

DOI 10.54596/2958-0048-2025-2-59-68

ӨОЖ 581.412

ҒТАМА 68.47.31

ПЕТРОПАВЛ ҚАЛАСЫНЫҢ ДЕНДРОФЛОРА ӨКІЛДЕРІНДЕГІ ФЛУКТУАЦИЯЛЫҚ АСИММЕТРИЯНЫ ЗЕРТТЕУ

Маратова А.С.^{1*}

^{1*} «Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ
Петропавл, Қазақстан

*Хат-хабар үшін автор: ms.itkulova@mail.ru

Аңдатпа

Бұл мақалада флуктуациялық асимметрия қалалық ортада өсетін ағаш өсімдіктеріндегі экологиялық стресстің көрсеткіші ретінде қарастырылады. Зерттеу нысандары қала ішінде таралған бірнеше түрін таңдады. Флуктуациялық асимметрия дәрежесін бағалау қоршаған ортаның қолайсыз факторларының әсерінен симметриясы бұзылуы мүмкін жапырақтардың морфологиялық белгілері бойынша жүргізілді. Сондай-ақ, мақалада осы түрлердің жапырақтары туралы қысқаша ботаникалық сипаттама берілген. Әр түр үшін орташа квадраттық ауытқу және вариация коэффициенті есептеледі. Осының негізінде тиісті қорытындылар жасалып, ортаның сапасына баға берілді. Нәтижелер урбанизацияланған ортаның зерттелетін түрлердің морфологиялық тұрақтылығына әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Оларды қалалық экожүйелердің күйін бақылауда және көгалдандыру үшін стресске төзімді түрлерін таңдауда пайдаланылуы мүмкін.

Кілт сөздер: биоиндикация, флуктуациялық ассиметрия, терек, мамыргүл, іріктеу, интегралды көрсеткіш, жапырақтар, экологиялық жағдай.

ИЗУЧЕНИЕ ФЛУКТУАЦИОННОЙ АСИММЕТРИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДЕНДРОФЛОРЫ ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСКА

Маратова А.С.^{1*}

^{1*} НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»
Петропавловск, Казахстан

*Автор для корреспонденции: ms.itkulova@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается флуктуационная ассиметрия как индикатор экологического стресса у древесных растений, произрастающих в городской среде. Объектами исследования выбраны несколько видов, распространенных в пределах города. Оценка степени флуктуационной ассиметрии проводилась по морфологическим признакам листьев, симметрия которых может нарушаться под действием неблагоприятных факторов окружающей среды. Также в статье дается краткое ботаническое описание листьев данных видов. Для каждого вида просчитаны среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации. На основании этого сделаны соответствующие выводы и дана оценка качеству среды. Полученные данные позволяют судить о влиянии урбанизированной среды на морфологическую стабильность исследуемых видов. Они могут быть использованы при мониторинге состояния городских экосистем и выборе устойчивых к стрессовым воздействиям видов для озеленения.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуационная ассиметрия, тополь, сирень, выборка, интегральный показатель, листья, экологическая ситуация.

THE STUDY OF FLUCTUATION ASYMMETRY IN THE REPRESENTATIVES OF THE DENDROFLORA OF THE CITY OF PETROPAVLOVSK

Maratova A.S.^{1*}

^{1*}*Manash Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Petropavlovsk, Kazakhstan*

**Corresponding author: ms.itkulova@mail.ru*

Abstract

This article examines fluctuation asymmetry as an indicator of environmental stress in woody plants growing in an urban environment. The objects of the study are several types common within the city. The degree of fluctuation asymmetry was assessed based on the morphological characteristics of the leaves, the symmetry of which may be disrupted by adverse environmental factors. The article also provides a brief botanical description of the leaves of these species. The standard deviation and coefficient of variation are calculated for each type. Based on this, relevant conclusions were drawn and an assessment of the quality of the environment was given. The data obtained allow us to judge the influence of the urbanized environment on the morphological stability of the studied species. The results can be used in monitoring the state of urban ecosystems and selecting stress-resistant species for landscaping.

Keywords: bioindication, fluctuation asymmetry, poplar, lilac, sampling, integral indicator, leaves, ecological situation.

Кіріспе

Биоиндикация – биогеоценоздарға антропогендік жүктеме деңгейін анықтау әдістерінің бірі. Ол өзгертін экологиялық факторлардың биологиялық объектілер мен жүйелердің әртүрлі сипаттамаларына әсерін зерттеуге негізделген. Антропогендік факторлар әсерінен жапырақтардың құрылымында морфологиялық өзгерістер орын алады, мысалы, жапырақ алақанының ауданының кішіреюі және асимметрияның пайда болуы. Қала жағдайында ағаш пен бұталардың жапырақтары экологиялық өзгерістердің жақсы индикаторлары болып табылады. Қоршаған ортадағы улы заттардың әсерінен жапырақ алақандарының қалыптасуы тежеледі. Биоиндикациялық мониторинг жүргізу үшін флуктуациялық асимметрия әдісі пайдаланылады [1]. Бұл екі жақты морфологиялық құрылымдардың симметриялы күйінен кездейсоқ шамалы ауытқулар. Оның мәні онтогенетикалық шудың жоғарылауына, жапырақ морфогенезінің тұрақтылығының бұзылуына және нәтижесінде оның асимметриясының жоғарылауына әкелетін кез-келген қоршаған орта факторларының әсерінен артады. Организмдердің әртүрлі түрлеріндегі флуктуациялық асимметрияның мәні қоршаған орта жағдайының көрсеткіші ретінде қолданылады [2, 3].

Зерттеудің мақсаты – қалалық ортаның экологиялық жай-күйінің көрсеткіші ретінде Петропавл қаласының дендрофлора өкілдеріндегі флуктуациялық асимметрия деңгейіне талдау жүргізу.

Зерттеу міндеттері:

- жапырақтарды тандап, олардың морфометриялық талдауын жасау;
- флуктуациялық асимметрия көрсеткіштерін есептеу;
- түрлер арасындағы асимметриясының деңгейін салыстырып, қала ортасының жағдайын бағалау;
- тандалған өсімдік түрлерін қалалық орта жағдайының биоиндикаторы ретінде пайдалану мүмкіндігін бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Флуктуациялық асимметрия – бұл әр түрлі морфологиялық құрылымдардың оң және сол (R-L) жақтары арасындағы шамалы бағытталмаған айырмашылықтар. Көптеген авторлар оны био жүйелердің жағдайы мен динамикасын бағалаудың

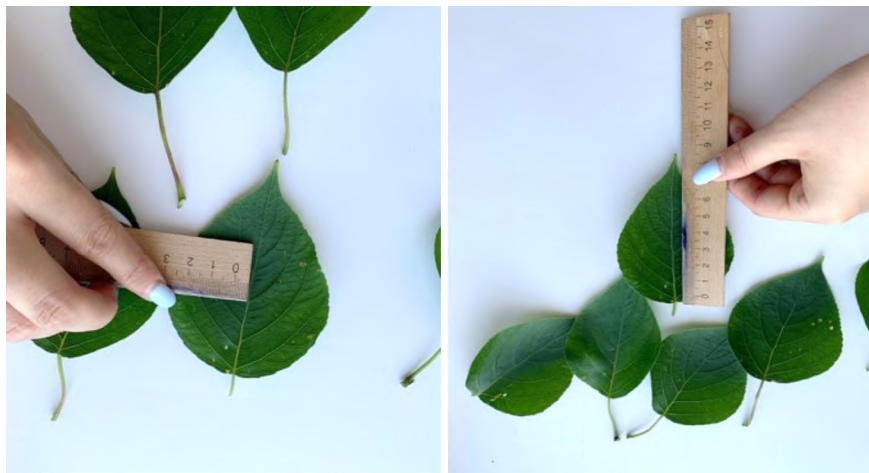
морфологиялық әдістерінің бірі деп санайды [4].

Бір таңдау нүктесінен ағаштың айналасында барлық қол жетімді бұтақтардан ұшар басының төменгі бөлігінен жапырақ жиналады. Жапырақтардың мөлшері ұқсас, белгілі бір өсімдік үшін орташа болуы керек. Бір үлгіге арналған барлық жапырақтар пластикалық пакетке салынып, сол жерге этикетка салынуы керек. Онда жинау орны мен күні көрсетіледі [5]. Қысқа сақтау үшін жиналған жапырақтарды тоңазытқышта пластикалық пакетте сақтауға болады. Ұзақ мерзімді сақтау үшін материалды этил спиртінің 60% ерітіндісіне немесе гербарийге бекіту керек.

Дәстүрлі түрде флуктуациялық асимметрияны бағалау және қоршаған орта жағдайын мониторинг жасау үшін қотыр қайын (*Betula pendula*) түрі қолданылады. Алайда Петропавл қаласы секілді урбанизацияланған аумақтарда нақты фитоценоздар мен сол жерге тән дендрофлораны ескеру қажет.

Осыған байланысты бұл зерттеуде нысан ретінде қара терек (*Populus nigra*) пен кәдімгі мамыргүл (*Syringa vulgaris*) таңдалды. Бұл өсімдіктер қалалық ортада кеңінен таралған, бұл оларды жаппай зерттеу мен антропогендік жүктемені бағалау үшін қолжетімді етеді. Теректің тез өсуі мен жоғары метаболизм жылдамдығы флуктуациялық асимметрияның стрессорлар әсерінен айқын байқалуына ықпал етеді. Ал мамыргүл ерте оянып, ұзақ вегетациялық кезеңге ие болуы оны маусымдық және тұрақты ластаушыларға сезімтал етеді. Зерттеу нәтижелері мамыргүл мен теректің биоиндикацияда қолдануға жарамдылығын растауы немесе жоққа шығаруы мүмкін, бұл өз кезегінде мониторингке қолдануға болатын түрлер спектрін кеңейтеді.

Зерттеулер Петропавл қаласының шегінде 2024 жылғы тамыз-қыркүйек айларында жүргізілді (сурет 1). Бұл іріктеу вегетациялық кезеңнің аяқталуы кезінде, жапырақтардың өсуі тоқтаған сәтте жасалды. Зерттеу үшін генеративті жас жағдайына жеткен өсімдіктерді таңдалады [6].



Сурет 1. Зерттеу учаскелерден жапырақтарды өлшеу

Статистикалық деректерді сақтау мақсатында әрбір ағаштан 30 жапырақ алынған. Жапырағы тақтасының сол (L) және оң (R) жақтарындағы белгілердің өлшем сызбасы: 1 – ені, 2 – екінші талшықтың ұзындығы, 3 – орталық талшыққа бекіту орнында бірінші және екінші талшықтың арасындағы қашықтық, 4 – осы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық, 5 – екінші талшықтың орталық талшыққа көлбеулену бұрышы [7].

Петропавл қаласы күшті ластану аймағына жатады деп айтуға болады. Ол Батыс Сібір жазығының оңтүстік-батыс бөлігінде, Ертістің ең ұзын саласы Есіл өзенінің оң

жағалауында орналасқан. Петропавл – автомобиль, әуе, өзен және темір жолдарының ірі торабы. Батыс Сібір ойпатының оңтүстік-батысындағы Есіл жазығының орманды-дала белдемінде орналасқан. Тұрғыны 220 мың адам.

Қала автомобиль жолдарымен қамтылған, сондай-ақ келесі кәсіпорындар бар: «ЗИКСТО» АҚ – темір жол жартылай вагондарын өндіруші, «Мұнаймаш» АҚ – мұнай ұңғымалық сорғыларды, жабдықтарды өндіреді, айналудың ұзын өлшемді денелерін өңдеудің заманауи технологияларын пайдаланады, С.М. Киров атындағы зауыт» АҚ – теміржол кешеніне арналған жабдықтар мен құрылғылар шығарады, металл құрылымдарын шығару бойынша «Тез тұрғызылатын ғимараттар мен құрылыстар зауыты» ЖШС, металл құбырларын шығаратын «Петропавл құбыр зауыты» ЖШС, полиэтиленді пленка шығаратын «Петропавл полимерлік материалдар зауыты» ЖШС, Петропавл 2 ЖЭО – облыстың жылу және электр энергиясының негізгі көзі, «ПЛВЗ» ЖШС (Петропавл ликер-арақ зауыты) – тамақ өнеркәсібінің ірі кәсіпорындарының бірі, Петропавл ауыр машина жасау зауыты («ПЗТМ» АҚ) – мұнай өндіруші компаниялар үшін күрделі бұрғылау және арнайы техника шығаратын зауыт. Петропавлға жақын жерде көптеген көлдер мен тоғандар бар: Большое Белое көлі, Пестрое көлі, Киштибиш көлі – 1-ші, 2-ші, 3-ші және 4-ші, Малое Белое көлі және Соленое көлі. Сондай-ақ, қала ішінде кішкентай ормандарды кездестіруге болады, сонымен қатар қарағай екпелері де бар.

Зерттеу нәтижелері

Қара терек (лат. *Populus nigra*) – талдар тұқымдасының терек тұқымдас түрі. Жапырақтары жай, тегіс, жұқа жалпақ жапырақшалары бар, кезектесіп орналасқан, жыл сайын құлап кетеді. Жапырақ ұзындығы 4-11 см, ені 3-9 см, гауһар тәрізді немесе сопақша-үшбұрышты, жоғарыда жасыл, төменде ашық-жасыл, ұзартылған ұшы бар, негізі кең пішінді немесе түзу кесілген. Жапырақтың ең үлкен ені оның негізіне жақын. Әдістемеге сәйкес қара терек жапырақтарын өлшеу жүргізілді (кесте 1).

Кесте 1. Қара терек жапырақтардың 5 белгі бойынша өлшеу нәтижелері

Жапырақ №	Белгі нөмірі									
	1		2		3		4		5	
	сол	оң	сол	оң	сол	оң	сол	оң	сол	оң
1	16	18	30	34	4	4	13	15	49	50
2	21	18	33	32	5	5	14	14	50	47
3	17	19	35	36	5	4	15	16	51	48
4	18	16	36	37	4	6	10	11	49	49
5	18	20	35	40	5	3	16	17	46	53
6	13	14	25	23	4	4	10	11	40	40
7	15	16	27	28	4	5	10	10	37	42
8	14	14	23	23	4	3	10	8	40	42
9	12	12	25	25	4	5	12	12	40	35
10	17	16	26	26	5	5	9	8	32	32
Орташа мәні	16,1	16,3	29,5	30,4	4,4	4,4	11,9	12,2	43,4	47,8

1 кестеде Петропавл қаласы бойынша орташа салыстырмалы шамасын есептеу келтіріледі. Нәтиже бойынша 1 өлшем – 16,1 және 16,3 мм (сәйкесінше оң және сол), 2 өлшем – 25,9 және 30,4), 3 өлшем – 4,4 және 4,4), 4 өлшем – 11,9 және 12,2), 5 өлшем – 43,4 және 47,8 болды.

Флуктуациялық асимметрияның деңгейі – бұл интегралдық көрсеткіш, бұл мән барлық белгілер үшін есептеліп, олардың санына бөлінеді. Бірінші кезеңде бір жапырақтағы сол (L) және оң (R) мәндердің айырмасы есептеледі, кейін осы айырма сол және оң мәндердің қосындысына бөлінеді (1-формула):

$$|L-R| / (L+R) \quad (1)$$

мұндағы:

L – сол жақтағы өлшем,

R – оң жақтағы өлшем.

Мысалы: бірінші белгі үшін №1 жапырақта L = 16, R = 18 болса, онда: $|16-18|/(16+18) = 0,059$. Осылайша, әрбір жапырақ үшін бес белгінің салыстырмалы айырмашылықтары есептеледі.

Екінші кезеңде бір жапырақ бойынша алынған бес мәннің орташа шамасы есептеледі. Ол үшін барлық бес салыстырмалы айырмашылықтың қосындысы 5 санына бөлінеді.

Үшінші кезеңде бүкіл іріктеме үшін флуктуациялық асимметрияның орташа мәні (X) есептеледі. Бұл үшін барлық жапырақтар бойынша алынған орташа мәндердің қосындысы олардың санына (яғни, 10-ға) бөлінеді. Қара терек бойынша осы нәтижелері 2 кестеде көрсетілген.

Кесте 2. Қара терек жапырақтардың флуктуациялық асимметрияның мәні

№	Белгі нөмірі					Асимметрияның мәні
	1	2	3	4	5	
1	0,059	0,063	0	0,071	0,01	0,04
2	0,061	0,015	0	0	0,03	0,021
3	0,056	0,014	0,11	0,032	0,03	0,048
4	0,059	0,014	0,2	0,047	0	0,064
5	0,026	0,067	0,25	0,03	0,07	0,087
6	0,074	0,042	0	0,048	0	0,033
7	0,076	0,018	0,11	0	0,063	0,055
8	0	0	0,14	0,11	0,024	0,055
9	0	0	0,11	0	0,067	0,035
10	0,03	0	0	0,059	0	0,018
Іріктемедегі асимметрия мәні						X = 0,050

Қара терек жапырақтары бойынша Петропавл қаласының флуктуациялық асимметрияның шамасы 0,050 тең (2 кесте).

Зерттеудің екінші нысаны жоғарыда айтылғандай кәдімгі мамыргүл – биіктігі 3-7 метрге дейін көптеген бұтақтары бар бұта. Бұтағы жапырақтармен мол жабылған, олар бұтақтарға қарама-қарсы орналасқан. Кәдімгі мамыргүл жапырақ тақталары қарапайым, тегіс шеті бар, жүрек тәрізді, сопақша немесе ұзартылған, ашық немесе қою жасыл түсті. Жапырақтар ұзындығы 4-12 см және ені 3-8 см.

3 кестеде екінші түрдің жапырақтың бес өлшемі үшін белгіге асимметрияның орташа салыстырмалы шамасын есептеу келтіріледі.

Кесте 3. Кәдімгі мамыргүл жапырақтардың 5 белгі бойынша өлшеу нәтижелері

Жапырақ №	Белгі нөмірі									
	1		2		3		4		5	
	сол	оң	сол	оң	сол	оң	сол	оң	сол	оң
1	18	20	31	34	10	10	14	16	50	50
2	22	20	33	35	8	10	15	14	50	48
3	25	27	37	39	6	5	15	16	46	48
4	19	18	39	40	10	9	9	11	47	49
5	22	21	36	38	6	8	16	16	46	52
6	19	17	27	29	9	10	10	12	40	40
7	20	21	27	28	9	11	10	11	42	42
8	17	16	23	23	7	8	10	9	40	45
9	21	20	25	25	8	8	12	13	37	39
10	17	16	26	26	6	6	9	9	32	33
Орташа мәні	20	19,6	24,7	31,7	7,9	8,5	12	12,6	43	40,1

Нәтиже бойынша 1 өлшем – 20 және 19,6 мм (сәйкесінше оң және сол), 2 өлшем – 24,7 және 31,7), 3 өлшем – 7,9 және 8,5), 4 өлшем – 12 және 12,6, 5 өлшем – 43 және 40,1. Осы түрдің асимметрия шамасы төменде 4 кестеде келтірілген.

Кесте 4. Кәдімгі мамыргүл жапырақтардың флуктуациялық асимметрияның мәні

№	Белгі нөмірі					Асимметрия
	1	2	3	4	5	
1	0,053	0,046	0	0,066	0	0,033
2	0,048	0,029	0,11	0,034	0,020	0,048
3	0,038	0,026	0,090	0,032	0,021	0,041
4	0,027	0,013	0,053	0,1	0,021	0,043
5	0,023	0,027	0,143	0	0,061	0,051
6	0,056	0,036	0,053	0,090	0	0,047
7	0,024	0,029	0,1	0,048	0	0,040
8	0,030	0	0,067	0,034	0,059	0,044
9	0,024	0	0	0,04	0,026	0,018
10	0,030	0	0	0	0,015	0,009
Іріктемедегі асимметрия мәні						X=0,043

Мамыргүл жапырақтары бойынша Петропавл қаласы асимметрияның шамасы 0,043 тең (4 кесте).

Соңғы кезеңде даму тұрақтылығының интегралдық көрсеткіші – X – белгі бойынша қоршаған орта жағдайының сапасын бағалауға болады. Ол үшін организмнің жай-күйінің даму тұрақтылығының интегралды индикаторының мәні бойынша шартты нормадан ауытқуын бағалау қолданылады (5 кестеде келтірілген).

Кесте 5. Қоршаған ортаның даму тұрақтылығының шкаласы

Балл	I	II	III	IV	V
Ассиметрия мәні	<0,040 (шартты норма)	0,040-0,044	0,045-0,049	0,050-0,054	>0,054 (шектік жағдай)

Флуктуациялық ассиметрия көрсеткішінің орташа мәні орта сапасының шкаласымен салыстырылады, алынған деректер жиынтық кестеге енгізіледі (кесте 6).

Кесте 6. Қоршаған ортаның даму тұрақтылығының бағалау

Объект	Ассиметрия мәні	Балл	Орта сапасы
Қара терек	0,050	IV	Төмен
Кәдімгі мамыргүл	0,043	II	Қалыпты жағдай

Осылайша, 6 кестеден көріп отырғанымыздай, Петропавл қаласы үшін ассиметрия көрсеткіштері – 2 және 4 балл. Жоғарыда айтылғандай, осы учаскеде антропогендік жүктеме айқын көрінеді. Сондықтан мұнда ассиметрия көрсеткіші жоғары, облыс орталығындағы ортаның сапасын жақсарту үшін әдістерді ойластыру қажет.

Деректерді математикалық өңдеу Microsoft Excel бағдарламасы негізінде жүргізілді: орташа квадраттық ауытқу және вариация коэффициенті.

Бірінші көрсеткіш – орташа квадраттық ауытқу. Бұл ықтималдық теориясы мен статистикадағы ең көп таралған көрсеткіш. Яғни, стандартты ауытқу дегеніміз – кез-келген көрсеткіштің (ассиметрияның мәні) уақыт өте келе қаншалықты тез өзгеретіндігінің көрсеткіші. Ол неғұрлым үлкен болса, бірқатар мәндердің өзгергіштігі соғұрлым күшті болады. Іс жүзінде стандартты ауытқу жиынтықтың мәндерінің орташа мәннен қаншалықты ерекшеленетінін бағалауға мүмкіндік береді. Үлгілеріндегі стандартты ауытқуды есептеу стандартты формулалар бағдарламасын қолдана отырып жүргізілді, мәндер 7 мен 8 кестелерде келтірілген.

Кесте 7. Қара терек іріктеудегі зерттелетін белгілердің орташа квадраттық ауытқу

Белгісі	Квадраттық ауытқу
Оң жақтағы жапырақ алақанының ені	16,1±2,69
Сол жақтағы жапырақ алақанының ені	16,3±2,5
Оң жақтағы 2-ші талшықтың ұзындығы	29,5±4,9
Сол жақтағы 2-ші талшықтың ұзындығы	30,4±6,21
Оң жақтағы 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	4,4±0,52
Сол жақтағы 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	4,4±0,97
Оң жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	11,9±2,47
Сол жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	12,2±3,19
Оң жақтағы негізгі мен 2-ші талшықтың арасындағы бұрыш	43,4±6,48
Сол жақтағы негізгі мен 2-ші талшықтың арасындағы бұрыш	47,8±6,8

7 кестесі бойынша қара терек ағашының орташа квадраттық ауытқу келесідей болды: ең төмен ±0,52, ең жоғары ±6,48 мм.

Кесте 8. Кәдімгі мамыргүл іріктеудегі зерттелетін белгілердің орташа квадраттық ауытқу

Белгісі	Квадраттық ауытқу
Оң жақтағы жапырақ алақанының ені	20±2,54
Сол жақтағы жапырақ алақанының ені	19,6±3,24
Оң жақтағы 2-ші талшықтың ұзындығы	24,7±5,6
Сол жақтағы 2-ші талшықтың ұзындығы	31,7±7,94
Оң жақтағы 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	7,9±1,6
Сол жақтағы 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	8,5±1,9
Оң жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	12±2,75
Сол жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	12,6±2,75
Оң жақтағы негізгі мен 2-ші ретті талшықтың арасындағы бұрыш	43±5,82
Сол жақтағы негізгі мен 2-ші ретті талшықтың арасындағы бұрыш	40,1±5,97

8 кестесі бойынша іріктеудегі зерттелетін белгілердің орташа квадраттық ауытқу келесідей болды: ең төмен $\pm 1,6$ ең жоғары $\pm 5,97$ мм.

Биоиндикатор ретінде тандалған екі түрі үшін орташа квадраттық ауытқудың төмен мәнін атап өтуге болады. Бұл жиынтықтағы мәндер орташа мәнге топталғанын дәлелдейді.

Вариация коэффициентін қолдану қоршаған ортаның сапасын және антропогендік факторлардың осы түрінің жапырақтарына әсерін анықтау үшін флуктуациялық асимметрия әдісін қолдану мүмкіндігін бағалауға мүмкіндік береді. Егер ағаш түрінің морфометриялық сипаттамасының өзгергіштігі жоғары деңгейіне сәйкес келсе (25%-дан жоғары), ол оның биоиндикация түрі ретінде жарамсыздығын анықтайды және оның практикалық құндылығын төмендетеді.

Кесте 9. Қара терек жапырақтарының әр белгі үшін вариация коэффициенті

Белгісі	Вариация коэффициенті
Оң жақтағы жапырақ алақанының ені	16,71%
Сол жақтағы жапырақ алақанының ені	15,34%
Оң жақтағы 2-ші ретті 2-ші талшықтың ұзындығы	16,61%
Сол жақтағы 2-ші ретті 2-ші талшықтың ұзындығы	20,43%
Оң жақтағы 2-ші ретті 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	11,82%
Сол жақтағы 2-ші ретті 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	22,05%
Оң жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	20,76%
Сол жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	26,15%
Оң жақтағы негізгі мен 2-ші ретті талшықтың арасындағы бұрыш	14,93%
Сол жақтағы негізгі мен 2-ші ретті талшықтың арасындағы бұрыш	14,23%

9 кестесі бойынша қара терек жапырақтарының әр белгі үшін вариация коэффициенті келесідей болды: ең төмен – 11,83%, ең жоғары – 26,15%.

Кесте 10. Кәдімгі мамыргүл жапырақтарының әр белгі үшін вариация коэффициенті

Белгісі	Вариация коэффициенті
Оң жақтағы жапырақ алақанының ені	12,70%
Сол жақтағы жапырақ алақанының ені	16,38%
Оң жақтағы 2-ші ретті 2-ші талшықтың ұзындығы	20,44%
Сол жақтағы 2-ші ретті 2-ші талшықтың ұзындығы	25,05%
Оң жақтағы 2-ші ретті 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	20,25%
Сол жақтағы 2-ші ретті 1 және 2 талшықтардың қашықтығы	22,35%
Оң жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	22,32%
Сол жақтағы талшықтардың ұштары арасындағы қашықтық	21,83%
Оң жақтағы негізгі мен 2-ші ретті талшықтың арасындағы бұрыш	13,53%
Сол жақтағы негізгі мен 2-ші ретті талшықтың арасындағы бұрыш	14,89%

10 кестесі кәдімгі мамыргүл жапырақтарының әр белгі үшін вариация коэффициенті келесідей болады: Петропавл қаласы сәйкесінше ең төмен – 12,70%, ең жоғары – 25,05%.

Талқылау

Осылайша, кара терек үшін вариация коэффициенті көп жағдайда 25%-дан аспайды. Бұл дегеніміз, ағаштың осы түрінің жапырақтарына антропогендік факторлардың әсерін анықтау үшін флуктуациялық асимметрия әдісі үшін қолдануға болады. Петропавл қаласы бойынша ғана бір вариациялық коэффициент көрсеткіштен 1,15%-ға жоғары болды, алайда бұл ағаштың биоиндикатор түрі ретінде жарамсыздығын көрсетпейді. Бұл олардың өзгергіштігінің төмен деңгейін, демек, осы белгілер мен ағаш түрлерінің биоиндикация мақсатында пайдалануға жарамдылығын көрсетеді.

Қорытынды

Петропавл қаласы үшін қоршаған ортаның сапасы барлық пайдаланылатын түрлерінен әртүрлі алынды. Осы аумағында экологиялық жағдайға әсер ететін бірқатар факторлар бар, олар флуктуациялық асимметрия деңгейінің артуымен өзара байланысты болуы мүмкін.

Облысымызда пайдаланылған алты уран кен орны орналасқан. Топырақтың, судың және ауаның радиациялық ластануы тірі ағзаларда даму тұрақтылығының төмендеуіне әкелуі ықтимал.

Экологиялық қауіптің тағы бір көзі – қатты тұрмыстық қалдықтардың (ҚТҚ) дұрыс басқарылмауы. Петропавл қаласындағы ҚТҚ полигоны шамадан тыс толып, пайдалану мерзімі аяқталуға жақын. Қайта өңдеу инфрақұрылымының дамымауы стихиялық қоқыс үйінділерінің көбеюіне себеп болды. Бұл қоршаған ортаға антропогендік қысымды арттырып, биологиялық индикаторлар арқылы өлшенетін даму аномалияларын көбейтуі мүмкін.

Сондай-ақ, өңірде кәріз жүйелерінің тозуы және тазарту құрылыстарының жетіспеушілігі мәселесі өткір тұр. Су экожүйесінің бұзылуы мен ластаушы заттардың жинақталуы флуктуациялық асимметрия деңгейін арттыруы ықтимал.

Петропавл қаласы бойынша атмосфералық ауада күкіртсутегі шоғырлануының жоғарылауы байқалады. Негізгі ластау көзі – «Қызылжар су» ЖШС-ге тиесілі сарқынды су жинақтағыш [8]. Бұл химиялық ластану ағзаларға мутагендік әсер етуі мүмкін, нәтижесінде симметрия бұзылыстары байқалады.

Осылайша, СҚО-дағы радиациялық, химиялық және тұрмыстық ластану факторлары флуктуациялық асимметрияны зерттеу арқылы тірі организмдердің даму тұрақтылығына әсер ететін экологиялық стресс деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

Литература:

1. Шадрина Е., Солдатова В., Турмухаметова Н. Флуктуирующая асимметрия как мера стресса в природных популяциях древесных растений: влияние эколого-географических факторов на стабильность развития. Симметрия. 2023; 15 (3):700. [электрондық ресурс] – қол жеткізу режимі: <https://doi.org/10.3390/sym15030700>
2. Ерофеева Е.А. Зависимость флуктуирующей асимметрии листа *Betula pendula* (Betulaceae) в условиях автомобильного загрязнения (г. Нижний Новгород) от интенсивности дорожного загрязнения // Растит. ресурс, 2015. - №51. - С. 366-383.
3. Солдатова В.Ю., Шадрина Е.Г., Новгородова Д.Н. Биоиндикационная оценка качества среды административных округов г. Якутская по показателям флуктуирующей асимметрии и качества семян березы повислой *Betula pendula* Roth. – Изд. Саратовский ун-т, 2018. - №18. - С. 216-224.
4. Гуртяк А.А., Углев А.А. Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора // Известия Томского политех. университета, 2010. – №1. – С. 200-204.
5. Costa, A.C.B., Silva, L.J. da, Oliveira, J.P.S. Plant bioindication in urban public spaces: analysis of floating asymmetry in leaves of *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae). // Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 7, 2022. [электрондық ресурс] – қол жеткізу режимі: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30192>
6. Баранов С.Г., Гавриков Д.Е. Сравнение методов оценки флуктуирующей асимметрии листовой пластинки [электрондық ресурс] – қол жеткізу режимі: <http://www.recoveryfiles.ru/laws.php?ds=2250>
7. Мандра Ю.А., Еременко Р.С. Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Кисловодска на основе анализа флуктуирующей асимметрии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2010. – №91(8). – С. 140-143.
8. Солтүстік Қазақстан облысы әкімдігінің табиғи ресурстар және табиғат пайдалануды реттеу басқармасының есебі, 2022 [электрондық ресурс] – қол жеткізу режимі: <https://www.gov.kz/memleket/entities/sko-tabigat/press/article/details/33602?lang=kk>

References:

1. Shadrina E., Soldatova V., Turmukhametova N. Fluktuiruyushchaya assimetriya kak mera stressa v prirodnykh populyatsiyakh drevesnykh rasteniy: vliyaniye ekologo-geograficheskikh faktorov na stabil'nost' razvitiya. Symmetriya. 2023; 15(3):700. [elektrondyq resurs] – <https://doi.org/10.3390/sym15030700>
2. Erofeeva E.A. Zavisimost' fluktuiruyushchey assimetrii lista *Betula pendula* (Betulaceae) v usloviyakh avtomobil'nogo zagryazneniya (g. Nizhniy Novgorod) ot intensivnosti dorozhnogo zagryazneniya. Rastitel'nye resursy, 2015; №51: 366-383.
3. Soldatova V.Yu., Shadrina E.G., Novgorodova D.N. Bioindikatsionnaya otsenka kachestva sredy administrativnykh okrugov g. Yakutsk po pokazatelyam fluktuiruyushchey assimetrii i kachestva semyan berezy povisloy *Betula pendula* Roth. Izd. Saratovskiy un-t, 2018; №18: 216-224.
4. Gurtyak A.A., Uglev A.A. Otsenka sostoyaniya sredy gorodskoy territorii s ispol'zovaniem berezy povisloy v kachestve bioindikatora. Izvestiya Tomskogo politekh. universiteta, 2010; №1:200-204.
5. Costa A.C.B., Silva L.J. da, Oliveira J.P.S. Plant bioindication in urban public spaces: analysis of floating asymmetry in leaves of *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae). Research, Society and Development, 2022; 11(7). [elektrondyq resurs] – <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30192>
6. Baranov S.G., Gavrikov D.E. Sravnenie metodov otsenki fluktuiruyushchey assimetrii listovoy plastinki. [elektrondyq resurs] – <http://www.recoveryfiles.ru/laws.php?ds=2250>
7. Mandra Iu.A., Eremenko R.S. Bioindikatsionnaya otsenka sostoyaniia okruzhaiushchei sredy goroda Kislovodsk na osnove analiza fluktuiruiushchei assimetrii // Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk, 2010. – №91 (8). – S. 140-143.
8. Soltüstik Qazaqstan oblysy äkindiginiñ tabiğı resurstar jäne tabiğat paidalanudy retteu basqarmasynyñ esebi, 2022. [elektrondyq resurs] – <https://www.gov.kz/memleket/entities/sko-tabigat/press/article/details/33602?lang=kk>

Information about the author:

Maratova A.S. – corresponding author, Lecturer of the Biology Department, master, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: ms.itkulova@mail.ru.