STUD NET

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК НА ПРИМЕРЕ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (БОРОДАВЧАТОЙ) *(BETULA PENDULA ROTH.)*

METHODOLOGY FOR EVALUATING THE DEGREE OF A FLUCTUATING ASYMMETRY OF SHEET LAMPS ON THE EXAMPLE OF SINGLE BIRCH (WATERFISHING) (BETULA PENDULA ROTH.)

Наумова Александра Александровна, Аспирантка, 1-ый курс, институт естествознания КГУ им. К. Э. Циолковского

Стрельцов Алексей Борисович, Д.б.н, профессор кафедры ботаники, микробиологии и экологии КГУ им. К. Э. Циолковского. Россия, Калуга

Naumova Alexandra Alexandrovna, Graduate student 1st year, Institute of Natural Sciences KSU named after K. E. Tsiolkovsky

Streltsov Alexey Borisovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Botany, Microbiology and Ecology KSU named after K. E. Tsiolkovsky. Russia, Kaluga

Аннотация: Данная статья посвящена проблеме асимметрии биологических объектов. Например, один объект может иметь симметрию по одному признаку, а по другому признаку не иметь. В этой работе пойдет речь об использовании флуктуирующей симметрии в биоиндикации на примере березы повислой (бородавчатой) (Betula pendula Roth.).

Annotation: This article is devoted to the problem of asymmetry of biological objects. For example, one object may have symmetry based on one feature, but it may not have symmetry based on another feature. In this paper, we will discuss the use of fluctuating symmetry in bioindication on the example of a hanging or warty birch (Betula pendula Roth.).

Ключевые слова: биоиндикация, асимметрия, флуктуирующая симметрия, методика, деревья, листовые пластинки.

Key words: bioindication, asymmetry, fluctuating asymmetry, technique, trees, leaf blades.

Практически все сферы деятельности человечества основываются на использовании природных ресурсов. Неумеренное или неправильное использование человеком природных ресурсов нарушает равновесие в экосистемах, делая их непригодными или малопригодными для жизни. Таким

образом, для решения современных политических, экономических и экологических задач важным является понимание состояния окружающей среды, степени ее благоприятности по отношению к человеку.

Главной задачей для обеспечения благополучия и здоровья человека в экологическом аспекте является обеспечение здоровья среды. Под «здоровьем среды», понимается ее состояние, необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ. Однако до настоящего времени в мире не разработаны технологии оценки качества среды, могущие дать интегральную характеристику, особенно по отношению к условиям жизни живых организмов. Такая методология биоиндикационной оценки, показывающая самочувствие живых организмов, впервые была предложена Международным фондом «БИОТЕСТ» и апробирована на территории Калужской области. [1]

Проблема симметрии биологических объектов является одной из фундаментальных в современной биологии. Один объект может быть симметричным по одному признаку, но не симметричным по другим. Изучение билатеральной симметрии в последнее время направлено от изучения отдельных признаков к комплексному описанию всего контура той фигуры, которая описывает листовую пластинку у высших растений. Наиболее доступная и широко применяемая морфогенетическая мера нарушения стабильности развития – флуктуирующая асимметрия как результат неспособности организма развиваться по точно определенным путям. Под флуктуирующей асимметрией понимают мелкие ненаправленные отклонения от симметричного состояния.

Флуктуирующая асимметрия – это вид асимметрии, который определяется как незначительные и ненаправленные отклонения морфологических признаков от идеальной симметрии. [2]

В практике биоиндикации флуктуирующая асимметрия используется для тестирования стрессовых воздействий на организм. Рассмотрим методику по исследованию листовых пластинок методом оценки флуктуирующей асимметрии на примере березы повислой (бородавчатой) *(Betula pendula Roth.).*

При выборе деревьев важно учитывать:

1) четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду;

2) листья должны быть собраны с растений, находящихся в сходных экологических условиях;

3) при сборе материала должно быть учтено возрастное состояние деревьев.

Сбор материала. При сборе материала для биоиндикационных исследований следует учитывать следующие правила:

Вид растения. Для проведения исследований необходимо выбирать широко распространенный вид растения. Для изучаемой нами местности таким видом является береза повислая (бородавчатая) *(Betula pendula Roth.).*

Время сбора. Проводить сбор материала следует после остановки роста листьев конец мая – начало июня и до их опадания осенью.

Условия произрастания. Выборки должны производиться с растений, произрастающих в одинаковых экологических условиях.

Возраст дерева. Для анализа используют только растения среднего возраста, избегая молодые экземпляры и старые.

Число листьев. Каждая выборка должна включать в себя 100 листьев (по 10 листьев с 10 растений).

Положение листьев в кроне. Листья берутся из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток.

Тип побега. У березы используют листья только с укороченных побегов.

Размер листьев. При сборе листья выбирают примерно одного, среднего размера для данного вида.

Повреждённость листьев. При необходимости можно использовать поврежденные листья, если не затронуты участки, с которых будут сниматься значения промеров.

Принадлежность к определённому дереву. Листья с одного дерева связывают ниткой по черешкам.

Подготовка и хранение материала. Листья с одного растения собираются и хранятся отдельно для того, чтобы в дальнейшем можно было проанализировать полученные результаты индивидуально для каждой особи. Все листья, собранные для одной выборки, необходимо сложить в полиэтиленовый пакет, туда же вложить этикетку. В этикетке указать номер выборки, место сбора, дату сбора.

Для непродолжительного хранения собранный материал можно хранить в полиэтиленовом пакете на нижней полке холодильника. В дальнейшем листья сканируются, хранятся и обрабатываются уже файлы с отсканированными изображениями.

Определение стабильности развития лиственных древесных форм березы повислой (бородавчатой) *(Betula pendula Roth.).*

Для проведения замеров на собранном материале необходимы: линейка, транспортир, циркуль-измеритель, лупа, микрокалькулятор.

С одного листа снимают показатели по 5-ти параметрам с левой и правой стороны листа (рис. 1): 1 – ширина половинки листа. Для измерения лист складывают, макушкой листа к основанию, потом разгибают и по

образовавшейся складке производят измерения; 2 – длина второй жилки второго порядка от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка.
[3].

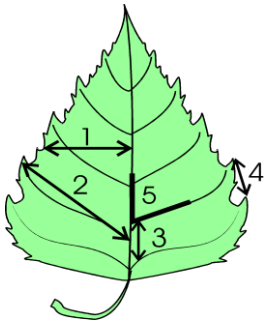

Рис. 1. Параметры листа. [3]

Признаки 1 – 4 оцениваются с помощью циркуля-измерителя, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром (рис 2.). При измерении угла транспортир располагают так, чтобы центр основания окошка транспортира находился на месте второй жилки второго порядка.

Жилки листа березы не прямолинейны, а извилисты, поэтому угол измеряют следующим образом: участок центральной жилки, находящийся в пределах окошка транспортира совмещают с центральным лучом транспортира, который соответствует 90°, а участок жилки второго порядка продлевают до градусных значений транспортира, используя линейку.[3]

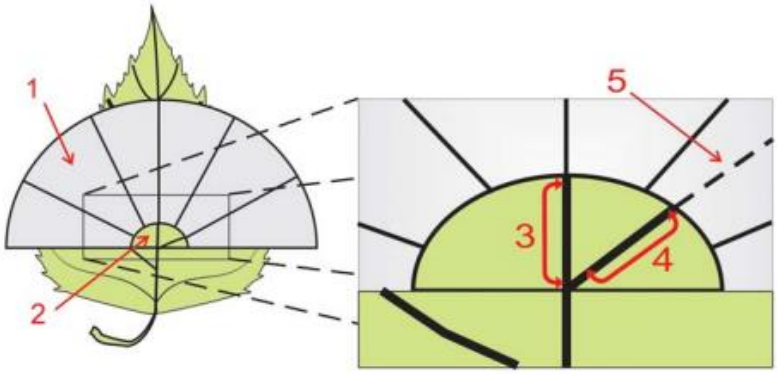

Рис. 2. Измерение угла между жилками. [3]

Затем составляется таблица, в которую заносятся полученные данные. Для обработки компьютерных данных используют программу Microsoft Excel. После инструментальных замеров рабочих параметров на листовых пластинах и компьютерной статистической обработки полученного числового массива рассчитывают значения основного показателя экологического благополучия – коэффициент флуктуирующей асимметрии. [4]

Обработка и оформление результатов исследования. Для мерных признаков величина асимметрии у растений рассчитывается как различие в

промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель определяется как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. В табл. 1 − 3 на примере обработки данных по обсчету промеров листа приводится расчет средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений. [5]

Табл. 1. Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков (промеров листа) [5]

№ п/п	Номер признака									
	1-го		2-го		3-го		4-го		5-го	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Этапы работы

1. Сначала для каждого промеренного листа вычисляют относительные величины асимметрии для каждого признака. (табл. 2). Для этого модуль разности между промерами слева L и справа R делят на сумму этих же промеров:

(формула 1)

$$\frac{|L-R|}{|L+R|}$$

2. Вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков.

3. На последнем этапе вычисляют интегральный показатель стабильности развития − величину среднего относительного различия между сторонами на признак, определяющийся как коэффициент флуктуирующей асимметрии. Коэффициенты асимметрии вычислялись тремя способами, в зависимости от анализируемых признаков. Для анализа асимметрии

качественных признаков (в том числе фенов) используется оценка среднего числа асимметричных признаков на особь – ЧАП:

(формула 2)

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{m} c_{ai}}{nm},$$

где: c_{ai} - число особей, асимметричных по признаку i;

n-численность выборки ($n = c_a + c_s$);
m-число исследуемых признаков.

При оценке величины асимметрии по нескольким размерным признакам применяется интегральный показатель: среднее относительное различие между сторонами на признак:

(формула 3)

$$X_a = \frac{\sum_{i=1}^{k} (d_{l-r})_i}{nk},$$

где,

$$d_{l-r} = \frac{d_l - d_r}{d_l + d_r},$$

k – число признаков.

Для анализа асимметрии по одному размерному признаку обычно используется показатель дисперсии: [6]

(формула 4)

$$\sigma_d^2 = \frac{\sum (d_{l-r} - M_d)^2}{n-1},$$

где:

$$M_d = \frac{\sum d_{l-r}}{n}.$$

Табл. 2. Образец расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке [7]

Номер листа	Номер признака					Величина асимметрии листа
	1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	
1 2 3 4 5 6 7 8						

9 10						
Величина асимметрии в выборке						

Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития определяется по t-критерию Стьюдента. Для оценки степени выявленных отклонений от нормы, их места в общем диапазоне возможных изменений показателя разработана балльная шкала (табл. 3). Диапазон значений интегрального показателя асимметрии, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию, принимается как первый балл. Он соответствует данным, полученным в природных популяциях при отсутствии видимых неблагоприятных воздействий. Так при оценке качества среды в регионе с повышенной антропогенной нагрузкой фоновый уровень нарушений в выборке растений, из точки условного контроля не всегда находится в диапазоне значений, соответствующих первому баллу. Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию, принимается за пятый балл. Он соответствует тем популяциям, где есть явное неблагоприятное воздействие и такие изменения состояния организма, приводят его к гибели. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями распределяется в порядке возрастания значений показателя. [7]

Для данного показателя разработана пятибалльная шкала отклонения от нормы, в которой 1 балл - условная норма, а 5 балл - критическое состояние.

Табл. 3. Шкала нестабильности развития (антропогенной нагрузки) для березы повислой (бородавчатой) *(Betula pendula Roth.)*., балл [7]

Балл стабильности развития	Значение показателей стабильности флуктуирующей асимметрии у березы повислой (бородавчатой) *(Betula pendula Roth.).*	Оценка уровня стабильности развития
1	<0,040	Условная норма
2	0,040-0,044	Слабое отклонение от стабильного развития
3	0,045-0,049	Нарушение стабильности развития
4	0,050-0,054	Отклонение от стабильности развития
5	>0,054	Высокое отклонение от стабильности развития

Для изучения территорий с различной антропогенной можно использовать лиственные породы деревьев. Таким образом, анализ литературных данных исследований с применением данной методики показывает, чем больше уровень загрязнения территорий с различной антропогенной нагрузкой, тем больше коэффициент флуктуирующей асимметрии листовой пластинки (КФА), тем больше отклонения от нормы в развитии организма.

Литература

1. Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга качества (здоровья) окружающей среды в Калужской области // Проблемы региональной экологии №6, 2012. стр. 158-162.
2. Баранов С.Г., Зыков И.Е., Федорова Л.В. Изучение внутривидовой изменчивости липы мелколистной (Tilia cordata Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 2 (30). С. 134–145
3. Стрельцов А.Б., Константинов Е.Л. Захаров В.М. и др. Здоровье среды. Региональное учебно-методическое пособие. Калуга, издательство КГПУ. 2006. 40 с.
4. Стрельцов А.Б., Лыков И.Н., Константинов Е.Л., Логинов А.А. Развитие методики биоиндикационной оценки здоровья (качества) окружающей среды. // Вестник Калужского университета. – Калуга: Изд-во КГУ им. К.Э. Циолковского, 2016. – № 2. – С. 100-104.
5. Белюченко И.С., Федоненко Е.В. и др. Биомониторинг состояния окружающей среды: учебное пособие / Под. ред. проф. И.С. Белюченко, проф. Е.В. Федоненко, проф. А.В. Смагина. – Краснодар: КубГАУ, 2014 – 153 с.; ил.; приложения.
6. Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук 03.00.16. Москва, 2005. 39 с.
7. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2016. – 300 с.

Literature

1. Streltsov A.B. The regional system of biological monitoring of environmental quality (health) in the Kaluga Region // Problems of Regional Ecology No. 6, 2012. pp. 158-162.
2. Baranov S.G., Zykov I.E., Fedorova L.V. The study of intraspecific variability of small-leaved linden (Tilia cordata Mill.) Based on bilateral asymmetry of leaf plates Vestnik Tomsk State University. Biology. 2015. No. 2 (30). S. 134–145
3. Streltsov A.B., Konstantinov E.L. Zakharov V.M. et al. Environmental health. Regional teaching aid. Kaluga, KSPU publishing house. 2006.40 p.
4. Streltsov A.B., Lykov I.N., Konstantinov E.L., Loginov A.A. Development of the bioindicative assessment methodology of environmental health (quality). // Bulletin of the Kaluga University. - Kaluga: Publishing house of KSU them. K.E. Tsiolkovsky, 2016. - No. 2. - S. 100-104.

5. Belyuchenko I.S., Fedonenko E.V. and other Biomonitoring the state of the environment: a training manual / Under. ed. prof. I.S. Belyuchenko, prof. E.V. Fedonenko, prof. A.V. Smagin. - Krasnodar: KubSAU, 2014 - 153 p .; ill .; applications.
6. Streltsov A.B. Regional biological monitoring system. Abstract of dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences 03.00.16. Moscow, 2005.39 s.
7. Guardian M. G. Bioindication of pollution: textbook. allowance. - SPb .: Publishing House of St. Petersburg. University, 2016 .-- 300 s.