

УДК 582.632.1+581.4+581.522.4(477.63)

Ю. М. ПЕТРУШКЕВИЧ

Донецький ботанічний сад НАН України  
вул. Маршака, 16А, Кривий Ріг, 50089

## **ВПЛИВ ПРОМИСЛОВИХ УМОВ НА ВЕЛИЧИНУ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ЛИСТКОВОЇ ПЛАСТИНКИ *BETULA PENDULA***

Досліджено мінливість морфологічних параметрів листкової пластинки *Betula pendula* Roth. в різних насадженнях за впливом урботехногенного середовища м. Кривого Рогу. Найчутливішим до впливу антропогенного чинника є показник №3: відстань між основами першої та другої жилки другого порядку (0,123), найменш - асиметрія довжини жилки листка другого порядку (0,022). Виявлено рівень флуктуючої асиметрії та інтегральний показник стабільності розвитку *B. pendula* на різних ділянках м. Кривого Рогу. Мінімальне значення коефіцієнту асиметрії (0,017) зафіксовано в насадженнях *B. pendula* Криворізького ботанічного саду НАН України, максимальне (0,101) – біля металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг». Показано, що зігнутість верхівки листка є чутливим показником рівня антропогенного впливу і техногенного забруднення на рослини.

*Ключові слова:* *Betula pendula*, флуктуюча асиметрія, інтегральний показник стабільності розвитку, зігнутість верхівки листка

Для екологічного контролю поряд з використанням фізико-хімічних методів все частіше застосовуються біологічні, які дозволяють швидко і досить точно оцінити його стан [17]. У системі біологічного моніторингу відомий широкий спектр незалежних методів: морфологічний, генетичний, фізіологічний, біохімічний, імунологічний. Найбільш простими і доступними є методи морфологічного аналізу змін у рослин під впливом забрудненого середовища [22], наприклад, дослідження шляхом оцінки флуктуючої асиметрії (ФА) морфологічних структур [6, 10, 20], що встановлюється як випадкове відхилення від ідеальної симетрії двосторонніх ознак [5, 12, 24, 26]. Асиметрія є мінімальною лише при певних (оптимальних) умовах та неспецифічно збільшується при будь-якому стресовому впливі [25]. Показник рівня ФА дозволяє фіксувати навіть незначні відмінності параметрів середніх значень на більш ранніх стадіях патологічного стану дерева, коли за іншими критеріями воно є ще «здоровим» [4]. Важливим завданням є різнобічна оцінка можливостей такого підходу для певних модельних об'єктів. Найчастіше, для вивчення обираються багаторічні деревні рослини. Такий відбір пов'язаний з низкою причин: у них щорічно формуються листки, мають значне поширення та чітко виражені ознаки, що дозволяють проводити постійний моніторинг [11].

Одним з найбільш розповсюджених видів є береза повисла (*Betula pendula* Roth.), що неодноразово використовувалася як біоіндикатор якості середовища при різних умовах зростання [1–6, 9–14, 17–20, 22–23, 25]. Дослідження рівня флуктуючої асиметрії морфологічних структур *B. pendula* в Кривому Розі були фрагментарними [19], тому важливим є більш детальне вивчення пластичних ознак асиміляційного апарату по всій території промислового міста.

Мета роботи – оцінка проявів флуктуючої асиметрії листкових пластинок *B. pendula* в насадженнях м. Кривий Ріг.

### **Матеріал і методи досліджень**

Збір матеріалу проводили після зупинки інтенсивного росту листкових пластинок, в кінці липня – на початку серпня 2016 р. Проби листків *B. pendula* були відібрані в 9 точках з різним рівнем антропогенного навантаження і техногенного забруднення в трьох районах: Металургійному, Покровському та Тернівському. Дві ділянки знаходились біля підприємств: металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» (№1) та Північного гірничо-збагачувального комбінату – ПівнГЗК (№2). Наступні три – біля проїзної частини з великим транспортним потоком: по вул. проспект Металургів (№3), вул. Електрозаводська (№4) та вул.

Байрачна (№5); ще одна була розташована на Петрівському відвалі (№6). Останні ділянки були відібрані там, де рослини в найменшій мірі підпадають під вплив чинників антропогенного походження, а тому розглядалися як контрольні. Це парк Героїв АТО (№7), сквер «Казкова поляна» (№8) та дендрарій Криворізького ботанічного саду НАН України – КБС (№9).

Кожна вибірка включала 100 зразків (з 10 дерев по 10 штук). Всього було зібрано 900 листків з 90 деревних особин. Відбір здійснювали за методичними рекомендаціями [16]: деревні рослини були приблизно однакового віку 35–45 р., листя збирали з нижньої частини крони подібного розміру з максимальної кількості доступних гілок, відносно рівномірно навколо дерева з укорочених пагонів, всі листки упаковувались в поліетиленовий пакет, в нього поміщали етикетку з назвою місця збору, зберігали в холодильнику до 2х днів.

Вимірювання проводили за 5-ма показниками в міліметрах (пункт 1–4) та градусах (пункт 5) з лівого і правого боку листової пластинки: 1 – ширина половини листка; 2 – довжина жилки листка другого порядку; 3 – відстань між основою першої і другої жилок другого порядку; 4 – відстань між кінцями першої і другої жилок другого порядку; 5 – кут між головною жилкою і другою від основи листка жилкою другого порядку.

При аналізі комплексу морфологічних ознак використовували інтегральний показник за методикою В. М. Захарова [8]. Ступінь порушення стабільності розвитку *V. pendula* оцінювали за п'ятибальною шкалою (табл. 1).

Кожному балу, вказаному в таблиці 1, відповідає певне значення стабільності розвитку: 1 бал характеризує стабільність умовної норми; 2 бали – відображають незначне відхилення від норми; 3 бали – середній рівень відхилення від норми; 4 бали – значне відхилення від норми; 5 – критичний стан.

Таблиця 1

Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку

Бал	Величина показника стабільності розвитку
I	< 0,040
II	0,040–0,044
III	0,045–0,049
IV	0,050–0,054
V	> 0,054

Статистичні дані обчислювали за допомогою пакета програм Microsoft Excel. Достовірність відмінностей між вибірками визначалася за t-критерієм Стьюдента.

### Результати досліджень та їх обговорення

За результатами замірів та статистичної обробки величини асиметрії по 5 параметрам листової пластинки найбільш стійкою виявилась ознака №2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку (0,022), середні значення якої варіювали від 0,01 до 0,03 на різних дослідних ділянках (рис. 1).

По параметру №3 (відстань між основами першої та другої жилки другого порядку) розбіжність між показниками лівої і правої сторони листка виявилась максимальною (0,123), величина асиметрії досягає 0,24 (на ділянці №1).



Рис. 1. Шкала чутливості асиметрії морфологічних ознак листової пластинки *Betula pendula* до стресового впливу в насадженнях м. Кривий Ріг

За ступенем збільшення порушення симетрії ознаки утворили наступну послідовність: 2>5>1>4>3.

В ході проведення досліджень було встановлено загальний показник асиметрії морфологічних параметрів листової пластинки дерев *B. pendula*. Виявлені відмінності по величині ФА, що є сукупним відображенням порушення стабільності розвитку листка даного виду на різних ділянках (рис. 2).

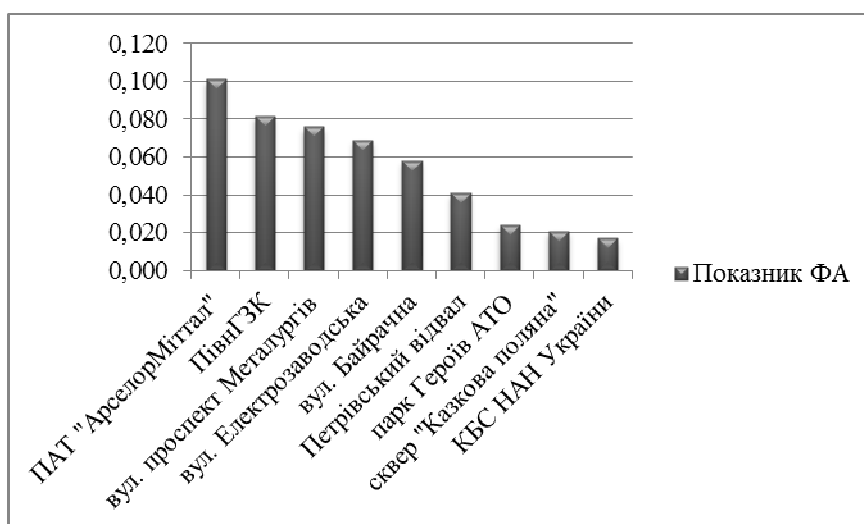


Рис. 2. Показники рівня флуктуючої асиметрії листових пластинок *Betula pendula* в насадженнях м. Кривий Ріг

Максимальний показник ФА *B. pendula* відмічений на ділянках 1 (ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг») та 2 (ПівніГЗК), що мають значення 0,101 та 0,082 відповідно (рис.2). Порівняно з даними контрольної ділянки №9 (КБС НАН України) відмінності досягають 0,084 та 0,065. На ділянках 3-6 коефіцієнт ФА коливається в межах 0,042–0,076. Мінімальні порушення симетрії спостерігаються в паркових насадженнях (ділянки 7–9) та не перевищують 0,024. Для всіх вище перерахованих досліджуваних ділянок, крім тих, що розташовані на умовно чистих територіях, характерний високий рівень достовірності за t - критерієм Стьюдента при  $p=0,99$ .

За шкалою оцінки відхилень стану організму від умов було визначено величину інтегрального показника стабільності розвитку для *B. pendula* (табл. 2).

Як видно з таблиці 2, стабільність розвитку характеризується різними балами. В паркових ділянках (7–9) інтегральний показник *B. pendula* відповідає балу I (33%), що свідчить про сприятливі умови навколишнього середовища. Незначний рівень відхилення від норми наявний у насаджень, що зростають на Петрівському відвалі (6) та оцінений в II бали (11%).

Максимальні значення порушення стабільності розвитку відмічені у дерев, які зростають на ділянках з великим промисловим і транспортним навантаженням (56%). Дані території (1-5) оцінені в 5 балів і характеризують «критичний» стан середовища.

Таблиця 2

Інтегральний показник стабільності розвитку *B. pendula*

Бал	Величина показника стабільності розвитку
I	Д <sub>7</sub> , Д <sub>8</sub> , Д <sub>9</sub>
II	Д <sub>6</sub>
III	-
IV	-
V	Д <sub>1</sub> , Д <sub>2</sub> , Д <sub>3</sub> , Д <sub>4</sub> , Д <sub>5</sub>

Отже, використання інтегрального показника флуктуючої асиметрії, розрахованого на основі пластичних показників листкової пластинки, відображає значні відмінності в стабільності розвитку *B. pendula* в залежності від рівня техногенного навантаження.

В багатьох літературних джерелах зазначають, що на стабільність розвитку *B. pendula* впливає не тільки антропогенний фактор (викиди промислових підприємств та вихлопні гази автотранспорту) [9, 14, 18, 20]. Значний вплив спричиняють абіотичні (затінення, бідний ґрунт, вологість повітря, середня температура повітря, клімат) [1, 3, 5, 23] та біотичні (видова та міжвидова конкуренція, гриби) [2, 21]. Сукупно всі фактори завдають суттєвого навантаження на рослинні насадження, що може відобразитись на зміні морфологічних ознак асиміляційного апарату *B. pendula*.

На основі промірів п'яти діагностичних ознак нами визначено направленість асиметрії листкової пластинки *B. pendula*. У ході дослідження встановлено переважання показників середніх значень в ліву сторону (L) на 3-х ділянках: біля підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг» (53%), по вулиці просп. Металургів (60%) та по вул. Електрозаводська (55%); переважання в праву сторону (R) на 2-х ділянках: біля підприємства ПівнГЗК (53%) та по вул. Байрачна (45%), а також без переважання в певну сторону (L=R) на 4 ділянках: насадження на Петрівському відвалі (відсутність асиметрії – 43%), в парку Героїв АТО (51%), в сквері «Казкова поляна» (60%) та КБС НАН України (69%) (рис. 3).

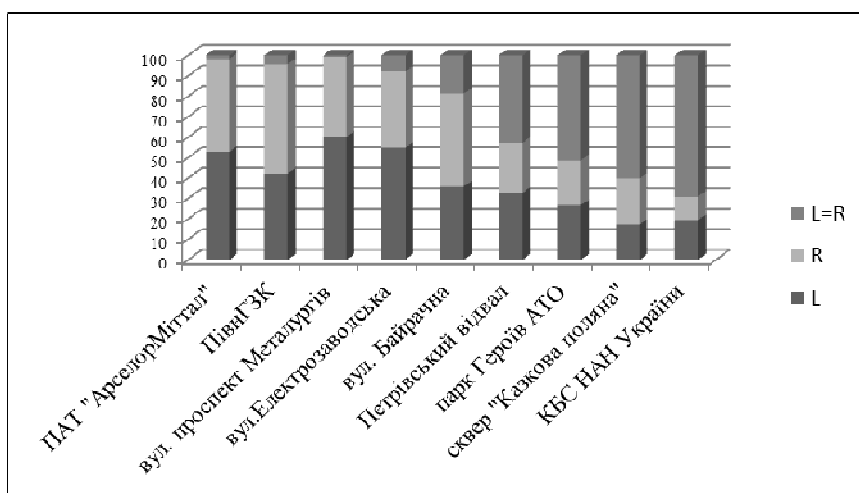


Рис. 3. Направленість флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula pendula* в насадженнях м. Кривого Рогу

Виявлено тенденцію до зміни напрямлення асиметрії з півдня на північ на ділянках з підвищеним рівнем забруднення (ділянки 1–5). За нашими дослідженнями, в Металургійному районі (ділянки 1 та 3), що знаходиться в південній частині міста, кількість листків з лівосторонньою асиметрією становила 56%, з направленість в праву сторону – 42%. На

четвертій ділянці, що розміщена в центрі міста, направленість асиметрії також переважала в ліву сторону і дорівнювала 55%, правостороння – 37%. У Тернівському районі, який розташований на півночі Кривого Рогу, на ділянках 2 і 5 направленість асиметрії в праву сторону переважала від лівосторонньої на 10% і становила 49%.

Порівнюючи дані між крайніми районами, можна зазначити, що відмінність між показниками направленості асиметрії істотно відрізняється: кількість листків з лівосторонньою асиметрією у Металургійному районі більша на 17% від числа листкових пластинок Тернівського з даною особливістю, а правостороння менша на 7%.

Окремо фіксувалася «зігнутість» верхівки листка, яка також є чутливою ознакою до рівня техногенного забруднення [15]. В даному випадку, показники цього параметру підтвердили значення флюктуючої асиметрії, коефіцієнт варіації якого досягав 38%, що говорить про середній рівень мінливості даних. Найбільша кількість листків з зігнутою верхівкою виявлена у дерев, що зростають на ділянках 1 і 2 (ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та ПівнГЗК) загальна сума яких складала 73. Дещо нижчі значення наявні ділянках 3,4,5, які знаходяться біля проїзної частини: 24, 21 та 19 листків відповідно; на Петрівському відвалі – 9, а на ділянках з мінімальним рівнем забруднення (№7–9) не перевищувала 7 листків.

В цілому, на ділянках з максимальним рівнем забруднення виявлено 137 листків із зігнутою верхівкою (1–5), у зоні з незначним рівнем забруднення – 9 (ділянка б), в паркових зонах (7–9) загальна кількість становила 19.

Оцінюючи загальний показник флюктуючої асиметрії листової пластинки деревостанів, як зазначає Л.С. Аралбаєва та ін. [1], важливо відмітити, що, незважаючи на збільшення техногенного пресу та погіршення якості середовища, насадження *B. pendula* здатні достатньо успішно зростати та виконувати захисні функції при даному типі забруднення. Хоча, за нашими дослідженнями, в умовах Кривого Рогу, *B. pendula* вже в 35–40 річному віці починає згасати: з'являється суховершинність, знижується декоративність тощо.

#### Висновки

1. Найчутливішими до впливу урботехногенного середовища на флюктуючу асиметрію листової пластинки *Betula pendula* є показники №3 параметру – відстань між основами першої та другої жилки другого порядку, середнє значення якого становить 0,123 см.
2. Параметр №2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку, є найбільш стійким до впливу факторів техногенного забруднення середовища, асиметрія не перевищує 0,022 см.
3. На основі обчислення середнього значення ФА встановлена залежність порушення рівня симетрії від забруднення: найбільшого техногенного пресу *B. pendula* зазнає в насадженнях, що знаходяться біля промислових підприємств та уздовж вулиць з інтенсивним транспортним потоком (межі коливання від 0,058 до 0,101); незначний рівень негативного впливу наявний на Петрівському відвалі (0,042). Найсприятливішими умовами зростання для даного виду є паркові зони (значення не перевищують 0,024).
4. Визначено направленість асиметрії на досліджуваних ділянках та виявлено тенденцію до зміни від лівосторонньої асиметрії до правосторонньої в залежності від місцезростання досліджуваного об'єкту (з півдня на північ). Установлено переважання асиметричності в ліву сторону в південному Металургійному районі на 17% відносно північного Тернівського.
5. Додатковим чутливим показником до рівня антропогенного забруднення є зігнутість верхівки листка, де зі збільшенням стресу у рослин підвищується кількість листків з даною ознакою (до 38% в цьому дослідженні).

1. Аралбаєва Л. С. Оценка относительного жизненного состояния и стабильности развития берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) города Салават / Л. С. Аралбаева, Р. В. Уразгильдин, А. Ю. Кулагин // Вестник ОГУ. — 2009. — № 6. — С. 39—42.
2. Баландайкин М. Э. Взаимосвязь действия инфекционного начала *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. на берёзу и величины интегрального показателя флуктуирующей асимметрии ассимиляционного

- аппарата / М. Э. Баландайкин // Вопросы современной науки и практики. — 2012. — №3 (41). — С. 15—22.
3. *Беляева Ю. В.* Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth в естественных и антропогенных условиях Тольятти / Ю. В. Беляева // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. — 2013. — Т. 23, № 3. — С. 167—174.
  4. *Гелашвили Д. Б.* Влияние лесопатологического состояния берёзы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки / [Д. Б. Гелашвили и др.] // Поволжский экологический журнал. — 2007. — № 2. — С. 106—115.
  5. *Гуртяк А. А.* Оценка состояния среды городской территории с использованием березы повислой в качестве биоиндикатора / А. А. Гуртяк, В. В. Углев // Известия Томского политехнического университета. — 2010. — Т. 317, № 1. — С. 200—204.
  6. *Ерофеева Е. А.* Морфогенетические и биохимические аспекты оценки стабильности развития на примере листовых пластинок березы повислой (*Betula pendula* Roth.) / Е. А. Ерофеева, М. М. Наумова, А. А. Нижегородцев // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. — 2007. — № 5. — С. 75—77.
  7. *Зайцев Г. Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. — М.: Наука, 1984. — 424 с.
  8. *Захаров В. М.* Здоровье среды: практика оценки / [В. М. Захаров, А. Т. Чубинишвили, С. Г. Дмитриев и др.]. — М., 2000. — 320 с.
  9. *Звягинцева О. Ю.* Оценка качества атмосферного воздуха по величине флуктуирующей асимметрии березы повислой (на примере урбанизированных и ООПТ Восточного Забайкалья) / О. Ю. Звягинцева // Вестник КрасГАУ. — 2012. — № 7. — С. 78—82.
  10. *Зеленская Т. Г.* Анализ проявления флуктуирующей асимметрии у листьев березы повислой в зависимости от степени загрязнения окружающей среды г. Невинномысска [Электронный ресурс] / Т. Г. Зеленская, Ю. А. Мандра, М. И. Юшина // Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education (18-27 December), 2012. — Режим доступа к журналу: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/december-2012>
  11. *Калаев В. Н.* Биоиндикация загрязнения районов г. Воронежа по величине флуктуирующей асимметрии / [В. Н. Калаев, И. В. Игнатова, В. В. Третьякова, и др.]. // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2011. — № 2. — С. 168—175.
  12. *Кряжева Н. Г.* Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения / Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова., В. М. Захаров // Экология. — 1996. — № 6. — С. 441—444.
  13. *Малащенко В. В.* Стабильность развития *Betula pendula* Roth. в урбозкосистемах Гомельского Полесья / В.В. Малащенко, Л.В. Старшикова, Е. С. Гайдученко // Вестник Мазырскага дзержаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І.П. Шамякіна. — 2013. — Вып. 2 (39). — С. 19—26.
  14. *Мандра Ю. А.* Биоиндикационная оценка состояния окружающей среды города Кисловодска на основе анализа флуктуирующей асимметрии / Ю. А. Мандра, Р. С. Еременко // Известия Самарского научного центра РАН. — 2010. — Т. 12, № 1 (8). — С. 1990—1994.
  15. *Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Біоіндикація і біотестування»* призначені для студентів магістрів спец. 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища» — Житомир: ЖДТУ, 2014. — 25 с.
  16. *Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур)* / [В. М. Захаров и др.] / Министерство природных ресурсов РФ. — М., 2003. — 24 с.
  17. *Петункина Л. О.* Берёза повислая как индикатор качества городской среды / Л. О. Петункина, А. С. Сарсацкая // Вестник Кемеровского государственного университета. — 2015. — Т. 3, № 4 (64). — С. 68—71.
  18. *Савинцева Л. С.* Оценка качества урбаноcреды г. Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) / Л. С. Савинцева, Т. Л. Егошина, В. В. Ширяев // Вестник удмуртского университета. — 2012. — Вып. 2. — С.31—37.
  19. *Савосько В. М.* Флюктууюча асиметрія листків берези повислої в умовах аеротехногенного забруднення Криворіжжя / В. М. Савосько, О. М. Католіченко // Питання біоіндикації та екології. — Запоріжжя: ЗНУ. — 2014. — Вип. 19, № 2. — С. 90—102.
  20. *Собчак Р. О.* Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth / Р. О. Собчак, Т. Г. Афанасьева, М. А. Копылов // Вестник Томского государственного университета. — 2013. — № 368. — С. 195—199.

21. Солдатова В. Ю. Флуктуирующая асимметрия берёзы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества городской среды и территорий, подверженных антропогенному воздействию (на примере Якутии): Автореф. дис. к.б.н. / В. Ю. Солдатова — Якутия, 2006. — 18 с.
22. Турмухаметова Н. В. Морфологический подход к оценке состояния среды по асимметрии листа *Betula pendula* Roth и *Fragaria vesca* L. / Н. В. Турмухаметова, И. В. Шивцова / Лесной вестник. — 2007. — № 5. — С. 140—143.
23. Хикматуллина Г. Р. Сравнение морфологических признаков листа в условиях урбаноcреды / Г. Р. Хикматуллина // Вестник Удмуртского университета. — 2013. — Вып. 2. — С. 48—56.
24. Bjorksten T. Fluctuating asymmetry of sexual and nonsexual traits in stalk-eyed flies: a poor indicator of developmental stress and genetic quality / T. Bjorksten, P. David, A. Pomiankowski & K. Fowler // J. Evol. Biol. — 1999. — Vol. 13, Issue 1. — P. 89—97.
25. Lobkov V. T. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* leaves as a bioindicator of aerotechnogenic pollution of agrolandscapes / V. T. Lobkov, J. V. Vetrova // Vestnik OreIGAU. — 2014. — 2(47). — С. 19—22.
26. Palmer A. Fluctuating asymmetry and developmental stability: heritability of observable variation vs. heritability of inferred cause / A. Palmer, C. Strobeck // Journal of evolutionary biology. — 1997. — 10(1). — 39—49.

Ю. М. Петрушкевич

Донецкий ботанический сад НАН Украины

#### ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЙ НА ВЕЛИЧИНУ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *BETULA PENDULA*

Исследована изменчивость морфологических параметров листовой пластинки *Betula pendula* Roth. в различных насаждениях под влиянием урботехногенной среды г. Кривого Рога. Наиболее чувствительным к воздействию антропогенного фактора является показатель №3: расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка (0,123), наименее - асимметрия длины жилки листа второго порядка (0,022). Выявлен уровень флуктуирующей асимметрии и интегральный показатель стабильности развития *B. pendula* на различных участках г. Кривого Рога. Минимальное значение коэффициента асимметрии (0,017) зафиксировано в насаждениях *B. pendula* Криворожского ботанического сада НАН Украины, максимальное (0,101) - возле металлургического комбината «АрселорМиттал Кривой Рог». Показано, что изогнутость верхушки листа является чувствительным показателем уровня антропогенного воздействия и техногенного загрязнения на растения.

*Ключевые слова:* *Betula pendula*, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития, изогнутость верхушки листа

Y. M. Petrushkevich

Donetsk Botanical Garden of NAS of Ukraine

#### INFLUENCE OF INDUSTRIAL CONDITIONS ON THE FLUCTUATING ASYMMETRY MAGNITUDE OF LEAF BLADE OF *BETULA PENDULA*

Often, for ecological control environment, along with the use of physical and chemical methods are used biological methods, which let you quickly and accurately assess his condition. The most simple and accessible method is the morphological analysis of changes in the plants under the influence of polluted environment. For example, research by evaluating fluctuating asymmetry (FA) of morphological structures, that the installed as random deviations from perfect symmetry bilateral characteristic.

Index of FA enables to fix even minor variations of average values at earlier stages of disease state tree when the other criteria it is still "healthy." The important task is versatile evaluation capabilities of this approach for certain model objects. Often, elected to study perennial woody plants including silver birch (*Betula pendula* Roth.). Its repeatedly was selected as bioindicators of quality environment in different growth conditions. The study of fluctuating asymmetry morphological structures of *B. pendula* were partly in the Krivoy Rog city. Therefore, the main objective was to

evaluate the expressions of fluctuating asymmetry leaf blades of the *B. pendula* according to 5 parameters in stands of Krivoy Rog.

For the study was chosen nine key areas with different levels of anthropogenic load and of technogenic pollution in three areas: Metallurgical, Pokrovsky and Ternovskii. From each area were collected 100 samples (from 10 trees to 10 leaves).

The measurement was carried out by 5 indicators in the millimeters (item 1 - 4) and degrees (item 5) on the left and right side of the leaf blade: 1 - the width of the leaf halves; 2 - the length of the leaf vein of the second order; 3 - the distance between the base of the first and second vein of the second order; 4 - the distance between the ends of the first and second veins of the second order; 5 - the corner between the main vein and the second vein of second order from the basis of the leaf. The level of instability of *B. pendula* evaluated by the method of V. Zakharov on the 5-point scale.

A result of research showed that the parameter number 3 (the distance between bases of the first and second vein of the second order) is the most sensitive to the influence of the anthropogenic factor: (0,123), the least sensitive one is the parameter of length asymmetry of the leaf vein of the second order (0,022). We established the general indicator asymmetry of morphological parameters of leaf blade of the *B. pendula*. We found differences in the magnitude of the FA, which is a reflection of aggregate instability the leaf of this type in various areas. We determined the value of stable progress for the *B. pendula*. Integrated parameter of the *B. pendula* corresponds to score 1 (33%) in the park areas (7-9). It testifies about favorable environment. Negligible level of abnormal available in stands, that grow on Petrovsky dumps (6) and was evaluated estimated at two result points (11%). The maximum value of marked instability in the trees that grow in areas with large industrial and transport load (56%). These areas (1-5) characterize the "critical" state of the environment and valued at 5 points.

We determined orientation of asymmetry of leaf blade *B. pendula*. We founded a tendency to change the direction asymmetry of from south to north in areas with high levels of pollution (areas 1-5).

"Camber" top of leaf is more sensitive indicator of the level of man-made pollution, which with increasing stress in plants increases the number of leaves on this basis (up 38%).

*Key words: Betula pendula, fluctuating asymmetry, stable progress, curved surface of the leaf tip*

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 04.09.2017