

DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-335-345

УДК 58.01/.07

Оценка жизненного состояния древесных растений по индексу асимметрии листьев на территории кампуса

Р.Х. Мамаджанов

Российский университет дружбы народов

Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

В работе впервые предложен метод оценки жизненного состояния растений по суммарному индексу асимметрии листьев, включающему измерение асимметрии листьев по семи морфологическим параметрам, а также приведены результаты замеров 18 морфологических параметров листьев у 5 видов древесных растений *Tilia cordata*, *Quercus robur* L., *Betula pendula*, *Tilia platyphyllos*, *Castanea sativa*, произрастающих на трех пробных площадках, размещенных вблизи и за пределами автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая, оценено возможное влияние этих объектов на морфологические параметры листьев.

Ключевые слова: биоиндикация, биомониторинг, морфологические параметры листьев, жизненное состояние растений, индекс асимметрии листьев, древесные растения, экологический мониторинг, негативное воздействие, окружающая природная среда

Введение

В настоящее время прекращение процесса утраты биоразнообразия — одна из целей устойчивого развития, решаемая на самом высоком уровне. Так, в послании Генерального секретаря Организации Объединенных Наций (ООН) по случаю празднования Дня биологического разнообразия отмечена необходимость сохранения биоразнообразия и уменьшения доли обезлесенных земель в индустриально развитых городах и странах [1]. Однако не всегда такие задачи являются целесообразными, особенно когда объекты окружающей природной среды находятся в условиях интенсивного антропогенного воздействия и демографического роста [2].

С целью контроля и оценки состояния растительности в крупных мегаполисах и урбанизированных центрах разработаны специальные методы биоиндикации. Одним из таких методов является метод оценки жизненного состояния растений по индексу асимметрии листовой пластинки [3–5].

О целесообразности и перспективах применения индекса листовой асимметрии при оценке состояния окружающей среды на урбанизированных территориях высказывались известные ученые и специалисты в этой области: М.С. Ги-

© Мамаджанов Р.Х., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ляров [6], Ю.А. Урманцев [7], В.М. Захаров [8], Д.Б. Гелашвили и др. [9], А. Palmer [10].

Нужно отметить, что именно показатель флуктуирующей асимметрии является главной характеристикой изменения гомеостаза по внешним признакам [3]. Флуктуирующая асимметрия (далее — асимметрия) — показывает ненаправленные, или случайные, изменения морфологических параметров левой и правой стороны листа/части тела у растений или животных [5].

Необходимо подчеркнуть, что разработанные на сегодняшний день индексы асимметрии листьев включают не более трех-четырёх показателей и зачастую не в полной мере отражают состояние растительного покрова и качество окружающей природной среды [10; 11].

Разработанная нами методика оценки жизненного состояния включает изучение 18 морфологических параметров листьев и вычисление суммарного индекса асимметрии по семи морфологическим параметрам. Учитывая вышесказанное, настоящее исследование приобретает дополнительную актуальность и практическую значимость.

Целью исследования является оценка жизненного состояния древесных растений по суммарному индексу асимметрии листьев на территории кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН).

Материалы и методы

Исследования проводились в мае 2017 года на территории кампуса РУДН.

Выбор исследуемой территории обусловлен, во-первых, наличием двух антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая, проходящих в непосредственной близости от рекреационного лесопарка «Юго-Западный», во-вторых, расположением социально-значимых объектов — учебных корпусов и корпусов общежитий РУДН вблизи автомобильных дорог.

Отбор листьев растений происходил на территории трех пробных площадок (см. рисунок).

При выделении пробных площадок учитывали расстояние до антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая, географическое положение участков опробования, климатические параметры на момент проведения исследований, почвенные условия.

Первая пробная площадка расположена на территории лесопарковой зоны кампуса РУДН на расстоянии чуть более 300 м от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая и 700 м — от Ленинского проспекта. Вторая пробная площадка находится в непосредственной близости от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая, третья — вблизи Ленинского проспекта. Площадь каждой площадки — 100 м².

Необходимо подчеркнуть, что во время проведения исследований на территории трех площадок были отмечены повышенные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы, в том числе для таких макрокомпонентов, как диоксид углерода (CO₂) и азота (NO₂).



Рисунок. Пробные площадки на территории кампуса РУДН (масштаб 1 см: 200 м):
— граница кампуса; ■ — пробные площадки для отбора листьев
[Figure. Sample plots on the RUDN University campus (scale 1 cm: 200 m):
— campus boundary; ■ — sampling sites (1,2,3)]

При определении видов деревьев использовались определители растений С.К. Черепанова [12], Ю.В. Рычина [13] и И.А. Губанова [14]. Отбор листьев проводился по методу А.С. Боголюбова [15], с разных сторон света на высоте 1,5–2 м.

С целью сохранения популяций деревьев с каждого дерева взяли по 10 листьев, всего было собрано 120 листьев растений.

Морфологические параметры (длины, ширины) листьев измерялись при помощи линейки. Углы между жилками листьев — с помощью транспортира. Толщину листа — при помощи микрометра. При измерении площади контур листа обводили карандашом на миллиметровой бумаге, затем вычисляли площадь в см^2 . Всего было исследовано 18 морфологических параметров: длина (см), ширина (см), толщина (мкм), площадь (см^2), длина первой жилки слева (см), длина второй жилки слева (см), длина первой жилки справа (см), длина второй жилки справа (см), длина от вершины листа до конца четвертой жилки слева (см), длина от вершины листа до конца четвертой жилки справа (см), длина левой половины листа от второй жилки слева (см), длина левой половины листа от второй жилки справа (см), ширина левой половины листа (см), ширина правой половины листа (см), расстояние между концами жилок слева (см), расстояние между концами жилок справа (см), угол между второй и главной жилкой слева ($^\circ$), угол между второй и главной жилкой справа ($^\circ$).

Индекс асимметрии листьев ($As_{1,2,3...7}$) определяли по семи параметрам: длина первой и второй жилки ($As_{1,2}$) соответственно, длина листа от верхушки до конца четвертой жилки (As_3), длина второй жилки (As_4), ширина листа (As_5), расстояние

между концами первой и второй жилок (As_6), угол между второй и главной жилками (As_7) (1).

$$As_{1,2,3...7} = \frac{(x - y)}{(x + y)}, \quad (1)$$

где x — исследуемый показатель слева; y — исследуемый показатель справа.

Чем больше индекс асимметрии отличался от нуля, тем больше была асимметрия левой и правой стороны листа.

По полученным данным вычисляли среднее арифметическое значение ($As_{cp1,2,3...7}$) для каждого показателя.

Суммарный индекс асимметрии (As_{total}) для каждого вида растения на каждой площадке определяли по формуле (2).

$$As_{total} = \frac{\sum As_{1,2,3...7}}{N}, \quad (2)$$

где N — общее число показателей асимметрии.

Необходимо отметить, что метод оценки жизненного состояния растений по суммарному индексу асимметрии листьев, включающему семь морфологических параметров, нами разработан впервые, при этом за основу принимали балльную шкалу оценки жизненного состояния по флуктуирующей асимметрии, разработанную Д.А. Кривоуцким [12].

Жизненное состояние по суммарному индексу асимметрии оценивали в баллах от 1 до 3. Так, при As_{total} от 0,01 до 0,029 состояние растений оценивалось как «хорошее» (1 балл); при As_{total} от 0,030 до 0,049 — как «удовлетворительное» (2 балла), при $As_{total} \geq 0,05$ — как «критическое» (3 балла).

Для проверки нулевой гипотезы распределения суммарного индекса асимметрии на трех пробных площадках использовали Х-критерий Б.Л. ван дер Вардена [13].

Результаты

Результаты измерения морфологических параметров листьев растений представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что морфологические параметры левой и правой сторон листьев у растений на трех пробных площадках отличаются друг от друга и постоянно изменяются. Об этом свидетельствуют значения дисперсии (σ^2) и стандартного отклонения (σ), которые на всех трех площадках для каждого вида растения отличались и практически всегда были больше нуля. Это можно объяснить, во-первых, особенностями морфологического строения каждой отдельно взятой особи (в природе невозможно встретить два абсолютно одинаковых по морфологическим параметрам живых организма), во-вторых, воздействием на окружающую природную среду кампуса антропогенных объектов — автомобильных дорог, проходящих в непосредственной близости от кампуса.

Таблица 1 / Table 1

Морфологические параметры листьев древесных растений на территории кампуса РУДН
[The morphological parameters of leaves of trees species on the sampling sites in the RUDN University campus]

№ №	Показатель [Indicator]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Первая пробная площадка [First site]																	
I	min	6,79	4,94	0,19	21,1	1,99	1,52	2,03	1,38	1,92	1,63	3,21	2,73	2,49	2,52	0,75	0,52	38	42
	cp	7,71	5,96	0,15	29,6	2,38	1,85	2,69	1,82	3,23	3,04	3,84	3,84	3,09	3,25	0,75	0,96	52	56
	max	8,49	6,49	0,21	32,1	2,82	1,93	2,81	1,82	3,23	3,04	3,86	4,23	3,14	3,36	1,01	1,04	53	58
	σ^2	0,72	0,62	0,00	33,2	0,17	0,05	0,18	0,06	0,57	0,66	0,14	0,61	0,13	0,21	0,02	0,08	70	76
	σ	0,85	0,79	0,03	5,77	0,42	0,22	0,42	0,25	0,76	0,81	0,37	0,78	0,36	0,46	0,15	0,28	8	8
II	min	11,4	6,69	0,21	42,9	0,23	0,28	0,24	0,27	8,61	9,19	0,63	0,64	3,64	3,16	0,29	0,32	18	24
	cp	12,8	6,83	0,27	45,1	0,28	0,34	0,32	0,35	10,4	10,6	0,77	0,78	4,01	3,91	0,39	0,50	29	39
	max	14,7	10,7	0,32	74,8	0,32	0,43	0,39	0,44	13,0	12,7	0,93	1,12	5,09	4,98	0,73	0,73	39	81
	σ^2	2,7	5,20	0,00	317	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90	3,10	0,00	0,10	0,60	0,80	0,10	0,00	110	873
	σ	1,7	2,30	0,10	17,8	0,00	0,10	0,10	0,10	2,20	1,80	0,20	0,20	0,80	0,90	0,20	0,20	11	30
III	min	5,41	3,53	0,13	9,87	0,21	0,48	0,18	0,66	1,72	1,79	2,68	2,91	1,63	1,96	0,75	0,85	18	27
	cp	6,02	4,19	0,20	12,9	0,35	0,78	0,41	0,76	2,54	2,64	2,94	3,16	2,03	2,19	1,09	1,02	36	40
	max	6,48	4,82	0,24	16,0	0,47	0,91	0,63	0,87	3,31	3,32	3,41	3,46	2,52	2,52	1,74	1,19	49	51
	σ^2	0,29	0,42	0,00	9,39	0,02	0,05	0,05	0,01	0,63	0,59	0,14	0,08	0,20	0,08	0,25	0,03	242	144
	σ	0,54	0,65	0,06	3,07	0,13	0,22	0,23	0,11	0,80	0,77	0,37	0,28	0,45	0,28	0,50	0,17	15	12
IV	min	14,9	9,56	0,23	73,2	0,49	0,29	0,52	0,41	10,8	10,8	0,52	1,23	4,87	4,43	0,51	0,62	34	47
	cp	16,7	11,1	0,32	101	0,70	0,62	0,59	0,54	12,8	12,9	1,41	1,48	5,56	5,65	0,77	0,69	47	62
	max	19,9	13,6	0,38	145	0,91	0,96	0,72	0,63	16,0	15,8	1,97	1,98	6,73	6,85	0,93	0,82	82	79
	σ^2	6,41	4,16	0,01	1310	0,04	0,11	0,01	0,01	6,88	6,30	0,53	0,15	0,88	1,46	0,04	0,01	616	256
	σ	2,53	2,04	0,08	36,2	0,21	0,34	0,10	0,11	2,62	2,51	0,73	0,38	0,94	1,21	0,21	0,10	25	16
Вторая пробная площадка [Second site]																			
V	min	5,97	5,47	0,23	22,0	1,83	1,31	1,72	1,16	3,04	2,71	2,81	2,73	2,72	0,55	1,07	42,1	42	39
	cp	7,31	7,09	0,28	36,5	2,26	1,82	2,18	1,41	3,72	3,84	3,74	3,76	3,45	1,16	1,39	51,8	51	57
	max	9,27	9,31	0,34	53,6	2,92	2,27	3,07	1,72	4,86	4,63	4,51	5,17	4,26	1,69	2,23	61,1	61	76
	σ^2	2,75	3,72	0,00	250	0,30	0,23	0,47	0,08	0,85	0,93	0,72	1,50	0,59	0,33	0,36	90,2	90	342
	σ	1,66	1,93	0,06	15,8	0,55	0,48	0,69	0,28	0,92	0,97	0,85	1,22	0,77	0,57	0,60	9,50	9,5	18
VI	min	4,77	4,96	0,13	19,0	0,94	1,21	0,91	1,16	2,25	2,96	3,27	2,64	2,22	0,62	0,61	0,78	39	48
	cp	5,79	5,44	0,18	27,2	1,16	1,43	1,15	1,30	2,90	3,36	3,55	2,84	2,82	0,96	0,96	1,02	49	57
	max	6,62	5,91	0,20	22,3	1,39	1,56	1,33	1,42	3,56	3,73	4,19	2,91	3,06	1,18	1,21	1,16	57	73
	σ^2	0,86	0,23	0,00	17,5	0,05	0,03	0,04	0,02	0,43	0,15	0,22	0,02	0,19	0,08	0,09	0,04	81	160
	σ	0,93	0,48	0,04	4,19	0,23	0,18	0,21	0,13	0,66	0,39	0,47	0,14	0,43	0,28	0,30	0,19	9	12

№ №	Показатель [Indicator]	Третья пробная площадка [Third site]																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
VII	min	5,94	4,96	0,21	16,5	1,72	0,99	1,51	0,59	3,54	3,52	2,22	2,49	2,52	2,68	0,78	0,78	4,3	52
	cp	7,89	6,31	0,27	28,1	2,47	1,37	2,26	1,33	4,44	4,52	3,27	3,39	3,37	3,39	1,06	0,97	5,2	56
	max	10,9	8,89	0,39	59,2	4,02	2,12	3,58	2,49	5,71	6,32	3,98	4,32	4,57	4,29	1,92	1,22	5,9	62
	σ^2	6,24	3,99	0,01	487	1,38	0,33	1,10	0,92	1,19	2,01	0,78	0,84	1,06	0,65	0,35	0,05	6,4	25
	σ	2,50	2,00	0,09	22,0	1,17	0,58	1,05	0,96	1,09	1,42	0,89	0,92	1,03	0,81	0,59	0,22	8	5
VIII	min	7,63	7,02	0,22	35,0	1,49	1,52	1,48	1,49	3,81	3,87	4,09	4,07	3,52	3,32	0,99	1,43	4,7	51
	cp	10,3	8,56	0,24	59,4	2,33	2,12	2,28	2,21	4,76	4,71	5,11	5,20	4,34	4,33	1,17	1,79	6,5	68
	max	12,2	9,73	0,25	78,5	2,71	2,49	2,73	2,67	5,66	5,31	5,62	6,10	4,97	5,12	1,34	2,42	7,8	82
	σ^2	5,27	1,85	0,00	475	0,39	0,24	0,40	0,35	0,86	0,52	0,61	1,03	0,53	0,81	0,03	0,25	2,42	2,41
	σ	2,30	1,36	0,02	21,8	0,62	0,49	0,63	0,59	0,93	0,72	0,78	1,02	0,73	0,90	0,18	0,50	1,5	15
IX	min	7,37	7,28	0,22	35,9	1,93	1,52	1,92	1,51	4,02	3,89	3,41	3,62	3,43	3,62	0,83	1,22	3,7	31
	cp	8,63	8,59	0,28	54,6	2,36	1,93	2,52	1,94	4,55	4,55	4,88	4,91	4,47	4,11	1,35	1,36	5,0	46
	max	9,43	9,33	0,31	63,5	3,02	1,52	3,03	2,22	5,31	6,12	5,92	5,43	4,82	4,48	1,83	1,51	6,2	71
	σ^2	1,08	1,08	0,00	198	0,30	0,06	0,31	0,13	0,42	1,31	1,59	0,87	0,52	0,19	0,25	0,02	1,56	40,8
	σ	1,04	1,04	0,05	14,0	0,55	0,24	0,56	0,36	0,65	1,15	1,26	0,93	0,72	0,43	0,50	0,15	1,2	20
X	min	14,2	5,89	0,20	44,6	0,52	0,28	0,46	0,29	12,1	11,9	0,46	0,32	2,73	3,14	0,27	0,34	7,6	66
	cp	16,9	6,73	0,22	62,3	0,89	0,34	0,77	0,40	14,3	14,3	0,54	0,50	3,30	3,51	0,35	0,40	7,9	77
	max	18,5	7,42	0,25	74,6	1,02	0,41	0,93	0,66	15,6	15,8	0,73	0,81	3,82	3,74	0,41	0,43	8,4	83
	σ^2	4,72	0,59	0,00	227	0,07	0,00	0,06	0,04	3,13	3,87	0,02	0,06	0,30	0,09	0,00	0,00	1,6	7,4
	σ	2,17	0,77	0,03	15,1	0,26	0,07	0,24	0,19	1,77	1,97	0,14	0,25	0,55	0,30	0,07	0,05	4	8

Примечания: I — *Tilia cordata*; II — *Quercus robur L.*; III — *Betula pendula*; IV — *Quercus robur L.*; V — *Tilia platyphyllos*; VI — *Tilia cordata*; VII — *Tilia cordata*; VIII — *Tilia cordata*; IX — *Tilia cordata*; X — *Castanea sativa*; 1 — длина (см), 2 — ширина (см), 3 — толщина (мм); 4 — площадь (см²); 5 — длина первой жилки слева (см); 6 — длина второй жилки слева (см); 7 — длина первой жилки справа (см); 8 — длина второй жилки справа (см); 9 — длина от вершины до конца четвертой жилки слева (см); 10 — длина от вершины до конца четвертой жилки справа (см); 11 — длина левой половины листа от второй жилки слева (см); 12 — длина левой половины листа от второй жилки справа (см); 13 — ширина левой половинки листа (см); 14 — ширина правой половинки листа (см); 15 — расстояние между концами жилок слева (см); 16 — расстояние между концами жилок справа (см); 17 — угол между второй и главной жилкой слева (°); 18 — угол между второй и главной жилкой справа (°); min — минимум; cp — среднее; max — максимум; σ^2 — дисперсия выборки; σ — стандартное отклонение.

[Notifications: I — *Tilia cordata*; II — *Quercus robur L.*; III — *Betula pendula*; IV — *Quercus robur L.*; V — *Tilia platyphyllos*; VI — *Tilia cordata*; VII — *Tilia cordata*; VIII — *Tilia cordata*; IX — *Tilia cordata*; X — *Castanea sativa*; 1 — length (cm); 2 — width (cm); 3 — thickness (mm); 4 — square (cm²); 5 — the length of the first vein of a leaf (the left side) (cm); 6 — the length of the second vein of a leaf (the left side) (cm); 7 — the length of the first vein of a leaf (the right side) (cm); 8 — the length of the second vein of a leaf (the right side) (cm); 9 — the length between the tip of a leaf and the end of the fourth vein of a leaf (the left side) (cm); 10 — the length between the tip of a leaf and the end of the fourth vein of a leaf (the right side) (cm); 11 — the distance between the second vein of a leaf and the blade of a leaf (the left side) (cm); 12 — the distance between the second vein of a leaf and the blade of a leaf (the right side) (cm); 13 — the width between the midrib and the margin of a leaf (the left side) (cm); 14 — the width between the midrib and the margin of a leaf (the right side) (cm); 15 — the distance between first and the second vein of leaf (the left side) (cm); 16 — the distance between first and the second vein of leaf (the right side) (cm); 17 — the angle between the midrib and the second vein of a leaf (the left side) (°); 18 — the angle between the midrib and the second vein of a leaf (the right side) (°); min — minimum; cp — average; max — maximum; σ^2 — variance; σ — standard deviation.]

В свою очередь, минимальные значения дисперсии и стандартного отклонения ($\sigma^2 = 0$; $\sigma = 0$) были отмечены у листьев *Quercus robur L.* на первой пробной площадке по показателям: толщина листа, длина первой и второй жилок слева и справа, длина левой половины листа от второй жилки слева и расстояние между концами жилок справа. Также у листьев каштана посевного *Castanea sativa* на третьей пробной площадке по показателям: толщина, длина второй жилки слева, расстояние между концами жилок слева и справа. Таким образом, можно сказать, что перечисленные морфологические параметры практически не изменяются и менее чувствительны к изменению окружающей природной среды кампуса.

Результаты вычисления индекса асимметрии листьев по семи морфологическим параметрам, а также суммарного индекса асимметрии для каждого вида растения представлены в табл. 2.

Таблица 2/Table 2

**Индексы асимметрии листьев древесных растений на территории кампуса РУДН
[The fluctuating asymmetry indexes of trees species in the RUDN University campus]**

Вид [Species]	As_{cp1}	As_{cp2}	As_{cp3}	As_{cp4}	As_{cp5}	As_{cp6}	As_{cp7}	As_{total}	Оценка жизненного состояния (баллы) [Life assessment of the tree species (points)]
<i>Первая пробная площадка [First site]</i>									
<i>Tilia cordata</i>	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,01	1
<i>Quercus robur L.</i>	0,07	0,02	0,01	0,00	0,02	0,13	0,08	0,02	1
<i>Betula pendula</i>	0,06	0,00	0,02	0,04	0,04	0,02	0,07	0,03	2
<i>Quercus robur L.</i>	0,09	0,08	0,00	0,06	0,00	0,03	0,15	0,04	2
<i>Вторая пробная площадка [Second site]</i>									
<i>Tilia platyphyllos</i>	0,02	0,18	0,01	0,01	0,52	0,95	0,04	0,04	2
<i>Tilia cordata</i>	0,00	0,12	0,08	0,11	0,49	0,04	0,07	0,05	3
<i>Третья пробная площадка [Third site]</i>									
<i>Tilia cordata</i>	0,04	0,04	0,00	0,02	0,00	0,02	0,04	0,02	1
<i>Tilia cordata</i>	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,20	0,02	0,03	2
<i>Tilia cordata</i>	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,07	0,03	2
<i>Tilia cordata</i>	0,02	0,02	0,00	0,01	0,06	0,10	0,28	0,01	1
<i>Castanea sativa</i>	0,07	0,07	0,00	0,05	0,03	0,07	0,01	0,01	1

Из табл. 2 видно, что у всех видов растений на трех пробных площадках вычисленный индекс асимметрии больше нуля ($As_{1,2,3...7} > 0$; $As_{total} > 0$). Максимальные значения асимметрии ($As_{2,5,6,7} \geq 0,04$), а также суммарный индекс асимметрии были отмечены на второй пробной площадке у растений *Tilia platyphyllos* и *Tilia cordata* ($As_{total} = 0,04$ и $As_{total} = 0,05$ соответственно).

Максимальные значения индекса асимметрии листьев получены при измерении длины второй жилки (As_2), ширины листа (As_3), расстояния между концами первой и второй жилок (As_6), угла между второй и главной жилками (As_7). Следовательно, можно сказать, что такие показатели наиболее точно отражают изменения левой и правой сторон листа у исследуемых растений, и их можно считать индикаторами при исследовании асимметрии листьев древесных растений.

У растений, произрастающих на второй пробной площадке (табл. 2), жизненное состояние по суммарному индексу асимметрии листьев оценивается как «удов-

летворительное» (2 балла) и «критическое» (3 балла). Такое жизненное состояние можно объяснить тем, что вторая пробная площадка расположена в одном из самых уязвимых с точки зрения антропогенного воздействия месте, вблизи автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая.

Хорошее жизненное состояние отмечено на первой пробной площадке у растений *Tilia cordata*, *Quercus robur* L., на третьей пробной площадке у *Tilia cordata* и *Castanea sativa*. Значит, данные виды растений можно считать наиболее устойчивыми к воздействию антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая.

Необходимо отметить, что при сравнении распределения суммарного индекса асимметрии на трех пробных площадках по X-критерию ван дер Вардена установлено следующее: распределение суммарного индекса асимметрии на первой и второй пробных площадках оказалось статистически недостоверным $U_{\phi} = 0,06 < U_{st} = 2,30$ при уровне значимости $p = 95\%$, на второй и третьей площадках — недостоверным при $U_{\phi} = 1,150 < U_{st} = 2,30$ и уровне значимости $p = 95\%$.

Так как нулевую гипотезу (H_0) отвергнуть нельзя, все площадки являются одинаковыми с точки зрения распределения суммарного индекса асимметрии.

Таким образом, можно предположить, что все растения, произрастающие на трех пробных площадках, находятся в зоне антропогенного воздействия — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая — и испытывают негативное воздействие, которое проявляется в изменении морфологических параметров и индекса асимметрии у листьев древесных растений.

Выводы

Учитывая вышесказанное, а также тот факт, что во время проведения исследований на территории всех пробных площадок отмечены повышенные концентрации загрязняющих веществ, в том числе таких макрокомпонентов, как диоксид углерода (CO_2) и азота (NO_2), можно сделать вывод о том, что:

— морфологические параметры листьев древесных растений на трех пробных площадках отличаются друг от друга и постоянно изменяются (σ^2 и $\sigma > 0$), за исключением растений *Quercus robur* L. на первой пробной площадке и *Castanea sativa* — на третьей при σ^2 и $\sigma = 0$ соответственно;

— у всех видов растений на трех пробных площадках вычисленный индекс асимметрии больше нуля ($As_{1,2,3...7} > 0$; $As_{total} > 0$). Максимальные значения асимметрии ($As_{2,5,6,7} \geq 0,04$), а также суммарный индекс асимметрии были отмечены на второй пробной площадке у растений *Tilia platyphyllos* и *Tilia cordata* ($As_{total} = 0,04$ и $As_{total} = 0,05$ соответственно);

— среди показателей асимметрии, наиболее точно отражающих изменение левой и правой сторон листьев растений, можно выделить: длину второй жилки (As_2), ширину листа (As_3), расстояние между концами первой и второй жилок (As_6), угол между второй и главной жилками (As_7), значения которых были больше 0,039;

— жизненное состояние растений, произрастающих на второй пробной площадке, по суммарному индексу асимметрии листьев оценивается как «удовлет-

ворительное» (2 балла) и «критическое» (3 балла), так как именно вторая пробная площадка расположена в одном из самых уязвимых с точки зрения антропогенного воздействия мест — вблизи автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая;

— жизненное состояние растений *Tilia cordata*, *Quercus robur* L. на первой пробной площадке и растений *Tilia cordata* и *Castanea sativa* — на третьей характеризовалось как «хорошее». Следовательно, данные виды растений можно считать наиболее устойчивыми к условиям постоянного воздействия антропогенных объектов — автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая.

С целью оценки влияния указанных антропогенных объектов на растения, произрастающие на территории кампуса РУДН, в будущем необходимо продолжить исследования в данном направлении и сравнить имеющиеся результаты с данными, полученными на относительно чистых, то есть расположенных вдали от антропогенных объектов, территориях (садах и парках).

Практические рекомендации

На основании полученных данных об оценке жизненного состояния деревьев необходимо составить ассортимент растений, включающий наиболее устойчивые к антропогенному воздействию виды растений и эдификаторов, способных поддерживать функционирование естественной экосистемы кампуса.

Список литературы

- [1] Послание Генерального секретаря ООН по случаю Международного дня биологического разнообразия. URL: <http://www.unrussia.ru/ru/un-in-russia/news/2018-05-22>
- [2] Никольский А.А., Ронкин В.И., Савченко Г.А. Восстановление биоразнообразия — неодолимая цель устойчивого развития (на примере Украинской степи) // Актуальные проблемы экологии и природопользования: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 2018. С. 13–22.
- [3] Захаров В.М., Крысанов Е.Ю., Пронин А.В. Методология оценки здоровья среды // Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. М.: Наука, 2007. С. 78–86.
- [4] Криволицкий Д.А., Степанов А.М., Тихомиров Ф.А., Федоров Е.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного и химического загрязнения экосистем // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. М.: Наука, 1988. С. 4–16.
- [5] Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Иудин И.Д. Фрактальная организация экосистем: нужно ли это нам? // Экологические проблемы заповедных территорий России. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. С. 61–68.
- [6] Гиляров М.С. О функциональном значении симметрии организмов // Зоологический журнал. 1944. Т. 23. № 5. С. 213–215.
- [7] Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. М.: Мысль, 1974. 229 с.
- [8] Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 161 с.
- [9] Гелашвили Д.Б., Солдатов Е.Н., Чупрунов Е.В. Меры сходства и разнообразия в оценке флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков // Поволжский экологический журнал. 2004. № 2. С. 132–143.
- [10] Мамаджанов Р.Х. Оценка жизненного состояния растений в районах размещения полигонов ТБО Чеченской Республики // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. 2016. № 1. С. 28–35.

- [11] Palmer A.R., Strobeck C. Fluctuating Asymmetry Analyses Revisited. URL: <http://www.biology.ualberta.ca/palmer.hp/pubs/03BookChapt/PalmerStrobeckChapt.pdf>
- [12] Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- [13] Рычин Ю.В. Деревья и кустарники лесов, парков, садов и полезащитных лесонасаждений средней полосы европейской части СССР: определитель / под ред. проф. С.С. Станкова. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства Просвещения РСФСР, 1950. 188 с.
- [14] Губанов И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во научных изданий КМК, 2003. 473 с.
- [15] Боголюбов А.С. Изучение вертикальной структуры леса. URL: <http://karpolya.ru>
- [16] Криволицкий Д.А. Биоиндикация и биомониторинг. М.: Наука, 1991. 288 с.
- [17] Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 22.02.2018

Дата принятия к печати: 20.09.2018

Для цитирования:

Мамаджанов Р.Х. Оценка жизненного состояния древесных растений по индексу асимметрии листьев на территории кампуса РУДН // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 335—345. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-335-345

Сведения об авторе:

Мамаджанов Роман Хасанович — кандидат биологических наук, старший преподаватель экологического факультета Российского университета дружбы народов. Контактная информация: e-mail: Daddy_roma@mail.ru

Plant life assessment by the total fluctuating asymmetry index in the RUDN University campus

R.Kh. Mamadzhanov

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
8 Podolskoye Shosse, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation

The article proposes a new method of plant life assessment by the total fluctuating asymmetry index that includes seven asymmetry parameters of leaves growing in three experimental areas near the Leninsky Prospekt and Miklukho-Maklaya highways. The data on 18 morphological parameters of leaves of the tree species growing in these experimental areas has been presented. The potential impact of the Leninsky Prospekt and Miklukho-Malkaya highways on the morphological parameters of leaves has been estimated.

Keywords: bioindication, biomonitoring, morphological parameters of leaves, plant life assessment, fluctuating asymmetry index of leaves, tree species, environmental monitoring, anthropogenic impact, environment

References

- [1] *The message from the UN Secretary-General on the occasion of International Day of the Biological Diversity*. <http://www.unrussia.ru/ru/un-in-russia/news/2018-05-22>
- [2] Nikolsky AA, Ronkin VI, Savchenko GA. Restoration of access is an unachievable goal of sustainable development (on the example of the Ukrainian steppe). *Actual problems of ecology and nature management: materials of the XIX International. scientific-practical conf.* Moscow; 2018: 13–22.
- [3] Zakharov VM, Krysanov EYu, Pronin AV. Methodology for assessing the health of the environment. *Bioindication of the ecological status of lowland rivers*. Moscow: Science Publ.; 2007: 78–86.
- [4] Krivolutsky DA, Stepanov AM, Tikhomirov FA, Fedorov EA. Ecological rationing on the example of radioactive and chemical retention. *Methods of bioindication of the environment in areas of nuclear power plants*. Moscow: Science Publ.; 1988: 4–16.
- [5] Rosenberg GS, Gelashvili DB, Iudin ID. Fractal organization: do we need it? *Environmental problems of protected areas of Russia*. Tolyatti: IESB RAS; 2003: 61–68.
- [6] Gilyarov MS On the functional significance of the symmetry of organisms. *Zool. Journals*. 1944;23(5): 213–215.
- [7] Urmantsev YuA. *Symmetry of nature and nature of symmetry*. Moscow: Thought Publ.; 1974.
- [8] Zakharov VM. *Asymmetry of animals*. Moscow: Science Publ.; 1987.
- [9] Gelashvili DB, Soldatov EN, Chuprunov EV. Measures of similarity and diversity in the assessment of the fluctuating asymmetry of bilateral signs. *Volga eco journals*. 2004;2: 132–143.
- [10] Mamadzhanov RKh. Estimation of the vital state of plants in areas where solid waste landfills of the Chechen Republic are located. *Vestnik MGOU: Series of Natural Sciences*. 2016;1: 28–35.
- [11] Palmer AR, Strobeck K. *Oscillatory asymmetric analyzes*. <http://www.biology.ualberta.ca/palmer.hp/pubs/03BookChapt/PalmerStrobeckChapt.pdf>
- [12] Cherepanov SK. *Vascular plants of Russia and adjacent states (within the former USSR)*. Saint Petersburg: Peace and Family Publ.; 1995.
- [13] Rychin YuV. *Trees and shrubs of the forest, parks, gardens and shelter forests*. Moscow: State Pedagogical Publishing House of the Ministry of Enlightenment of the RSFSR; 1950.
- [14] Gubanov IA. *Illustrated determinant of plants in Central Russia*. Moscow: Scientific community Publ.; 2003.
- [15] Bogolyubov AS. *The study of the vertical structure of the forest*. <http://karpolya.ru>
- [16] Krivolutsky DA. *Bioindication and biomonitoring*. Moscow: Science Publ.; 1991.
- [17] Lakin GF. *Biometrics*. Moscow: Higher school Publ.; 1990.

Article history:

Received: 22.02.2018

Revised: 20.09.2018

For citation:

Mamadzhanov RKh. Plant life assessment by the total fluctuating asymmetry index in the RUDN University campus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 335–345. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-335-345

Bio Note:

Roman Khasanovich Mamadzhanov — Candidate of Biological Sciences, senior lecturer, Faculty of Ecology, Environmental Department, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: Daddy_roma@mail.ru