

УДК 634.13:57.02:632.111.8

doi: 10.31360/2225-3068-2019-68-63-71

**ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ
И ГИБРИДОВ ГРУШИ ПО СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ
К ПОВЫШЕННЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА
МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ**

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 работе использован метод флуктуирующей асимметрии листовых пластинок растений (ФА) показывающий возможности определения реакции груши на сочетание высоких температур воздуха с резким дефицитом летних

осадков. Объектами исследований взяты сорта и гибриды груши обыкновенной (*P. communis* L.) и груши песчаной (*P. serotina* Rh.) с различными сроками созревания плодов. Проведена работа по созданию специфической шкалы оценки адаптивности и стабильности развития груши. Показана дифференциация сортов и гибридов по степени их устойчивости к повышенным температурам в естественных условиях, что даёт возможность оптимизировать селекционный процесс, минимизировать потери урожая и получить генотипы с высоким уровнем адаптации к жарким и засушливым условиям вегетации.

Ключевые слова: груша, метод флуктуирующей асимметрии, стрессовые факторы, реакция на высокие температуры воздуха, расчётная шкала.

Определение флуктуирующей асимметрии билатеральных морфопризнаков (метод ФА) используется как доступный способ оценки стабильности развития организмов [5, 6]. Для растительных объектов отбирается листовая пластинка [8], так как отклонения в формообразовательном процессе билатеральных листьев могут прямо указывать на биоиндикаторный характер исследованных дикорастущих и сельскохозяйственных видов. Под действием средовых факторов-стрессоров симметрия может в определенной степени «искажаться». Так как эти изменения на глаз неопределимы, в этом случае применяется параметрическое сравнение правых и левых сторон листа. Для простоты расчёта в полевых условиях определяется так называемый коэффициент флуктуирующей асимметрии (ФА), «колеблющейся» на фоне стрессовых воздействий. Целью исследований было установление закономерностей и параметров изменения состояния различных генотипов груши под влиянием взаимодействия высоких температур воздуха летнего периода с резким дефицитом осадков и создание специфической шкалы оценки адаптивности и стабильности развития культуры по результатам ФА-анализа.

Объекты и методы. Исследования проводились в течение 2016–2017 гг. на коллекционном участке ФГБНУ ВНИИЦиСК (г. Сочи). Сформированные листья 10 генотипов груши с разными сроками созревания плодов: (*Pirus communis* L.) – ‘Бере Жиффар’, ‘Вега’ (ранне-летние); ‘Вильямс’, ‘Черноморская Янтарная’, ‘Красный Вильямс’, гибрид № 11480 (летние); осенне-зимние – ‘Бере Боск’, ‘Рассвет’, гибрид № 8520, ‘Кильчу’ (*Pirus serotina* Rh.) отбирали в динамике (июнь – сентябрь) из средней зоны однолетних вегетативных побегов [6, 7] для каждого сорта по 10 штук в 5 повторностях. Листья сканировали общепринятым способом (HP ScanJet G2410) при режиме 150–300 dpi в виде чёрно-белого или цветного изображения в формате BMP. Обработку сканированного материала осуществляли программой Golden Software Surfer 8. В результате всех расчётов получали усреднённый коэффициент ФА листа по каждому

генотипу. Распределение коэффициентов ФА листьев различных сортов и гибридов груши отражали соответствующим графиком. Статистический анализ экспериментально полученных данных осуществлен в программах Statgraphics 16.2, Statistica 10 и пакете анализа данных MS Excel 2003–2013 [2].

Результаты и обсуждения. Адаптивность и связанная с ней стабильность функционального состояния растений основана на перестройке комплекса функциональных и структурных морфоанатомических признаков. Размер листа пластичен, поэтому применение метода определения флуктуирующей (колебательной) асимметрии, как способа оценки, вполне обосновано. На изменение абиотических факторов, действующих в период вегетации, груша реагирует отклонением в билатеральной симметрии листовых пластинок, уровень реакции которой определяется методом ФА-анализа [1, 2, 8].

Погодные условия за период исследований (2016–2017 гг.) отличались по гидротермическим параметрам. Наиболее благоприятный для роста, развития и созревания плодов груши был 2016 г. В летние месяцы температура воздуха варьировала в пределах от 17 до 32 °С, влажность воздуха находилась в пределах от 50 до 95 %, количество осадков в июне – августе выпало около 106 мм, что выше средних многолетних значений на 34,6 мм. Более экстремальные погодные условия наблюдались в 2017 г., которые характеризовались высокими температурами воздуха с третьей декады мая до второй декады сентября (средняя температура воздуха повышалась до 26 °С, а максимальные температуры были около 35 °С) и относительной влажностью воздуха 40–90 %, при этом осадки выпадали преимущественно в предгорной зоне региона. Превышение среднесуточной температуры воздуха по сравнению с многолетней составило 1,8–2,7 °С. Продолжительный период засухи наблюдался со второй декады июня по последнюю декаду августа, но наиболее стрессовые погодные условия сложились в августе (дефицит выпадения осадков (32 мм) на фоне высоких температур воздуха – до 32 °С, что выше нормы на 2,6 °С). Приведённый анализ погодно-климатических условий показывает, что гидротермические показатели в период роста груши характеризуются нерегулярностью и большими колебаниями по годам в одном и том же регионе.

Диапазон значений ФА, характеризующий сортовую специфику груши за летний период 2016–2017 гг. составил от $< 0,00121$ до $> 0,010275$ и от $< 0,02951$ до $> 0,10851$, что, возможно, объясняется разной степенью экологической устойчивости растений. Под воздействием стресс-фактора (повышение температуры) груша реагирует отклонением в билатеральной симметрии листовых пластинок, выраженным

в изменении значений коэффициентов флуктуирующей асимметрии, что полностью соответствует фундаментальным положениям экологической генетики [1]. В целом полученные результаты нашей работы можно использовать как для оценки состояния грушевых насаждений, так и для определения качества окружающей среды. Отмечено незначительное изменение этого био-параметра, как в сортовом, так и климатическом отношениях (рис. 1).

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа, сортовая специфика составила 16,7 % ($F = 1,48 < F = 5,1$) (фактор 1), климатические условия двух контрастных лет исследования – 3,23 % ($F = 2,59 < F = 10,1$) (фактор 2), взаимодействие факторов – 5,32 % ($F = 0,47 < F = 5,1$) не оказывают достоверного влияния на значения коэффициентов ФА, что подтверждает интегральный (единый) характер проявления результатов ФА-анализа. При введении в анализ фактора «месяц» – 8,5 % ($F = 2,54 < F = 8,8$) (табл. 1).

Криволинейное распределение значений ФА определяет нелинейный характер разбивки вариационного ряда. Диапазон расчётных данных ($min = 0,0224$; $max = 0,0574$) для удобства делили на пять равных частей, и согласно интегральной функции распределения вероятности значений коэффициентов ФА на основе способа расчёта процентилей получили границы баллов (рис. 2).

Таблица 1

**Распределение коэффициентов
флуктуирующей асимметрии листьев груши
в зависимости от сорта, 2016–2017 гг.***

Сорт/гибрид	$Mx \pm mMx$	δx	$Cx, \%$	$Px, \%$
‘Бере Жиффар’	0,0227 \pm 0,0005	0,0109	48,09	0,017
‘Вега’	0,0470 \pm 0,0119	0,0239	50,85	0,038
‘Вильямс’	0,0397 \pm 0,0193	0,0386	97,06	0,061
‘Черноморская Янтарная’	0,0320 \pm 0,0148	0,0297	92,79	0,047
‘Красный Вильямс’	0,0496 \pm 0,0092	0,0184	37,14	0,047
№ 11480	0,0334 \pm 0,0157	0,0314	93,98	0,050
‘Бере Боск’	0,0395 \pm 0,0131	0,0263	66,57	0,042
‘Рассвет’	0,0400 \pm 0,0083	0,0167	41,91	0,026
№ 8520	0,0574 \pm 0,0191	0,0383	66,58	0,061
‘Кильчу’	0,0224 \pm 0,0110	0,0220	98,08	0,035

Примечание: * – $Mx \pm mMx$ – среднеарифметическая величина с основной ошибкой;
 δx – стандартное отклонение;
 Cx – коэффициент изменчивости;
 Px – точность опыта.

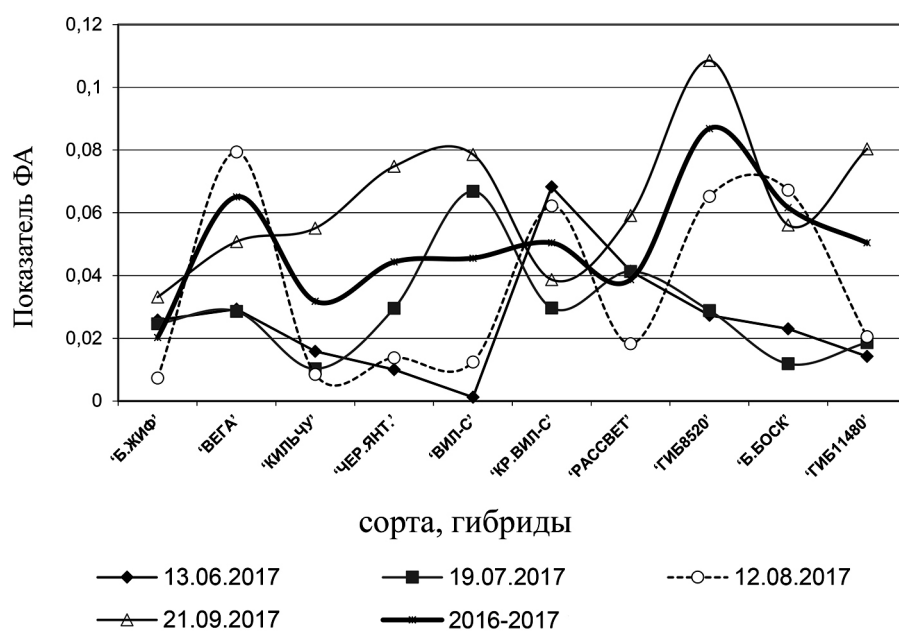
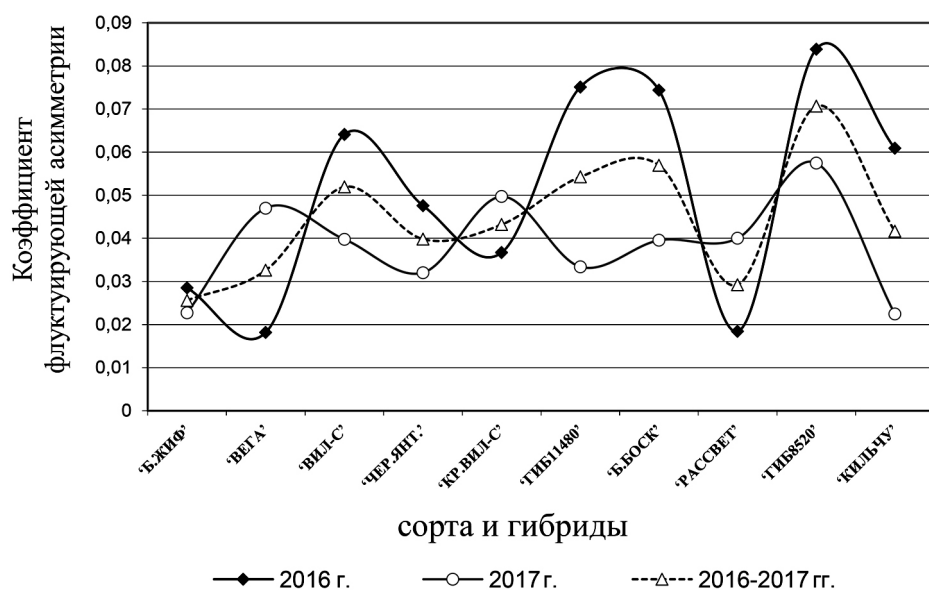


Рис. 1. Распределение значений ФА по сортам и годам

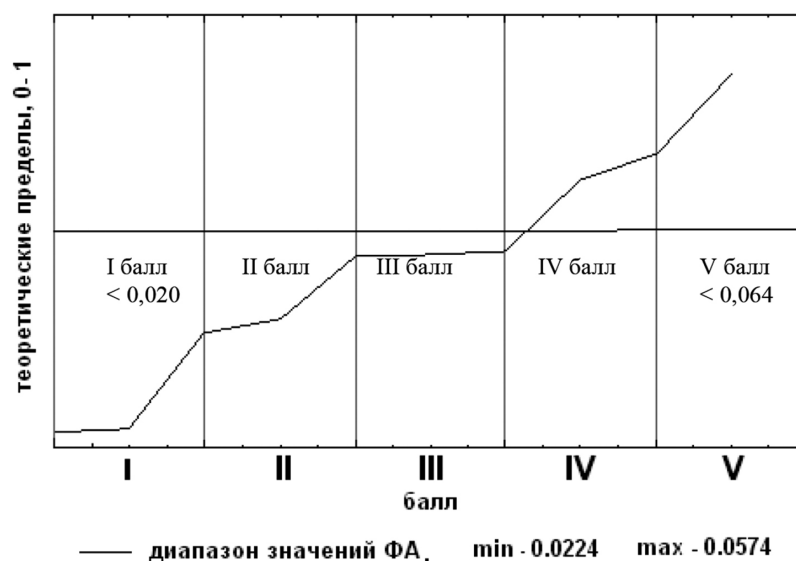


Рис. 2. Интегральная функция распределения значений ФА груши и границы баллов

Таким образом, на основании полученных расчётных значений ФА листовых пластинок груши ФГБНУ ВНИИЦиСК создана практическая шкала балльных интервалов, отражающих изменения стабильности развития растений при действии таких экологических стрессоров, как повышенные температуры летнего периода и недостаточное водоснабжение в зоне влажных субтропиков. Градация величины данного показателя стабильности развития для культуры груши представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Шкала оценки отклонений
состояния организма (груши) от условной нормы
по величине показателя стабильности развития листа**

Балл	Величина стабильности развития (ФА)	Связь ФА с действующими *стрессовыми факторами среды (СФ)
I	< 0,020	норма
II	0,020–0,034	переход к СФ
III	0,035–0,049	СФ
IV	0,050–0,064	возрастание СФ
V	> 0,064	критическое СФ

Примечание: * – стрессовые факторы (повышенные температуры и дефицит осадков)

Наличие сортов груши, полученных из семян от свободного опыления ('Вега', 'Черноморская Янтарная', гибрид № 11480), позволяет судить только о степени влияния материнской формы (сорт 'Бере Боск') на проявление признаков засухоустойчивости [3, 4]. Присутствие в группе сортов, не выходящих за пределы перехода к стрессовому состоянию (норма), так и переходящих в состояние стресса (II балла), указывает на их различие в адаптивности к засухе при высокой температуре, не зависящее от материнского компонента скрещивания.

По результатам исследований большинство изученных сортов груши обладает устойчивостью к сочетанию высоких температур с дефицитом осадков, о чем свидетельствуют их значения ФА – на уровне перехода к стрессовому состоянию (оценка стабильности развития организмов). В последние годы устойчивость климатических изменений вызывает необходимость создания новых сортов груши с высоким уровнем адаптации к жарким и засушливым условиям вегетации. Не установлена непосредственная взаимосвязь между происхождением сортов и степенью их устойчивости к абиотическому стрессу. Тем не менее, следует уделять больше внимания оценке стресс-устойчивых форм груши, отдавая предпочтение генотипам с высокими показателями указанных признаков.

Динамическое нарастание значений коэффициента ФА в 2016–2017 гг. для всех сортов и гибридов находится на достоверном уровне, подтвержденным критерием Стьюдента (t) ($P = 0,95$). Исходя из приведенных данных, наиболее эффективными индикаторами угнетенного состояния растений на коллекционном участке по абиотическим факторам – высокой температуры и отсутствия осадков (III) могут служить сорта 'Вега', 'Красный Вильямс', 'Вильямс', 'Бере Боск', 'Рассвет', гибрид № 8520. Уровню стрессовой реакции (II) соответствуют сорт 'Черноморская Янтарная' и гибрид № 11480. Асимметрия листьев сортов 'Бере Жиффар' и 'Кильчу' соответствует нижнему пределу II баллов, в полосу выраженного стресса сорта еще не попадают. Возможно, эти, давно возделываемые, сорта адаптировались к широкому пределу колебаний погодных условий, так как обладают стабильным генотипом.

Заключение. На изменение абиотических стресс-факторов (повышенных температур летнего периода и отсутствия осадков), действующих в период вегетации, груша реагирует отклонением в билатеральной симметрии листовых пластинок (уровень подобной реакции определяется методом ФА).

Выявлена сортовая специфичность в указанной реакции: интенсивно изменяющие показатель ФА листа сорта 'Вега', 'Красный Вильямс', 'Рассвет' и гибрид № 8520 могут указывать на возникновение стрессовой ситуации на участке. Сорта 'Бере Жиффар' и 'Кильчу' обладают

устойчивостью к сочетанию высоких температур с дефицитом осадков, о чём свидетельствуют их значения ФА – на уровне перехода к стрессовому состоянию (оценка стабильности развития организмов).

Библиографический список

1. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). – Кишинёв: Штиинца, 1988. – С. 17-38, 482-485.
2. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов (математическая статистика в экспериментальной ботанике). – М.: Наука, 1973. – С. 5-89, 132-213.
3. Киселёва Н.С. Изучение генофонда груши на Черноморском побережье Краснодарского края // 110 лет в субтропиках России: сб. науч.тр. посвящённый 110-летию института и 70-летию сада-музея «Дерево Дружбы» – Сочи: ВНИИЦиСК, 2004. – Вып. 39. – Т. II. – С. 535-546.
4. Киселёва Н.С. Влияние стресс-факторов внешней среда на морфо-анатомическое строение листовой пластинки груши // Адаптивный потенциал и качество продукции сортов и сорто-подвойных комбинаций плодовых культур: матер. Межд. научно-практ. конф., Орёл, 24-27 июля 2012 г. – Орёл: ВНИИСПК, 2012. – С. 115-122.
5. Кузнецов М.Н., Гольшкин Л.В. Сравнительная характеристика особенностей флуктуирующей асимметрии листьев яблони в разных экологических условиях // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – № 3. – С. 72-77. – ISBN 978-5-900705-62-0.
6. Кузнецов М.Н., Гольшкин Л.В., Долматов Е.А. Методические указания по определению величины флуктуирующей асимметрии листа яблони. – Орёл: ВНИИСПК, 2009. – 19 с.
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Н.Е. Седова, Г.П. Огольцовой. – Орёл: ВНИИСПК, 1999. – 608 с. – ISBN 5-900705-15-3.
8. Klingenberg C.P., Barluenda M., Meyer A. Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry // Evolution – 2002. – Vol. 56(10). – P. 1909-1920.

EVALUATION OF THE COLLECTORS' PEAR CULTIVARS AND HYBRIDS BY THE DEGREE OF RESISTANCE TO ELEVATED TEMPERATURES IN THE SUMMER PERIOD USING THE METHOD OF FLUCTUATING ASYMMETRY

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 present paper uses the method of fluctuating asymmetry of leaf blades (FA) showing the possibility to determine pear reaction to high air temperatures in combination with a sharp deficit of summer precipitation. The objects of research are cultivars and hybrids of common pear (*P. communis* L.) and Asian pear (*P. serotina* Rh.) with different ripening periods. The work has been conducted in order to create a specific scale for assessing the adaptability and stability in pear development. The differentiation of cultivars and hybrids is shown according to

their resistance degree to high temperatures in natural conditions, which makes it possible to optimize the breeding process, minimize crop losses and obtain genotypes with a high level of adaptation to hot and dry vegetation conditions.

Key words: pear, the method of fluctuating asymmetry, stress factors, reaction to high air temperatures, calculated scale.