

Г.Г. Соколова, Г.Т. Камалтдинова

Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки клевера ползучего при оценке стабильности развития

G.G. Sokolova, G.T. Kamaltdinova

Fluctuating Asymmetry in *Trifolium Repens* Leaves as a Measure of Developmental Stability

Проведен анализ флуктуирующей асимметрии клевера ползучего в целях биоиндикации. Выявлены морфометрические различия листовых пластинок растения при разных уровнях антропогенного воздействия.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, антропогенное воздействие, клевер ползучий.

Стабильность развития как способность организма к развитию без нарушений является индикаторным признаком состояния природных популяций. Наиболее доступный для широкого использования способ оценки стабильности развития – определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков [1].

О стабильности развития можно говорить лишь в отношении отдельного определенного признака. Путем анализа большого числа различных структур возможно выявлять общие закономерности, присущие группе варьирующих признаков, что в определенной степени может позволить оценить стабильность развития в целом [2].

В популяциях растений, длительное время существующих в определенных условиях среды, поддерживается определенный уровень стабильности развития [3]. Нарушение наблюдается в таких популяциях, которые существуют на пределе экологических возможностей вида, и в зоне гибридизации различных форм, адаптированных к разным условиям обитания. Неспецифичность реакции в виде нарушения стабильности в ответ на различные изменения условий среды позволяет использовать эту характеристику для биоиндикации антропогенных воздействий на окружающую природную среду [2]. По существу, в зонах техногенного загрязнения взаимодействуют две системы: природные объекты и антропогенные факторы. В результате образуется динамическая системная среда с неравномерным временным и пространственным распределением параметров. Среда в зоне антропогенного воздействия отличается неоднородными в пространстве характеристиками при сходном метеорологическом фоне. Следовательно, при оценке техногенного влияния на растительность

The paper analyzes fluctuating asymmetry in white clover leaves for bio-indication. Distinctions in morphometric characteristics of white clover leaves are revealed.

Key words: fluctuating asymmetry, man’s impact, *Trifolium repens*.

основными задачами являются идентификация морфологической информации, определение тенденции, зон и очагов ее угнетения [4].

Главным требованием метода является то, что растения должны иметь четко выраженную двустороннюю симметрию. Сбор материала проводится после остановки роста листьев в июле-августе. Для оценки стабильности развития в условиях антропогенного загрязнения необходимо выбирать фоновые виды, достаточно крупные по размеру. Древесные виды могут служить лучшими индикаторами загрязнения больших территорий, в то время как мелкие травянистые растения отражают микробиотопические условия и точечные загрязнения [1].

Для оценки стабильности развития клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) в Барнауле и в окрестностях оз. Красилово использовался гербарный материал, собранный в период с 20 июня по 20 августа 2009 г. С каждой площадки случайным образом выбирались 30 растений, у которых измерялось по 5 листочков. В ходе исследования было собрано и проанализировано 4049 листовых пластинок, из них в окрестностях оз. Красилово – 1047, в Барнауле – 3002.

Обработка собранного материала заключалась в измерении длины центральной жилки листочка и ширины листочка посередине, справа и слева листа. Все параметры измерялись с точностью до 1 мм. Коэффициент флуктуирующей асимметрии определялся по формуле, предложенной В.М. Захаровым (1996):

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

где $M_d = \frac{\sum d_{1-r}}{n}$ – среднее различие между сто-

ронами, $d_{l-r} = \frac{2(d_l - d_r)}{d_l + d_r}$ – различие значений

признаков между левой (l) и правой (r) сторонами, n – число выборок.

Статистический анализ данных проводился с применением пакета программ Excel.

Листовые пластинки клевера ползучего характеризуются следующими морфометрическими показателями (табл. 1). В окрестностях оз. Красилово длина листочка клевера в среднем составляет 18,96 мм, а варьирует в пределах 16,28–22,23 мм. В Барнауле листовые пластинки клевера в целом короче

(16,93 мм), чем таковые в окрестностях оз. Красилово, на 2 мм ($p < 0,05$), варьирование признака – 15,39–21,09 мм. В Барнауле наибольший размах варьирования длины листочков характерен для Октябрьского района (15,39–21,09 мм), что можно объяснить разнообразием условий обитания популяций клевера ползучего (газоны в парках, во дворах и у автомагистралей). Наименьший размах варьирования длины листочков клевера наблюдается в Центральном районе (15,49–17,73 мм), так как на исследуемых площадках складываются более благоприятные условия освещения и увлажнения, а уровень антропогенной нагрузки ниже.

Таблица 1

Морфометрические показатели листовых пластинок клевера ползучего

№ п/п	Район	Длина листа, мм	Ширина листа, мм
1	Красилово	16,84±0,28	12,59±0,20
2	Красилово	17,25±0,25	11,13±0,17
3	Красилово	18,84±0,29	13,22±0,21
4	Красилово	19,97±0,32	14,16±0,71
5	Красилово	20,02±0,26	14,96±0,21
6	Красилово	22,23±0,43	16,12±0,24
7	Красилово	17,48±0,26	11,82±0,20
8	Барнаул, Октябрьский р-н	17,91±0,23	12,37±0,18
9	Барнаул, Октябрьский р-н	15,39±0,26	11,27±0,20
10	Барнаул, Октябрьский р-н	21,09±0,32	15,73±0,22
11	Барнаул, Октябрьский р-н	18,11±0,23	12,65±0,16
12	Барнаул, Октябрьский р-н	16,22±0,20	11,02±0,16
13	Барнаул, Октябрьский р-н	15,73±0,25	11,10±0,18
14	Барнаул, Центральный р-н	17,11±0,24	12,04±0,19
15	Барнаул, Центральный р-н	16,15±0,21	10,97±0,19
16	Барнаул, Центральный р-н	15,49±0,19	11,71±0,52
17	Барнаул, Центральный р-н	16,66±0,98	11,63±0,17
18	Барнаул, Центральный р-н	17,73±0,23	12,33±0,15
19	Барнаул, Центральный р-н	17,29±0,25	11,75±0,16
20	Барнаул, Железнодорожный р-н	14,74±0,19	10,10±0,14
21	Барнаул, Железнодорожный р-н	17,22±0,23	12,08±0,17
22	Барнаул, Железнодорожный р-н	17,41±0,25	13,26±0,17
23	Барнаул, Железнодорожный р-н	15,91±0,22	10,98±0,17
24	Барнаул, Ленинский р-н	15,82±0,27	11,15±0,22
25	Барнаул, Индустриальный р-н	17,20±0,26	12,32±0,45
26	Барнаул, Индустриальный р-н	18,46±0,32	12,82±0,21
27	Барнаул, Индустриальный р-н	17,01±0,28	11,16±0,18

Ширина листочков клевера ползучего изменяется в пределах 10,10–16,12 мм. В окрестностях оз. Красилово ширина листочков варьирует от 11,13 до 16,12 мм (в среднем 13,43 мм). В Барнауле ширина листочков клевера ползучего меньше, чем в окрестностях оз. Красилово, и составляет 11,92 мм. Ширина листочков клевера в Барнауле изменяется в диапазоне 10,10–15,73 мм. Листовые пластинки клевера, произрастающего в Октябрьском районе,

отличаются большей шириной (11,02–15,73 мм) по сравнению с другими районами, а также большим размахом варьирования. Меньшая ширина листочков клевера отмечена в Железнодорожном районе (10,10–13,26 мм), что можно объяснить влиянием регулярного скашивания и вытаптывания.

Таким образом, в окрестностях оз. Красилово складываются более благоприятные условия для произрастания клевера ползучего. Антропогенная

нагрузка, изменение светового режима, режима увлажнения и питания отражаются на морфометрических показателях листа растения. На ухудшение условий клевер ползучий реагирует уменьшением длины и ширины листочков.

Коэффициент флуктуирующей асимметрии (КФА) длины листочка клевера варьирует в пределах 0,0014–0,0418 (табл. 2). В окрестностях оз. Красилово данный признак изменяется в диапазоне от 0,0014 до 0,0411. Для Барнаула отмечено изменение КФА длины листочков клевера от 0,0016 до 0,0418. Районы города характеризуются следующими величинами КФА длины листочков клевера: Октябрьский район – 0,0022–0,0149, Центральный – 0,0017–0,0418, Индустриальный – 0,0016–0,0223, Ленинский – 0,0026, Железнодорожный – 0,0017–0,0193.

Коэффициент флуктуирующей асимметрии ширины листочка клевера ползучего на исследуемых территориях варьирует в диапазоне 0,0024–0,0450 (табл. 2). В окрестностях оз. Красилово данный признак изменяется от 0,0024 до 0,0344. В Барнауле КФА ширины листочков клевера составляет 0,0036–0,0450, и в среднем он больше, чем в окрестностях оз. Красилово. Для районов города характерны следующие величины КФА ширины листа клевера: Октябрьский район – 0,0061–0,0244, Центральный – 0,0036–0,0450, Индустриальный – 0,0040–0,0377, Ленинский – 0,0050, Железнодорожный – 0,0049–0,0082.

Оценка стабильности развития листьев клевера ползучего показала, что длина листочков менее подвержена флуктуациям, так как только некоторые значения коэффициентов флуктуирующей асимметрии превышают норму (табл. 3).

Таблица 2

Значения коэффициента флуктуирующей асимметрии (КФА) листьев клевера ползучего

№ п/п	Район	КФА ширины листа	Оценка (балл)*	КФА длины листа	Оценка (балл)*
1	Красилово	0,0043	4	0,0310	2
2	Красилово	0,0066	2	0,0042	2
3	Красилово	0,0058	3	0,0129	2
4	Красилово	0,0344	1	0,0015	4
5	Красилово	0,0032	1	0,0014	2
6	Красилово	0,0024	5	0,0411	2
7	Красилово	0,0056	2	0,0022	2
8	Барнаул, Октябрьский р-н	0,0244	3	0,0149	4
9	Барнаул, Октябрьский р-н	0,0228	2	0,0022	4
10	Барнаул, Октябрьский р-н	0,0032	2	0,0026	2
11	Барнаул, Октябрьский р-н	0,0061	2	0,0029	2
12	Барнаул, Октябрьский р-н	0,0209	2	0,0022	3
13	Барнаул, Октябрьский р-н	0,0212	2	0,0028	3
14	Барнаул, Центральный р-н	0,0045	2	0,0023	2
15	Барнаул, Центральный р-н	0,0081	2	0,0023	2
16	Барнаул, Центральный р-н	0,0450	1	0,0017	5
17	Барнаул, Центральный р-н	0,0046	5	0,0418	2
18	Барнаул, Центральный р-н	0,0036	1	0,0018	2
19	Барнаул, Центральный р-н	0,0043	1	0,0015	2
20	Барнаул, Железнодорожный р-н	0,0050	3	0,0138	2
21	Барнаул, Железнодорожный р-н	0,0047	2	0,0054	2
22	Барнаул, Железнодорожный р-н	0,0049	3	0,0193	2
23	Барнаул, Железнодорожный р-н	0,0082	1	0,0017	2
24	Барнаул, Ленинский р-н	0,0050	2	0,0026	2
25	Барнаул, Индустриальный р-н	0,0377	4	0,0223	4
26	Барнаул, Индустриальный р-н	0,0040	1	0,0016	2
27	Барнаул, Индустриальный р-н	0,0043	2	0,0022	2

Примечание: *1 – чисто; 2 – относительно чисто («норма»); 3 – загрязнено («тревога»); 4 – грязно («опасно»); 5 – очень грязно.

Таблица 3

Базальная система качества среды обитания живых организмов по показателю флуктуирующей асимметрии высших растений (по А.Б. Стрельцову, 2003)

Виды	Балл*				
	1	2	3	4	5
Береза бородавчатая	<0,0550	0,0560 – 0,0600	0,0610 – 0,0650	0,0650 – 0,0700	>0,0700
Все виды растений	<0,0018	0,0019 – 0,0089	0,0090 – 0,0220	0,0220 – 0,0400	>0,0400

Примечание: * – баллы соответствуют следующим характеристикам среды обитания живых организмов: 1 – чисто; 2 – относительно чисто («норма»); 3 – загрязнено («тревога»); 4 – грязно («опасно»); 5 – очень грязно («вредно»).

На основании значений коэффициента флуктуирующей асимметрии можно оценить качество состояния окружающей среды. Качество среды обитания клевера ползучего в Индустриальном районе характеризуется как «загрязнено»; это единственный район, в котором КФА составляет

3 балла. В окрестностях оз. Красилово и в Октябрьском районе Барнаула КФА равен 2,5 балла («относительно чисто–загрязнено»). В Центральном, Железнодорожном и Ленинском районах качество среды обитания характеризуется как «относительно чисто» (КФА – 2 балла).

Таблица 4

Средние значения коэффициента флуктуирующей асимметрии

Признак	Территория			
	Барнаул		окрестности оз. Красилово	
	Величина ФА	Уровень значимости (p)	Величина ФА	Уровень значимости (p)
Длина	0,007±0,002	<0,05	0,013±0,006	<0,05
Ширина	0,012±0,003	<0,05	0,009±0,004	<0,05

Таким образом, оценка стабильности развития листовых органов клевера ползучего по показателю коэффициента флуктуирующей асимметрии показала, что условия произрастания для него наиболее благоприятны в естественных местообитаниях

окрестностей оз. Красилово (табл. 4). В Барнауле стабильность развития листьев клевера ползучего определяется несколькими факторами: почвенными условиями, вытаптыванием, расположением вблизи автомагистралей.

Библиографический список

1. Соколова Г.Г., Шарлаева Е.А. Практикум по биоиндикации экологического состояния окружающей среды. – Барнаул, 2006.
2. Захаров В.М. Феногенетический аспект исследования природных популяций // Фенетика популяций. – М., 1982.
3. Шадрин Е.Г., Вольперт Я.Л. Диагноз ставит природа // Экология и жизнь. – 2006. – №2.
4. Кузьмин А.В., Жиров В.К., Исаков В.Н. Статистические закономерности морфогенеза листа в условиях неоднородности среды // Экология. – 1989. – №5.