rich Lady* (medium ripening), *Bolero* (medium ripening), *Gladis* (late ripening), *Michelini* (late ripening) varieties. The varietal resistance of peach to unfavorable environmental conditions was assessed by a set of indicators (the thickness of the leaf blade, water deficit, hydration of leaf tissues and photosynthetic activity). The objects of study were physiologically mature peach leaves, selected in triplicate — 7–9th from the base of the shoot. Application of fertilizers in doses of  $N_{120}P_{90}K_{90}$ , without irrigation of plantations. The soil of the site is brown forest, 60 cm deep, humus content 1.39–2.95%, pH = 6.49–7.86 [1]. The selection of peach leaves for physiological analyzes was carried out from the beginning of June to September, depending on the variety, the timing of leaf growth and the onset of stress conditions (drought, high air temperatures). During the study of peach plants a high water deficiency of leaves was noted in *Gladis*, *Michelini* and *Bolero* varieties, which exceeded Redhaven (st.) by 1.3 times, and low water content of leaf tissues was established (lower by 3.7–6.1% in comparison with the control), which characterized them as less resistant to abiotic environmental factors. It was revealed that regardless of the water-thermal disturbance among the tested plants, the varieties Redhaven, *Bellaio Dio Cesena* and *Rich Lady* contained a significant amount of carotenoids, reaching 0.3–0.4 units, which confirmed their adaptability to unstable weather conditions of the subtropics of Russia.

**Keywords:** peach, varieties, leaves, subtropics, functional state, water deficit, water content of leaf tissues, leaf thickness, pigments

\* Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ФИЦ СНЦ РАН № 0492-2021-0008 «Создание, изучение и сохранение генофонда коллекции субтропических и декоративных культур»/ The publication was prepared within the framework of the implementation of the State Program of the FIT SNC RAS No. 0492-2021-0008 “Creation, study and preservation of the gene pool of the collection of subtropical and ornamental crops”.

Черноморское побережье России – благоприятный регион для возделывания косточковых культур. Персик – многолетнее листопадное растение *Prunus persica* L. из подсемейства миндальных *Amygdalaceae*, относится к семейству розоцветных (*Rosaceae* Juss), родина – Восточная Азия. [8] Из-за высокой скороплодности персик – одна из наиболее экономически выгодных культур. Поэтому основная цель состоит в сортоизучении и выделении адаптивных сортов к биотическим и абиотическим факторам субтропической зоны России с выходом на стабильные урожаи плодов высокого качества.

Для растений персика важен температурный режим во время цветения (не менее 8...12°C), для получения качественных плодов необходимо около 23°C и более в июле и августе, но последние 10...12 лет воздействие абиотических факторов во влажных субтропиках Краснодарского края отрицательно отражается на культуре. В весеннюю прохладную и дождливую погоду растения начинают реагировать на потепление при среднесуточной температуре воздуха свыше 5...7°C (начинается сокодвижение), затем резкие похолодания вызывают гибель почек и ростовых побегов. В летний период воздушно-почвенная засуха на фоне высокой солнечной активности с чрезмерно высокой температурой воздуха свыше 30°C и относительной влажностью более 75...82% затрудняют процесс транспирации и создают дополнительные стрессовые ситуации, вызывающие водный дефицит и угнетая растения. [7, 10] Один из основных стрессоров в субтропической зоне Краснодарского края – неравномерность распределения осадков в течение всего вегетационного периода. Например, количество осадков в 2016 году – 131 мм, 2017 – 124 мм (среднегодовая норма – 1329 мм). Чаше осадки имели ливневый характер. Такие неблагоприятные условия способствуют ослаблению устойчивости культуры персика к абиотическим факторам, что приводит к усиленному опадению завязи, снижению ростовых процессов, растения становятся более восприимчивыми к различным заболеваниям, снижаются продуктивность и качество получаемой продукции. [12]

Водный дефицит – важный и универсальный показатель, диагностирующий внутреннее состояние растений и реакцию на действие абиотических факторов природной среды во влажных субтропиках, особенно в засушливый период. [13] По нему можно оценить физиологическое состояние растений, их устойчивость к изменениям внешней среды, потенциальную возможность и сортопригодность для дальнейшего возделывания в регионе.

Любое растение-интродуцент вынуждено адаптироваться к новым погодным условиям произрастания. Способность растений приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям региона, их жизнедеятельность и продуктивность в большей степени зависит от состояния фотосинтетического аппарата. [2, 3, 11]

В субтропиках Краснодарского края очень малый спрос на плоды персика отечественного производства, поскольку культура в основном возделывается садоводами-любителями, промышленного производства практически нет.

Цель работы – изучить обновляемый и существующий генофонд насаждений культуры персика с учетом возраста, сорта, а также устойчивости к биотическим и абиотическим факторам влажных субтропиков России.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования интродуцированных растений персика проводили с 2016 года по программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [6], соблюдая новые агротехнические мероприятия с применением современных систем формирования крон и перспективных урожайных сортов. Опыт (2011 год) заложен в открытом грунте на плантации ФИЦ СЦ РАН площадью 0,5 га, высота над уровнем моря – 50...70 м. Схема посадки – 5×2 м, деревья с V-образной кроной. Физиолого-биохимические анализы проводили с июня по сентябрь в лаборатории по классической методике. [5] Водный дефицит листьев персика, оводненность листовых пластинок, толщину листа – [4], пигментный состав – спектрофотометрическим методом 96%-м этанолом с использованием расчетных формул Смита и Бенитеза. [9] Для исследований были взяты модельные деревья персика: *Pedhaven* (контроль), раннего срока созревания – *Bellao Dio Cesena*, среднего – *Rich Lady*, *Bolero*, позднего – *Gladis*, *Michelini*. Сортовую устойчивость персика к неблагоприятным условиям среды оценивали по комплексу показателей (толщина листовых пластинок, водный дефицит, оводненность тканей листа, содержание хлорофиллов а, b и каротиноидов).

Объект изучения – физиологически зрелые листья персика (три повторности) каждого сорта – седьмой-девятый от основания побега. Листья отбирали с начала июня по сентябрь в зависимости от сорта, времени их выращивания и наступления стрессовых условий (засуха, высокая температура воздуха). Почва участка – бурая лесная, глубина – 60 см, содержание гумуса – 1,39...2,95%, рН = 6,49...7,86. Агротехника общепринятая для выращивания культуры персика в условиях влажных субтропиков России.

Материал обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову и с применением математического пакета программ Excel XP.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Одна из основных причин снижения продуктивности растений – недостаточная устойчивость к водно-термическим факторам среды. Для характеристики устойчивости сорта к стресс-факторам и в качестве косвенных критериев засухоустойчивости мы провели комплексные исследования (водный дефицит, оводненность тканей, толщина листовых пластинок и фотосинтетическая деятельность листьев персика). Водный дефицит – один из достоверных показателей засухоустойчивости растений к абиотическим факторам среды, он возникает при высокой скорости транспирации, превышающей поступление воды в листья.

Во время стресса у растений происходит снижение оводненности тканей и перераспределение воды в клетках, при котором количество трудноизвлекаемой воды резко возрастает. Такой сложный физиологический процесс приводит к уменьшению подвижности воды в растениях и активности метаболизма, что способствует повышению водоудерживающей способности тканей листа и их устойчивости к непредсказуемым воздействиям природной среды. В связи с этим изучают растения *Persica vulgaris* (Mill.) в благоприятный и стрессовый периоды.

Засушливые и жаркие месяцы в субтропической зоне начинаются с середины июня и продолжаются до I декады сентября. При температуре воздуха свыше 30°C и относительной влажности более 82% снижаются физиолого-биохимические процессы, происходящие в растениях (оводненность тканей, фотосинтез, дыхание, активность обмена веществ).

В жаркий период (июль-август) при продолжительной засухе до трех-четырех недель водный дефицит листьев персика в среднем по опыту составил 13,6...17,3%, у сортов *Gladis*, *Michelini* и *Bolero* – 15,1...17,3% (в 1,2...1,3 раза выше, чем у *Редхавен*) (рис. 1).

Данные биометрических измерений листовых пластинок *Persica vulgaris* (Mill.) показали, что нестабильные погодные условия, вызванные засухой, привели к снижению тургора листа и отношению  $T_2/T_1$  (до и после засухи) как следствие повышения уровня водного дефицита на побережье Краснодарского края (рис. 2).

Высокой степенью насыщенности клеток водой (до 62%) и толщиной листа (до 17% и более) характеризовались наиболее устойчивые сорта *Редхавен* (st.), *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady*. Среднеустойчивые *Gladis*, *Michelini* и *Bolero* отличались снижением толщины листа в 1,4...1,6 раза и оводненности его тканей на 3,7...6,1% по сравнению с контрольным сортом. Между толщиной листовой пластинки, тургором листа и величиной водного дефицита установлена отрицательная корреляционная связь ( $r = -0,9$ ).

Один из важных биохимических показателей реакции растений на нарушения гидротермических факторов – содержание хлорофиллов а, b и каротиноидов. Поэтому в число комплексных исследований входит изучение пигментного состава, играющего важную роль в обеспечении устойчивости растений к стресс-факторам.

Соотношение хлорофиллов а+b к каротиноидам всегда постоянно и быстро реагирует на экстремальные факторы среды, а количественное содержание каротиноидов – показатель адаптивного потенциала культуры к условиям произрастания, жизнедеятельности растений и продуктивности. [11] Функциональная активность ассимиляционного аппарата тесно связана с содержанием фотосинтетических пигментов. По результатам анализа листьев персика в засуху синтез хлорофиллов а, b снизился у менее устойчивых сортов *Gladis*, *Michelini* и *Bolero*. У устойчивых сортов *Редхавен*, *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady*, на фоне повышения синтеза хлорофиллов, наблюдали уменьшение индекса хлорофиллов (а/б) от 2,44

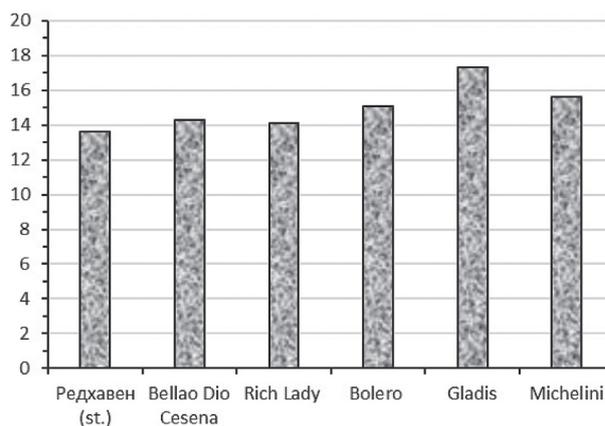


Рис. 1. Водный дефицит листьев персика, НСР ( $p \leq 0,05$ ) = 1,14.

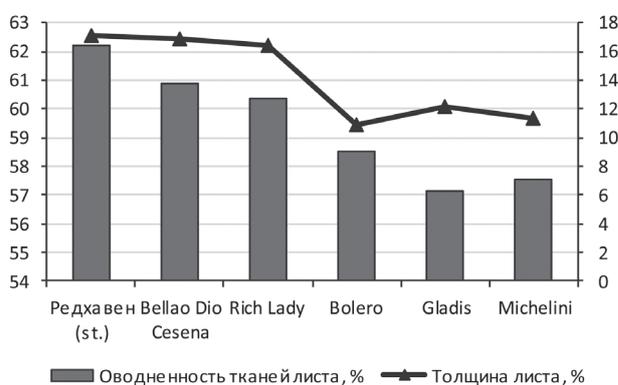


Рис. 2. Водный режим листьев персика. Для оводненности листа – НСР ( $p \leq 0,05$ ) = 2,32, толщины – НСР ( $p \leq 0,05$ ) = 0,02.

до 1,21 ед. и соотношения их суммы к каротиноидам (Ca+b/карот), что способствовало усилению адаптационного потенциала растений персика. В неблагоприятный период содержание каротиноидов повысилось до 0,3...0,4 ед. и привело к достоверному снижению соотношения суммы хлорофиллов к каротиноидам (НСР ( $p \leq 0,05$ ) = 0,18), что свидетельствовало об обеспечении каротиноидами не только устойчивости к экзогенному стрессу, но и степени приспособленности растений персика сортов *Редхавен*, *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady* к дестабилизации погодных условий на Черноморском побережье Краснодарского края.

**Выводы.** Водный дефицит, толщина листа, оводненность и фотосинтетическая деятельность растений тесно коррелировали с устойчивостью различных сортов персика к абиотическим факторам среды. Установлено, что *Редхавен*, *Bellao Dio Cesena* и *Rich Lady* по результатам водного режима и пигментного состава листьев подтвердили свою засухоустойчивость, а *Bolero*, *Michelini*, *Gladis* – низкую сопротивляемость к стрессовым ситуациям субтропической зоны края.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беседина Т.Д., Смагин Н.Е., Добежина С.В. Адаптивный потенциал сортов персика, возделываемых во влажных субтропиках России // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 1 (25). С. 123–129.

2. Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Доможирова В.В. и др. Адаптация культуры персика к условиям выращивания на юге России // Садоводство и виноградарство. 2014. № 6. С. 35–40.
3. Еремин В.Г. Новые технологии возделывания персика в Краснодарском крае // Horticulture and viticulture. 2006. № 6. P. 7–8. ISSN 0235-2591.
4. Кушниренко М.Д., Курчатов Г.И., Штефырце А.А. Экспресс-метод диагностики жароустойчивости и сроков полива растений. Кишинев: Штиинца, 1986. 38 с.
5. Практикум по физиологии растений / под ред. И.И. Гунара. М.: Колос, 1972. 168 с.
6. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
7. Рахимов М.М. Физиолого-биохимические показатели у генотипов пшеницы в зависимости от природно-климатических зон прорастания: дис. ... канд. биол. наук // Ин-т ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан. Душанбе, 2016. 148 с.
8. Шайтан И.М., Чуприна Л.М., Анпилогова В.А. Биологические особенности и выращивание персика, абрикоса и алычи. Киев: Наукова Думка, 1989. С. 6–154. ISBN 5-12-00082.
9. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–170.
10. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018. V. 12. № 1. P. 723–728. <https://doi.org/10.5219/974>.
11. Bakunov A.L., Milekhin A.V., Rubtsov S.L., Shevchenko S.N. Photosynthetic pigment content as a consequential resistance sign of potato varieties to high temperature and moisture lack // Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2020. V. 5. № 2. P. 8–13.
12. Belous O., Abilphazova Yu. Chapter 4. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica*: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates). – Nova Science Publishers, Inc., USA. P. 234–240. ISBN: 978-1-53619-234-6.
13. Kaur G., Asthir B. Molecular responses to drought stress in plants // *Biologia Plantarum*. 2017. V. 61 (2). P. 201–209. <https://doi.org/10.1007/s10535-016-0700-9>.

## REFERENCES

1. Besedina T.D., Smagin N.E., Dobezhina S.V. Adaptivnyj potencial sortov persika, vozdel'yaemyh vo vlaznyh subtropikah Rossii // *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2017. № 1 (25). S. 123–129.
2. Dragavceva I.A., Savin I.Yu., Domozhirova V.V. i dr. Adaptaciya kul'tury persika k usloviyam vyrashchivaniya na yuge Rossii // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2014. № 6. S. 35–40.
3. Eremin V.G. Novye tekhnologii vozdel'vaniya persika v Krasnodarskom krae // *Horticulture and viticulture*. 2006. № 6. P. 7–8. ISSN 0235-2591.
4. Kushnirenko M.D., Kurchatov G.I., Shtefyrce A.A. Ekspress-metod diagnostiki zharoustojchivosti i srokov poliva rastenij. Kishinev: Shtiinca, 1986. 38 s.
5. Praktikum po fiziologii rastenij / pod red. I.I. Gunara. M.: Kolos, 1972. 168 s.
6. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / pod red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covej. Orel: VNIISPК, 1999. 608 s.
7. Rahimov M.M. Fiziologo-biohimicheskie pokazateli u genotipov psheniczy v zavisimosti ot prirodno-klimaticheskikh zon prorastaniya: dis. ... kand. biol. nauk // *In-t botaniki, fiziologii i genetiki rastenij AN Respubliki Tadjhikistan*. Dushanbe, 2016. 148 s.
8. Shajtan I.M., Chuprina L.M., Anpilogova V.A. Biologicheskie osobennosti i vyrashchivanie persika, abrikosa i alychi. Kiev: Naukova Dumka, 1989. S. 6–154. ISBN 5-12-00082.
9. Shlyk A.A. Opredelenie hlorofilla i karotinoidov v ekstrakтах zelenyh list'ev // *Biohimicheskie metody v fiziologii rastenij*. M.: Nauka, 1971. S. 154–170.
10. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2018. V. 12. № 1. P. 723–728. <https://doi.org/10.5219/974>.
11. Bakunov A.L., Milekhin A.V., Rubtsov S.L., Shevchenko S.N. Photosynthetic pigment content as a consequential resistance sign of potato varieties to high temperature and moisture lack // *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2020. V. 5. № 2. P. 8–13.
12. Belous O., Abilphazova Yu. Chapter 4. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica*: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates). – Nova Science Publishers, Inc., USA. P. 234-240. ISBN: 978-1-53619-234-6.
13. Kaur G., Asthir B. Molecular responses to drought stress in plants // *Biologia Plantarum*. 2017. V. 61 (2). P. 201–209. <https://doi.org/10.1007/s10535-016-0700-9>.