

УДК 634.723:581.144.4:57.018.725

М. А. Шавыркина, младший научный сотрудник

Л. В. Гольшкин, к.б.н.

С. Д. Князев, д.с.-х.н.

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, Россия, Орел, info@vniispk.ru

**ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СРЕДЫ
В СВЯЗИ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ
ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ (*RIBES NIGRUM L.*)**

Аннотация

Анализ флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев позволил оценить состояние растений ягодной культуры черной смородины в зависимости от мест произрастания и сбора материала. Разработана шкала 5-ти балльной оценки состояния черной смородины по величине ФА. Определена возможность использования данной культуры в качестве биоиндикаторной при мониторинге состояния популяции под влиянием естественных и антропогенных факторов среды.

Ключевые слова: смородина черная, листовая пластинка, экологические факторы среды, культура-биоиндикатор, флуктуирующая асимметрия

UDC 634.723:581.144.4:57.018.725

M. A. Shavyrkina, junior researcher

L. V. Golyshkin, candidate of biological sciences

S. D. Knyazev, doctor of agricultural sciences

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Russia, Orel, info@vniispk.ru

**FEATURES INTEGRATED ENVIRONMENT ASSESSMENT IN CONNECTION WITH THE DETERMINATION
OF FLUCTUATING ASYMMETRY LEAF BLADE BLACK CURRANT (*RIBES NIGRUM L.*)**

Abstract

The analysis of fluctuating asymmetry (FA) of leaves allowed us to assess the condition of the plants berries of black currant, depending on the forest and collect the material. Scale 5-point assessment of the status of black currant on the magnitude of FA. The application of this crop as a bio-indicator for monitoring the condition of the population under the influence of natural and anthropogenic environmental factors.

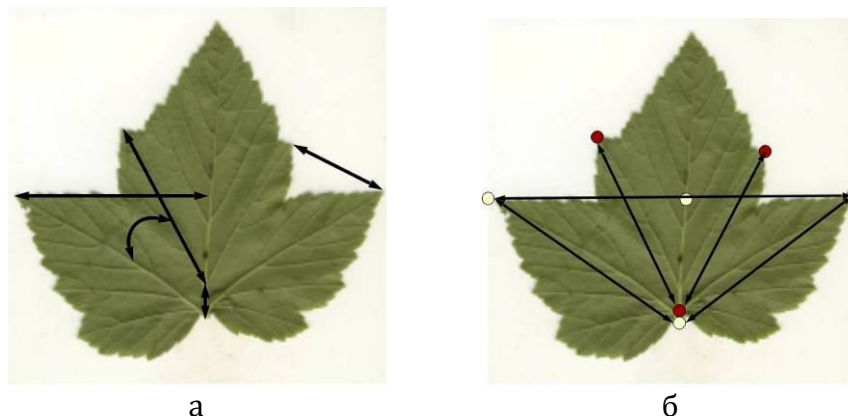
Key words: black currant, leaf blade, environmental factors, environment, culture bioindicator, fluctuating asymmetry

Введение

В настоящем практически любой известный в ботанической практике экологический фактор может быть оценен с большой степенью достоверности. Однако, большую проблему составляет интегральная оценка качества среды. Известно, что многочисленные факторы как положительной, так и отрицательной направленности, обычно действуют в комплексе, усиливая или ослабляя взаимодействие [1]. При этом надо учитывать, что здесь возможно возникновение действия вторичных факторов. Поэтому интегральная оценка качества среды часто без использования новейших методов специфических остается недоступной. Использование биоиндикации является выходом из создавшейся ситуации, когда применение подходов электронной техники дает возможность описать реакцию живого организма в ответ на одновременное встречное воздействие всех средовых факторов в совокупности [3].

Растения в качестве биоиндикаторов наиболее удобны в виду их стабильного положения в пространстве, легко доступны для сбора, с использованием ЭВМ относительно просто оцениваются определенными специфическими программами. Среди таковых существует современная программа определения флуктуирующей асимметрии листа, т. е. программа, позволяющая довольно чувствительно отмечать изменения в билатеральной конфигурации листовой пластинки. В данном случае она применима только к билатеральным структурам и базируется на зеркальной симметрии типа «правая-левая» стороны. Отметим, что громадное число растений обладает листовой симметрией именно такого типа. Под действием средовых факторов-стрессоров эта симметрия в определенной степени может «искажаться». Однако, эти изменения на глаз просто неопределимы. В этом случае на помощь приходит параметрическое сравнение правых и левых сторон листа. Расчет в полевых условиях довольно прост с определением так называемого коэффициента флуктуирующей асимметрии (ФА в дальнейшем), т.е. «плавающей» на фоне стрессовых воздействий. В целом же, оценка ФА-качества среды и ее рациональности для практического применения направлена на более широкие цели, как: определение состояния природных ресурсов; выявление зон экологического бедствия; характеристику эффективности природоохранных мероприятий; организацию новых агротехнических приемов, а также решение множества других проблем в хозяйственно-полезной деятельности человека [4...9].

Мы использовали обозначение K_i , равное отношению разности числовых выражений отдельного параметра левой и правой половины листа отнесенное к их сумме: $K_i = (X_l - X_p)/(X_l + X_p)$ [4, 5]. Если учесть, что определение флуктуирующей асимметрии сводится к сумме пяти признаков листа деленное на число этих признаков, то величина асимметрии листа (он же коэффициент ФА) может быть выражен отношением $K^{ФА_i} = (\text{сумма } K_i) / (i=5)$. К указанным пяти признакам листа относятся: 1 – ширина половины листа по горизонтальному перегибу; 2 – длина второй от основания листа жилки первого порядка; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок первого порядка; 4 – расстояние между вершинами этих жилок (дистальное значение); 5 – угол между центральной и второй от основания листа жилкой первого порядка [4]. Это не противоречит вышеприведенному выражению K_i , а с использованием возможности программы Golden Surfer 8 все манипуляции сводятся к определению топографических точек на листе (левая, средняя и правая по линии перегиба, светлые кружки), дистальные и проксимальные точки по второй и первой жилкам второго порядка обеих половинок листа (темные кружки), что составляет всего 11 точек (рисунки 1а, б). Программа автоматически определяет $K^{ФА_i}$ и заносит это значение в результирующую таблицу коэффициентов ФА [5].



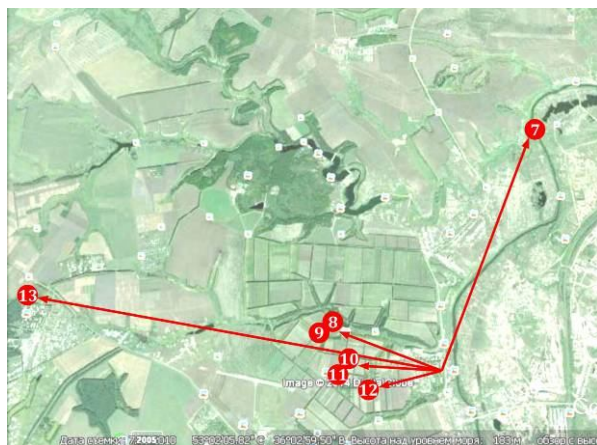
а – параметры листа, необходимые для расчета коэффициента ФА для ручного расчета; б – одиннадцать контрольных точек листа черной смородины для расчета величины флуктуирующей асимметрии листа по программе ЭВМ Surfer 8.

Рисунок 1 – Контрольные промеры

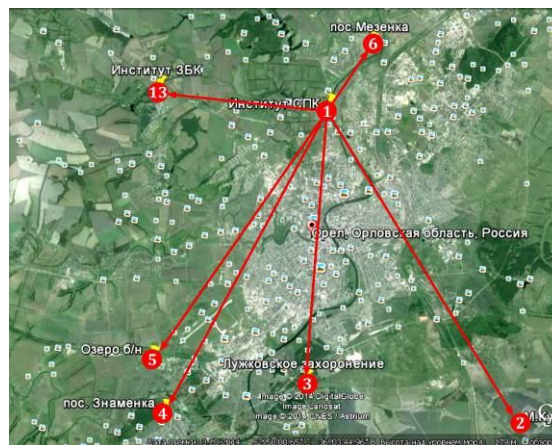
Материал и методы исследования

В настоящей работе использованы листья профилирующей для ВНИИСПК кустарниковой культуры черной смородины. Сбор листового материала проводили, ориентируясь на среднюю проекцию куста, используя молодые побеги. Листья собирали в количестве 10 штук на растение и в целом 100 штук на данную точку сбора. В результате определились следующие пункты отбора листьев черной смородины в разных точках Орловской области (рисунок 2, А...В; таблица 1): 1 – п. Залегощь (не показано); 2 – п. М.Куликовка; 3 – Сухая балка Непрец; 4 – п. Знаменка; 5 – озеро б/н (г.Орел); 6 – п. Мезенка; 7 – участок Болховского шоссе близ ВНИИСПК; 8...12 – разные участки садового массива ВНИИСПК; 13 – п. Стрелецкий (Орловский район); 14 – отвал отходов завода алюминиевого литья (МЗАЛ, Мценский район).

Особенность применяемого метода определения коэффициентов ФА заключается в том, что исключается утомительная процедура фиксирования материала, поскольку листья в живом виде сканируют любым пригодным для этого приспособлением, получая четкие электронные изображения. В дальнейшем вся работа проводилась исключительно на этих картинках. Время сбора материала – с момента полного развития листа. Сканирование по типу файла JPG с режимом не менее 150 dpi в виде черно-белого или цветного изображения в поле формата А4. Определение коэффициентов ФА – первый этап работы. Второй – заключается в построении соответствующей специфической балльной шкалы оценки стабильности развития растений черной смородины в разных зонах сбора материала. Каждому виду растения соответствует только ему присущая шкала оценки. Это очевидно, поскольку разные генотипы по-разному реагируют на действие стрессовых факторов среды. Поэтому оценивая состояния растения и окружающей обстановки, трудно вести экологическую оценку, ориентируясь на шкалу иного вида растения. Именно в этом и заключается специфичность применяемого нами метода флуктуирующей асимметрии.



А – окрестности ВНИИСПК, Орловский район



Б – окрестности г. Орел



В – окрестности д. Б. Думчино, Мценский район Орловской области

1 – ВНИИСПК; 2 – М. Куликовка; 3 – Непрец; 4 – Знаменка; 5 – Озеро; 6 – Мезенка; 7 – Болховское шоссе; 8...12 – садовый массив ВНИИСПК; 13 – Стрелецкий; 14 – отвал МЗАЛ.

Рисунок 2 – Схема расположения участков сбора листового материала смородины черной

Результаты и их обсуждение

В результате сбора листового материала из указанных топографических точек и обработки его посредством программы Surfer 8 определены коэффициенты флуктуирующей асимметрии, отраженные в таблице 1.

Имеющиеся данные по определению коэффициентов ФА черной смородины, отраженные в таблице 1, дают основание для попытки создания оценочной шкалы развития растений и состояния окружающей их среды. Прежде всего, отметим, что разброс средних по ФА невелик, несмотря на значительную площадь сбора листьев. Практическая шкала балльных оценок базируется, как показали результаты, связанные с другими культурами и дикими видами, на криволинейном распределении коэффициентов ФА, т. е. распределение несет нелинейный характер (рисунок 3). Анализируя вариационные ряды распределения величины коэффициентов флуктуирующей асимметрии, отметим, что приведенные кривые в зависимости от места сбора листового материала (административные районы Орловской области) носят принципиально одну характеристику. Однако степень сглаженности этих кривых разная, что связано с разным количеством анализированного материала в каждом месте сбора. Действительно, наибольшее число точек сбора листьев

приходится на Орловский район, в результате чего кривая распределения приобретает более крутой характер. В целом же, нелинейный характер распределения коэффициентов флуктуирующей асимметрии в пределах листовой популяции приближается к теоретической кривой оптимума.

Таблица 1 – Коэффициенты флуктуирующей асимметрии (ФА) в зависимости от места сбора листового материала черной смородины (Орловская область)

Место сбора	Номер точки сбора	X Среднее арифметическое ФА	$\pm m$ ошибка средней ФА	Среднее квадратическое отклонение σ	Коэффициент вариации C_v , %	Точность опыта P , %
п. Залегощь	1	0,091	0,004	0,044	48,35	4,40
п. М. Куликовка	2	0,076	0,004	0,023	30,53	5,26
Сухая балка Непрец	3	0,079	0,004	0,029	36,71	5,06
п. Знаменка	4	0,074	0,004	0,032	43,24	5,41
Озеро б/н, г. Орел	5	0,074	0,004	0,033	44,59	5,41
п. Мезенка	6	0,130	0,006	0,039	30,30	4,62
Болховское шоссе близ ВНИИСПК	7	0,110	0,010	0,039	35,46	5,00
Садовый массив ВНИИСПК	8	0,100	0,006	0,043	43,00	6,00
то же	9	0,083	0,005	0,036	43,37	6,02
то же	10	0,102	0,004	0,030	29,41	3,92
то же	11	0,089	0,004	0,042	47,19	4,74
то же	12	0,090	0,003	0,036	40,00	3,78
п. Стрелецкий	13	0,082	0,025	0,025	30,98	6,10
д. Б. Думчино, Мценский район Орловской области						
Шлакоотвал отходов МЗАЛ	14	0,200	0,008	0,122	41,00	4,00

Зависимость изменений интенсивности физиологических функций или морфологических особенностей изучаемого растительного организма от количественного изменения какого-либо экологического фактора чаще всего выражается так называемой кривой оптимума [2].

На рисунке 3 представлены подобные кривые разной степени уплощенности, что зависит от выше определенной причины количества просмотренного материала, т.е. объема выборки.

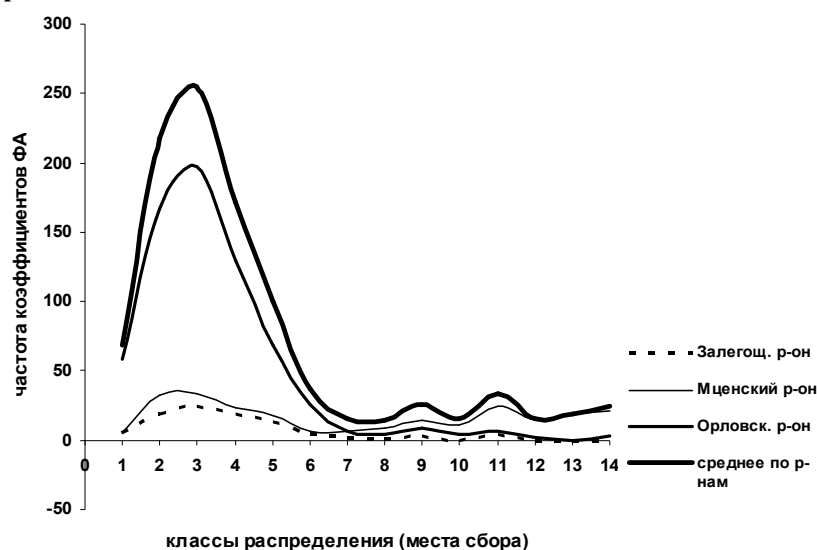


Рисунок 3 – Нелинейное распределение величины флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев черной смородины в зависимости от мест сбора

Диапазон расчетных данных от $\min=0,074$ до $\max=0,200$ можно разбить на 5 классов, как это делается традиционно при построении ранжированного взвешенного ряда значений коэффициентов ФА (таблица 1). Число классов при разбиении может быть и другим, однако, в литературе чаще всего используется диапазон пяти классов оценки (наименьшее число). В качестве структуры шкалы мы использовали шкалу Кристля с вычислением номеров процентильной варианты [2]. Округляя полученные процентиля до практически применяемой точности, получили искомую шкалу, представленную в таблице 2.

Таблица 2 – Основные интегральные показатели 5-балльной шкалы для оценки стабильности развития растений черной смородины по величине флуктуирующей асимметрии (ФА) листа

Оценка в баллах	Величина показателя стабильности развития (ФА)	Связь величины ФА с действующими стрессовыми факторами
1	$< 0,100$	норма
2	$0,100...0,198$	переход к стрессовому фактору
3	$0,199...0,297$	усиление стрессового фактора
4	$0,298...0,400$	дальнейшее усиление стрессового фактора
5	$> 0,400$	критическое действие стрессора

В итоге следует отметить, что, опираясь на опыт ранее проведенных нами работ по яблоне, сирени и березе повислой, определение величины флуктуирующей асимметрии листьев является лишь базовым этапом в данном исследовании черной смородины на фоне экологических факторов [6]. Действительно, в случае установления определенных корреляций ФА листа с какими-либо иными признаками экологического состояния системы «растение – окружающая среда» (загрязнение почвы тяжелыми металлами, повышенный температурный и другие фоны, содержание в растительных организмах измененного пула ростовых веществ и т.д.) можно провести анализ многофакторных связей, который выражается уравнением множественной регрессии. При этом анализ уравнения позволяет на достоверном уровне отбраковать действие несущественных факторов, сохраняя только действительные параметрические данные по среде и наблюдаемому объекту.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что освоение и применение на практике методов определения степени флуктуирования асимметрии листа покрытосеменных растений, в данном случае на примере черной смородины, позволяют пользователю оценить и проследить изменения в состоянии окружающей среды. Одновременно это дает основание обратить внимание на состояние функционирования собственно анализируемого растения в качестве средового индикатора, а также приобрести навыки в работе с специализированными программами в компьютерной технике, опираясь на новейшие научные достижения.

Литература

1. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы)/ А. А.Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1988. – С. 17-38, 482-485.
2. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов (математическая статистика в экспериментальной ботанике)/ Г. Н.Зайцев. – М., Наука, 1973. – С. 5-89, 132-213.
3. Захаров В. М. Здоровые среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, А. Т. Чубинишвили. – М., 2000. – С. 27-41.

4. Константинов Е. Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как вида-биоиндикатора / автореф. канд. дисс. канд. биол. наук // Е. Л. Константинов. – Калуга, 2001, – 21 с.

5. Марченко С. И. Эстетика и оптимизация природоведения / С. И. Марченко – Брянск: БГИТА, 2005. – 15 с.

6. Кузнецов М. Н. Методические указания по определению величины флуктуирующей асимметрии листа яблони / М. Н. Кузнецов, Л. В. Голышкин, Е. А. Долматов. – Орел: ВНИИСПК, 2009. – 19 с.

7. Голышкин Л. В. Экологическая оценка влияния окружающей природной среды на состояние растений сирени в условиях Орловского Нечерноземья / Л. В. Голышкин, Г. А. Павленкова // Нетрадиционные, новые и забытые виды растений: научные и практические аспекты культивирования: материалы 1 Междунар. науч. конф. (1...12 сент. 2013., г. Киев). – Киев, 2013. – С. 249-252.

8. Павленкова Г. А. Оценка экологического состояния окружающей среды г. Орла и Орловской области по показателям флуктуирующей асимметрии листа сирени обыкновенной / Г. А. Павленкова, Л. В. Голышкин // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: тез. докл. XVI междунар. научн. конф. – Красноярск, 2013. – С. 126-129.

9. Павленкова Г. А. Методические указания по определению величины флуктуирующей асимметрии листа сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.) / Г. А. Павленкова, Л. В. Голышкин – Орел: ВНИИСПК, 2014. – 22 с.

References

1. Zhuchenko A.A. (1988): Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic principles). Shtiintsa, Kishinev, 17-38; 482-485. (in Russian).

2. Zaitsev G.N. (1973): Methods of biometric calculations (mathematic statistics in the experimental botany). Nauka, Moscow, 5-89; 132-213. (in Russian).

3. Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetskii A.V., Kriazheva N.G., Chistiakova E.K., Chubinshvili A.T. (2000): Healthy media: estimation methods. Center for Russian Environmental Policy, Moscow, 27-41. (in Russian).

4. Konstantinov E.L. (2001): Peculiarities of fluctuation asymmetry of a leaf blade of *Betula pendula* Roth. as a species-bioindicator. [biol. sci. cand. thesis]. K.E. Tsiolkovskii Kaluga State University, Kaluga. (in Russian).

5. Marchenko S. I. (2005): Aesthetics and optimization of natural history. BGITA, Briansk. (in Russian).

6. Kuznetsov M.N., Golyshkin L.V., Dolmatov E.A. (2009): Methodical instructions on the determination of fluctuation asymmetry of an apple leaf. VNIISPK, Orel. (in Russian).

7. Golyshkin L.V., Pavlenkova G.A. (2013): Ecological estimation of the environment influence on the condition of lilac in Orel Nechernozemie. In: Proc. I Int. conf. Nontraditional, new and forgotten plant species: scientific and practical aspects of cultivation. M.M. Gryshko NBG, Kiev, 249-252. (in Russian).

8. Pavlenkova G.A., Golyshkin L.V. (2013): Estimation of the ecological condition of the environment in Orel and Orel district according to the values of fluctuation asymmetry of a lilac leaf. In: Proc. XVI Int. Conf. Fruit growing, seed raising, introduction of woody plants. Krasnoyarsk, 126-129. (in Russian).

9. Pavlenkova G.A., Golyshkin L.V. (2014): Methodical instructions on the determination of fluctuation asymmetry of a lilac leaf (*Syringa vulgaris* L.). VNIISPK, Orel. (in Russian).