

Глава 2.

ИНТРОДУКЦИЯ И СОРТОИЗУЧЕНИЕ

УДК 634.13+631.521:631.559

doi: 10.31360/2225-3068-2018-67-35-42

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ
И МОРФОАНАТОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ГРУШИ
В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ**

Киселёва Н. С.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»,
г. Сочи, Россия, e-mail: nskiselyeva_05@mail.ru*

В статье представлен сравнительный анализ физиологических и морфоанатомических показателей различных сортов груши по степени устойчивости к стресс-факторам вегетационного периода. Дана оценка их засухоустойчивости по характеру изменения параметров водного режима. Выявлено, что водоудерживающая способность листовой пластинки у всех генотипов имеет высокую обратную зависимость от числа устьиц на нижнем эпидермисе листа. По результатам исследований выделены сорта груши, наиболее устойчивые к засухам летнего периода.

Ключевые слова: груша, сорт, генотип, листовая пластинка, водоудерживающая способность, засухоустойчивость, замыкающие клетки устьиц.

Основная функция адаптивной селекции заключается в мобилизации адаптивного потенциала, сохранении и пополнении генетических коллекций, вовлечение в селекционный процесс форм, гибридов, сортов и комплексных доноров, сочетающих высокую продуктивность и качество плодов с устойчивостью к действию неблагоприятных биотических и абиотических факторов окружающей среды, с высокой генетической защищённостью средообразующих свойств сорта [3]. Повышение и максимальное использование адаптивного потенциала сортов и форм является главной задачей современного растениеводства, определяющейся знанием биологии и поведения сортов в конкретных экологических условиях. Недостаточное увлажнение, вызывая изменение физиолого-биохимических процессов, отражается и на анатомических характеристиках [4–6]. Изучение изменений толщины листа, развития тканей мезофилла, а также размера клеток столбчатой и губчатой паренхимы на протяжении вегетации позволяет выявить особенности

проявления этих признаков у сортов с различной устойчивостью к засухе. В связи с этим **цель настоящей работы** – провести сравнительную оценку различных генотипов груши по физиологическим и анатомо-морфологическим показателям листьев для изучения адаптационных механизмов приспособления к изменяющимся условиям среды и выделить наиболее засухоустойчивые генотипы груши в условиях влажных субтропиков России.

Место проведения, объекты и методика исследования. Исследования проводились в течение 2004–2017 гг. на опытном участке коллекционных насаждений ФГБНУ ВНИИЦиСК (г. Сочи), расположенном на бурых лесных слабонасыщенных почвах. В качестве объектов исследований взяты сорта груши обыкновенной (*Pirus communis* L.) различных сроков созревания. Для оценки адаптационной устойчивости изучаемых сортов груши к стресс-факторам летнего периода использовали комплекс физиологических и анатомо-морфологических показателей. Исследования и отбор проводили по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», Орел, 1999. Анатомо-морфологические исследования проводили в соответствии с общепринятой методикой [1] с использованием светового микроскопа МБИ-15 (ув. 7×40 и 7×60). Статистический анализ полученных данных осуществлен в программах STAT и пакете анализа данных MS Excel [8].

Результаты. Груша — одна из наиболее распространённых плодовых культур, у которой при отборе сортов, наиболее пригодных для выращивания в почвенно-климатических условиях Черноморского побережья Краснодарского края, необходимо учитывать не только высокую продуктивность, но и способность к быстрой и эффективной адаптации при стрессе [3, 7]. Особенности взаимодействий «генотип-среда» обусловлены тесной зависимостью величины и качества урожая груши от условий выращивания, в том числе – от нерегулируемых факторов внешней среды. Почвенно-климатические условия Краснодарского края благоприятны для выращивания этой плодовой культуры, но высокие температуры воздуха, недостаток воды в почве, повышенная инсоляция являются основными лимитирующими стрессовыми факторами летнего периода. Так как сорта должны быть не только высокопродуктивны, но и способны к быстрой и эффективной регуляции защитных механизмов при высокотемпературном стрессе [2, 3, 7], необходим отбор сортов, устойчивых к засухе и негативному воздействию высоких температур.

В условиях влажных субтропиков юга России летняя засуха – один из основных стрессоров абиотического характера. Поэтому исходный селекционный материал, как и гибридный на первых этапах отбора нуждаются в оценке их устойчивости к отмеченному фактору. Накопленный экспериментальный и теоретический опыт свидетельствует о значимости ряда физиологических параметров, характеризующих отношение растений к засухе. К таким характеристикам следует отнести оводнёность листьев, водоудерживающую способность, остаточный водный дефицит. Сравнительный анализ показателей водообмена листьев растений может служить критерием в оценке отношения генотипа к засухе (табл. 1).

Таблица 1

**Основные параметры
водного режима и содержание сухих веществ
в листьях груши**

Сорт	Параметры водного режима и содержание сухих веществ				Морфоанатомические показатели листовой пластинки		
	оводнёность листьев, % к сырой массе	потеря воды за 24 часа, % к исходной массе	водный дефицит листьев, %	сухие в-ва, мг/г	площадь, см ²	толщина, мм	плотность устьиц, шт./мм ²
Ранне-летние							
‘Бере Жиффар’ (к)	55,35	53,12	4,09	46,38	17,95	42,43	306,60
‘Вега’	54,51	51,43	2,5	45,49	23,90	44,56	400,00
НСР ₀₅	0,13	0,17	0,31	0,91	6,25	2,11	94,32
Летние							
‘Вильямс’ (к)	55,46	46,64	9,17	37,85	18,80	40,10	413,30
‘Черноморская Янтарная’	54,23	52,46	5,00	45,76	22,09	53,10	280,00
НСР ₀₅	0,12	0,11	0,11	0,81	3,21	13,07	133,17
Осенне-зимние							
‘Бере Боск’ (к)	55,07	52,37	4,67	39,57	31,05	41,27	373,30
‘Рассвет’	49,26	51,44	2,6	59,74	25,63	46,03	480,00
НСР ₀₅	0,62	0,13	0,11	0,31	5,35	4,79	136,2

Из таблицы 1 видно, что интродуцированные сорта в наиболее засушливый период обладали достаточно высоким показателем водного дефицита (4,09–5,0 %), с максимальным (9,17 %) – у сорта Вильямс.

Анализ показателей водного режима груши позволил установить, что повышенное содержание воды в листьях сочетается со снижением водоудерживающей способности. В целом у изученных сортов разница по уровню оводнённости незначительная ($НСР_{05} = 0,12–0,62$), поэтому степень их засухоустойчивости в большей степени определяет величина водопотерь ($НСР_{05} = 0,11–0,17$). Сравнение сортов груши показало, что ранне-летние и летние сорта груши имеют более высокую степень оводнённости, такие как 'Бере Жиффар' (55,35 %) и Вильямс (55,46 %). Таким образом, подтверждено, что в условиях засухи у всех исследуемых сортов груши есть определённый дефицит воды.

Синтетическая активность растений характеризуется повышенным уровнем накопления сухих веществ. По этим показателям выделялись сорта 'Рассвет' (59,74 %), 'Черноморская Янтарная' (45,76 %), 'Вега' (45,49 %). При анализе относительных характеристик, определяющих эффективность растения в образовании листовой поверхности, выяснилось, что все они имеют сортовое различие, то есть определенное, имеющее тенденцию к постоянству, значение для каждого сорта, которое определяется генотипом.

Эти экспериментальные данные частично соотносятся с морфоанатомическими особенностями эпидермальной ткани листьев соответствующих генотипов. Так, при сильной стрессовой нагрузке, адаптивные возможности растений истощаются. В то же время наблюдается изменение соотношения различных слоев паренхимы листа и изменение анатомического строения листа груши в целом [4, 6].

Определено, что повышенные температуры при отсутствии осадков способствуют значительному увеличению толщины палисадной паренхимы (до 60 %), основная функция которой – фотосинтез. При увеличении содержания общей влаги в листьях ростовых побегов развита рыхлая губчатая ткань, основная функция которой – газообмен и транспирация. Так, толщина слоя палисадной паренхимы варьировала от 2,72 мкм у сорта 'Бере Жиффар' до 8,72 мкм у сорта 'Черноморская Янтарная', губчатой паренхимы – от 30,8 мкм у сорта 'Бере Жиффар' до 49,14 мкм у сорта 'Бере Боск'. У всех изучаемых сортов селекции института ВНИИЦиСК отмечено преобладание палисадной паренхимы (до 21 % от общей толщины листовой пластинки) над слоем губчатой ткани. Следовательно, по анатомо-морфологическим показателям листовой пластинки, у сортов груши проявились признаки ксероморфной структуры, которые обуславливают их засухоустойчивость [4–6].

Растения в процессе эволюции приспособились переносить летнюю засуху, приобретая определенные анатомические признаки листовой пластинки. В этой связи была изучена зависимость устойчивости к недостатку влаги как от толщины листовой пластинки, так и от количества устьиц на нижней поверхности листа. Число и размер устьиц изменяются в зависимости от условий вегетации [7]. В годы с обильными осадками – 150... 200 мм, температуре воздуха – от 15 °С (май) до 25 °С (июль-август) при средней влажности 78 %, во время активного роста побегов и листьев плотность устьиц на листе уменьшалась при увеличении их размера. В засушливых условиях – осадки до 30 мм, температура от 17 °С в мае до 30 °С и выше в июле-августе со снижением относительной влажности воздуха в среднем до 50... 60 %, происходили обратные процессы.

Г. Н. Еремеев установил наличие тесной связи засухоустойчивости плодовых растений с водоудерживающей способностью их листьев [2]. Устойчивые к засухе сорта характеризуются высокой водоудерживающей способностью. Возможность сорта удерживать и экономно расходовать воду в засушливых условиях является защитно-приспособительной реакцией устойчивых растений [3, 4].

В результате математической обработки получены коэффициенты ранговой корреляции между водоудерживающей способностью листьев и анатомическими признаками: толщиной поперечного среза листовой пластинки и числом устьиц, исследуемых шести сортов груши разных сроков созревания, представленные в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Коэффициент ранговой корреляции
между водоудерживающей способностью листьев
и толщиной листа груши, мкм**

Сорт	Толщина поперечного среза мкм, X	Водоудерживающая способность листьев, %, Y	Оценка рангов		d	d ²
			X _i	Y _i		
‘Бере Жиффар’ (к)	42,43	53,12	4	1	3	9
‘Вега’	44,56	51,43	3	4	1	1
‘Вильямс’ (к)	40,1	46,64	6	6	0	0
‘Черноморская Янтарная’	53,1	52,46	1	2	1	1
‘Бере Боск’ (к)	41,27	52,37	5	2	3	9
‘Рассвет’	46,03	51,44	2	4	2	4

Примечание: $r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{6(n^2 - 1)}$, где

n – число пар коррелируемых величин,
d – разница рангов.

$$(\sum d^2 = 24, n = 6)$$

$$r = 1 - \frac{6 \times 24}{6(6^2 - 1)} = 1 - \frac{144}{210} = 1 - 0,68 = 0,32$$

Очевидно, что зависимость между этими двумя признаками средняя. $r = 0,32$, водоудерживающая способность напрямую зависит от толщины поперечного среза листовой пластинки, при разнице рангов: 0–3.

Таблица 3

Коэффициент ранговой корреляции между водоудерживающей способностью листьев и числом устьиц на нижнем эпидермисе листа груши, шт./мм²

Сорт	Число устьиц на 1 мм ² , шт., X	Водоудерживающая способность листьев, %, Y	Оценка рангов		d	d ²
			X _i	Y _i		
‘Бере Жиффар’ (к)	306,6	53,12	5	1	4	16
‘Вега’	400,0	51,43	3	4	1	1
‘Вильямс’ (к)	413,3	46,64	2	6	4	16
‘Черноморская Янтарная’	280,0	52,46	6	2	4	16
‘Бере Боск’ (к)	373,3	52,37	4	2	2	4
‘Рассвет’	480,0	51,44	1	4	3	9

Способность листовой пластинки удерживать воду в течение двадцати четырёх часов у всех сортов груши имеет высокую обратную зависимость от числа устьиц на нижнем эпидермисе листа $r = -0,77$, при этом показатели остаточного водного дефицита с этим анатомическим признаком имеет незначительную обратную зависимость $r = -0,26$ (табл. 4).

Таким образом, исходя из данных анатомических признаков, число устьиц можно рассматривать в качестве показателей приспособления растения к высоким температурам воздуха.

Таблица 4

**Коэффициент ранговой корреляции
между водным дефицитом и числом устьиц**

Сорт	Число устьиц на 1 мм ² , шт., X	Водный дефицит, %, Y	Оценка рангов		d	d ²
			X _i	Y _i		
‘Бере Жиффар’ (к)	306,6	4,09	5	4	1	1
‘Вега’	400,0	2,5	3	6	3	9
‘Вильямс’ (к)	413,3	9,17	2	1	1	1
‘Черноморская Янтарная’	280,0	5,00	6	2	4	16
‘Бере Боск’ (к)	373,3	4,67	4	3	1	1
‘Рассвет’	480,0	2,6	1	5	4	16

Выводы. Анализ полученных данных показал, что наиболее адаптивными и устойчивыми к засухе по комплексу вышеперечисленных признаков, в сравнении с контролем, оказались сорта ‘Черноморская Янтарная’, ‘Вега’ и ‘Рассвет’. Определено, что влияние стрессовых погодных условий приводит к появлению у генотипа таких ксероморфных признаков, как усиленное развитие слоя палисадной паренхимы и уменьшение количества устьиц на единицу поверхности. Увеличение площади листовой пластинки и снижение содержания сухих веществ, свидетельствует о более эффективном использовании продуктов фотосинтеза, что согласуется с большим содержанием свободной воды в листьях. Выявлено, что при благоприятных погодных условиях наблюдается увеличение толщины листовой пластинки при изменении соотношения слоев паренхимы листа и анатомического строения в целом. Установлена высокая корреляционная зависимость физиологических особенностей растений в связи с водным режимом и адаптивным потенциалом от числа устьиц на нижнем эпидермисе листа. Определение параметров водного режима растений груши в процессе вегетации способствует выяснению их реакции на неблагоприятные факторы внешней среды, степень приспособления растений к условиям произрастания, что важно для решения различных задач адаптивной селекции.

Библиографический список

1. Воронин Н.С. Руководство к лабораторным занятиям по анатомии и морфологии растений: учебн. пос.: изд. 2-е, перераб. – М.: «Просвещение», 1972. – 160 с.
2. Еремеев Г.Н. Лабораторно-полевой метод оценки засухоустойчивости плодовых и др. растений и краткие результаты его применения // Труды Никитского ботанического сада. – 1964. – Т. 37. – С. 472-488.
3. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). – Кишинёв: «Штиинца», 1990. – 432 с.
4. Киселёва Н.С. Влияние стресс-факторов внешней среды на морфо-анатомическое строение листовой пластинки груши // Адаптивный потенциал и качество продукции сортов и сорто-подвойных комбинаций плодовых культур: мат-лы междунар. научно-практ. конф., Орёл, 24-27 июля 2012 г. – Орел: ВНИИСПК, 2012. – С.115-122. – ISBN: 978-5-900705-62-0.
5. Киселёва Н.С. Оценка адаптационного потенциала различных генотипов груши к стресс-факторам внешней среды // Плодоводство и ягодоводство России. –2014. – Т. 38. – № 1. – С. 187-193. – ISSN: 2073-4948.
6. Киселёва Н.С. Оценка адаптационной способности различных генотипов груши по морфо-анатомическому и физиологическому состоянию листьев // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – № 3. – С. 34-38. – ISSN: 0131-6397.
7. Кушниренко М.Д., Печерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. – Кишинёв: «Штиинца», 1991. – 306 с.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособ. для биол. спец. вузов. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSIOLOGICAL AND MORPHOANATOMIC INDICATORS OF PEAR CULTIVARS RESISTANCE TO DROUGHT IN THE RUSSIAN HUMID SUBTROPICS

Kiseleva N. S.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
“Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops”,
c. Sochi, Russia, e-mail: nskiselyeva_05@mail.ru*

The paper presents a comparative analysis of physiological and morphoanatomic indicators of various pear cultivars by the degree of resistance to stresses-factors during vegetative period. Their drought resistance was estimated by the character of changes in water regime parametres. It is revealed that water-retaining ability of a leaf blade in all genotypes has a high inverse relationship on a number of stomata on the lower leaf epidermis. According to the research results, there were identified some pear cultivars that are most resistant to droughts in the summer period.

Key words: pear, cultivar, genotype, leaf blade, water-retaining ability, drought resistance, guard cells of stomata.