

11. *Кудряшев П. В.* Ведение хозяйства в государственных защитных лесных полосах. – М., 1985. – 77с.
12. *Лавриненко Д. Д.* Значение типов леса в лесном хозяйстве. // Труды совещ. по лесной типологии. – М.: АН СССР, 1951. – с.56–66.
13. *Логгінов Б. И.* Деревні та чагарникові породи для полезахисних смуг зони південних чорноземів УРСР. // Збірник робіт з полезахисного лісорозведення. – Харків, 1940. – с.18–24.
14. *Лохматов Н. А.* Методические указания по рубкам ухода в дубовых порослевых молодняках степной зоны УССР. – Харьков, 1973. 16с.
15. *Милосердов М. М.* Ефективність полезахисних лісових смуг. – Київ: Урожай, 1971. – 190 с.
16. *Погребняк П. С.* Лісова екологія та типологія лісів. К.: Наукова думка, 1993. – 487 с.
17. *Свириденко В. Е.* Лісівництво. Київ, 2006. – 531 с.
18. *Сидельник Н. А.* Некоторые вопросы массивного лесоразведения в степи и перспективные типы культур для степной зоны Украины. // Искусственные леса степной зоны Украины. – Харьков: ХГУ, 1960. – с.85–133.

*Надійшла до редколегії*

УДК 582.632.1:581.141(477.63)

**Ю. М. Петрушкевич**

*Донецький ботанічний сад НАН України*

### **НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ *BETULA PENDULA* ROTH. В НАСАДЖЕННЯХ КРИВОГО РОГУ**

Досліджено насіннєву продуктивність та посівні якості насіння у восьми насаджень *Betula pendula* Roth., які підпадають під негативний вплив вихлопних газів автотранспорту та викидів промислових підприємств в Кривому Розі. У результаті досліджень виявлено зменшення розмірів жіночих сережок, збільшення кількості насіння, а також зниження чистоти, маси 1000 насінин, доброякісності, енергії проростання та схожості насіння з підвищенням рівня забруднення. Дані показники є чутливими до різного кількісно-якісного впливу техногенного навантаження, тому їх можна використовувати в біомоніторингу та біоіндикації довкілля.

*Ключові слова:* *Betula pendula* Roth., жіночі сережки, насіннєва продуктивність, посівні якості насіння, забруднення, Кривий Ріг.

**Ю. Н. Петрушкевич**

*Донецкий ботанический сад НАН Украины*

### **СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН *BETULA PENDULA* ROTH. В НАСАЖДЕНИЯХ КРИВОГО РОГА**

Исследована семенная продуктивность и посевные качества семян у восьми насаждений *Betula pendula* Roth., которые подвергаются негативному влиянию выхлопных газов автотранспорта и выбросов промышленных предприятий в Кривом Роге. В результате исследований выявлено уменьшение размеров женских сережек, увеличение количества семян, а также снижение чистоты, массы 1000 семян, доброкачественности, энергии прорастания и всхожести семян с повышением уровня загрязнения. Эти показатели чувствительны к разному количественно-каче-

ственному впливню техногенної загрузки, поэтому их можно использовать в биомониторинге и биоиндикации окружающей среды.

*Ключевые слова:* *Betula pendula* Roth., женские сережки, семенная продуктивность, посевные качества семян, загрязнение, Кривой Рог.

**Yu. M. Petrushkevich**

*Donetsk Botanical Garden of NAS of Ukraine*

## THE SEED PRODUCTION AND SOWING SEED QUALITY OF *BETULA PENDULA* ROTH. IN THE KRYVYI RIH PLANTATIONS

We investigated the seed production and sowing seed quality from eight plantations of *Betula pendula* Roth., which are subject to the negative influence of exhaust gases of motor vehicles and emissions from industrial enterprises in Kryvyi Rih. In seven plantations, we revealed such changes in some morphometric parameters of female catkins: decreasing length of the petiole to 21.4 % (to 1.3 times), and the length of the catkin to 10.8 % (to 1.1 times), as well as the width of the catkin to 33.3 % (to 1.5 times); increasing of the quantity of seeds in catkins to 43.5 % (to 1.4 times) compared to the control, except the plantings near "ArcelorMittal Kryvyi Rih", where the quantity of seeds was 21.1 % lower than in the botanical garden; increasing quantity of scales in all sites to 32.0 % (to 1.3 times); reducing percentage of pure seeds to 2.7 %; declining weight of 1000 seeds up to 20.3 % (to 1.3 times), and seed adequacy to 60 % (to 2.5 times); lowering germinative energy up to 92.9 % (to 14 times), and seed germination to 94.4 % (to 17.7 times). All these changes are due to increasing level of technogenic pollution. We ascertained that additional effect is caused by geographical location of plants and climatic factor. The seed adequacy, germinative energy, and seed germination are most sensitive indicators, which can be used for the environmental assessment.

*Keywords* *Betula pendula* Roth., female catkins, seed production, sowing seed quality, pollution, Kryvyi Rih.

Для глибокої та об'єктивної оцінки характеру і ступеня внутрішньовидової диференціації найбільш ефективними є комплексні дослідження, що передбачають вивчення різноманітних якісних і кількісних показників. У зв'язку з цим паралельно з морфологічними ознаками вегетативної та генеративної сфер доцільним є вивчення біологічних властивостей насіння, що багато в чому характеризує стійкість рослин, стабільність їх популяцій, здатність до самовідтворення [13]. Під впливом різних екологічних факторів у рослин спостерігається мінливість показників за цілою низкою ознак: за кольором, вагою та кількістю їх на одному дереві, схожістю і енергією проростання, повнозернистістю, вмістом масел і т. д. [15]. Однак, суттєві зміни в репродуктивній сфері спричиняє техногенне забруднення навколишнього середовища, яке призводить до зменшення продуктивності [23] та погіршення якості насіння різних видів рослин [27].

Як відомо, представники родини Betulaceae досить чутливо реагують на зміни в середовищі, особливо внаслідок дії аерополітантів [12], тому деякі автори пропонують використовувати їх насіннюву продуктивність для біоіндикації та біомоніторингу довкілля [22]. До того ж, вони щорічно плодоносять та дають велику кількість насіння, тому їх зручно обирати для подібного роду досліджень [16].

Мета роботи – аналіз насіннювої продуктивності та посівних якостей насіння у різних насаджень *Betula pendula* Roth. за дії на них вихлопних газів автотранспорту та викидів промислових підприємств.

**Матеріали та методи досліджень.** В кінці липня – на початку серпня 2017 року було зібрано по 50 жіночих сережок з 10 дерев *B. pendula* восьми насаджень в м. Кривий Ріг, які розташовані приблизно по всій довжині міста (126 км) в трьох районах: Тернівському, Покровському та Металургійному. Насадження № 1, 2, 3 знаходились у відносно чистих умовах – Криворізький ботанічний сад

НАН України (КБС), сквер «Поляна казок», парк Героїв АТО; № 4–6 – біля доріг з інтенсивним автотранспортним рухом: по вул. Черкасова, вул. Електрозаводська, біля проспекту Металургів; останні два – № 8 і № 9 – розташовані біля промислових підприємств – ПРАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПРАТ «ПівнГЗК») та ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» відповідно. Насадження *B. pendula* в дендрарії КБС використовували як контроль.

Морфометричні параметри сережок (довжина черешка, довжина та ширина сережки) вимірювали за допомогою штангенциркуля, в кожній сережці підраховували кількість насінин та лусок. Чистоту насіння визначали згідно ГОСТу 13056.2-89. [7], виділену фракцію чистого насіння в подальшому використовували для інших досліджень. Масу 1000 шт. насінин установлювали за ГОСТом 13056.4-67. [4], доброякісність (повнозернистість) – за методом С. Г. Навашина [3; 6], а схожість та енергію проростання – згідно ГОСТу 13056.6-97. [5], за яким пророщування здійснювалося в 3 пробах по 100 насінин, а облік результатів супроводжувався на 3-й, 5-й, 7-й, 10-й і 15-й дні. Отримані результати були опрацьовані статистично в MS Excel 2007, достовірність відмінностей визначено за *t*-критерієм Стьюдента [11].

**Результати та їх обговорення.** Береза повисла (*Betula pendula* Roth.) – одноплодна роздільностатева рослина [21]. Квітки зібрані у вузько циліндричні сережки, які бувають 2 видів: чоловічі – звисаючі, що розташовуються по 2–4 на кінцях видовжених пагонів, жіночі (плодові) – дуже тонкі, які стоять вертикально на кінцях укорочених пагонів. Цвіте разом з появою листків в березні-травні [2; 16], плодоносить в серпні-жовтні [14]. У цей час плодові сережки стають сухими, світло-коричневими або темно-жовтуватими, досягають 27–40 мм довжини та 5–10 мм ширини і швидко поширюються вітром, розкидаючи плоди та трилопатеві плодові луски. Плід – світло-коричневий горішок [16] до 3,5 мм довжиною та 2,5 мм шириною, продовгувато-еліптичний, темно-жовтий з двома світлими крильцями, які в 2 рази ширші за горішок та підносяться над його основою. В одній плодовій сережці може міститися від 400 до 700 горішків, маса 1000 шт. – від 0,15 до 0,20 г [24]. Плодові луски 3,5–5,1 мм довжиною, 3,0–4,3 мм шириною, бурі з зеленуватим відтінком, зверху коротко волосисті, середня лопать коротка, овально-трикутна, бічні лопаті більш довгі, трохи зігнуті вниз, округлі. Насіння крупне, заповнює всю порожнину плоду, насінневі зачатки звисаючі; насіннева шкірка напівпрозора, дуже тонка, зародок заповнює всю порожнину насіння, сім'ядолі овальні [19].

За нашими дослідженнями в умовах Кривого Рогу розміри жіночих сережок та кількість насіння в них у рослин *B. pendula* були типовими для даного виду, однак, в різних насадженнях з різним рівнем техногенного навантаження відмічались зміни цих параметрів, які суттєво відрізнялись від контролю залежно від місця зростання (табл. 1).

Так, найвищі значення довжини черешка були відмічені в контролі та в сквері «Поляна казок» (по 1,4 см). Дещо нижчими були показники у дерев, що ростуть по вул. Черкасова, вул. Електрозаводська та біля ПРАТ «ПівнГЗК», довжина черешка зменшилася на 7,1 % в кожному із цих насаджень, а по проспекту.

Металургів та в парку Героїв АТО – на 14,3 % порівняно з КБС. Найкоротші черешки були зафіксовані у рослин біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та були меншими від контролю на 21,4 %. Достовірні відмінності між показниками виявлені у останніх трьох насадженнях, які розташовані в Металургійному районі на півдні міста. Довжина сережки, як один із показників розміру суцвіття, змінювалась від 3,7 см (у ботанічному саду) до 3,3 см (ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»). Так, у дерев, що ростуть біля автотранспортних шляхів вона скоротилась в середньому на 7,2 %, біля ПРАТ «ПівнГЗК» – лише на 5,4 %, а біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – на 10,8 % порівняно з контролем. Ширина жіно-

чих сережок досягала 1,2 см – в КБС. Достовірні відмінності між показниками за  $t$ -критерієм Стьюдента відмічались в усіх насадженнях, окрім скверу «Поляна казок», і досягали 33,3 % (біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – 0,8 см.).

Таблиця 1

**Морфометричні параметри жіночих (плодових) сережок *Betula pendula* Roth. в різних насадженнях м. Кривий Ріг**

№	Місцезростання насаджень	Довжина черешка, см	Довжина сережки, см	Ширина сережки, см	Кількість насінин, шт.	Кількість лусок, шт.
1	КБС НАН України (контроль)	1,4±0,04	3,7±0,10	1,2±0,03	446,9±12,41	175,9±4,32
2	сквер «Поляна казок»	1,4±0,05	3,6±0,08	1,1±0,02	451,5±19,14	228,7±5,19***
3	парк Героїв АТО	1,2±0,04**	3,7±0,08	0,9±0,01***	523,2±15,97***	210,6±6,83***
4	вул. Черкасова	1,3±0,05	3,5±0,08*	1,0±0,02***	573,9±18,90***	209,7±6,55***
5	вул. Електрозаводська	1,3±0,05	3,4±0,08*	1,0±0,02***	546,3±20,87***	230,7±7,12***
6	просп. Металургів	1,2±0,04**	3,4±0,08**	0,9±0,02***	463,9±20,91***	206,0±6,59***
7	ПРАТ «ПівніГЗК»	1,3±0,05	3,5±0,08*	1,0±0,02***	641,4±14,30***	232,2±4,91***
8	ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»	1,1±0,05***	3,3±0,11**	0,8±0,03***	352,5±19,26***	186,0±9,31

Нами виявлено, що найменші біометричні параметри жіночих сережок *B. pendula* були у рослин, що ростуть південніше від всіх інших. Очевидно, що суттєвий вплив здійснюють й інші фактори: температура, кількість опадів та географічне розташування. А тому, підвищена температура (на півдні міста на 5–7 °С вище, ніж в півночі), відсутність достатньої кількості атмосферних опадів, а також негативний вплив вихлопних газів автотранспорту і викидів з ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг», який вважається одним із найбільших промислових підприємств у місті і за кількістю викидів забруднюючих речовин у середовищі займає перше місце в Кривому Розі [9], затримують нормальний розвиток генеративних органів, що відображається на їх розмірах. Такі зміни є відповідною реакцією рослин до комплексного впливу екологічних факторів. До того ж, біля вищезазначеного металургійного комбінату спостерігалися не тільки мінімальні розміри сережок, а і їх деформування (рис.1).



**Рис. 1. Загальний вигляд жіночих сережок *Betula pendula* Roth.: А – в контролі; Б – біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»**

Примітка: дані є достовірно відмінними на рівні 95 % – \*, 99 % – \*\* та 99,9% – \*\*\*.

В кожній сережці в різних насадженнях варіювала кількість насінин від 352,5 шт. до 641,4 шт. та лусок – від 175,9 шт. до 232,2 шт. По відношенню до контролю даний параметр збільшувався з підвищенням забруднення: так, біля доріг з інтенсивним автотранспортним рухом кількість насінин в середньому була вища на 18,2 % порівняно з КБС, а біля ПРАТ «ПівнГЗК» цей показник перевищував контроль на 43,5 %. Винятком серед досліджених дерев були сережки з ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», в яких кількість насінин була менша, ніж в ботанічному саду на 21,1 %. Що стосується іншого показника, то кількість лусок була вищою в усіх насадженнях від 5,7 % до 32,0 %, ніж у КБС залежно від місця зростання рослин *B. pendula*.

Збільшення кількості насіння вчені пояснюють як адаптивну реакцію рослин на техногенний стрес [2; 10]. Однак, отримані дані біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», де кількість насіння у плодкових сережках *B. pendula* була нижчою від контролю, свідчать про те, що у рослин недостатньо внутрішнього потенціалу для створення адаптивних механізмів на негативний вплив шкідливих викидів в надмірно високих дозах з металургійного комбінату.

**Посівні якості насіння** – сукупність біологічних властивостей і господарських ознак насіння, які відображають особливості насінневого відновлення і є важливими при вивченні життєздатності рослин, які підпадають під різний кількісно-якісний вплив аерополітантів. Для дослідження його характеристик рекомендують використовувати попередньо відібране чисте насіння [3]. При визначенні чистоти зважують 1 г насіння *B. pendula*, потім розділяють його на три фракції (чисте насіння, відходи та домішки), які після цього зважують окремо і на основі отриманих даних визначають відсоток чистого насіння [7].

За нашими даними, вже на етапі його відбору було виявлено зниження відсотку чистоти насіння у різних насадженнях *B. pendula* з підвищенням рівня техногенного навантаження на території Кривого Рогу (табл. 2).

Таблиця 2

**Посівні якості насіння *Betula pendula* Roth. в різних насадженнях м. Кривий Ріг**

№	Місцезростання насаджень	Чистота насіння, 1 гр.			Маса 1000 насінин, гр.	Кількість доброякісного насіння (за методом Навашина), у %
		Чисте, у %	Відходи, у %	Домішки, у %		
1	КБС НАН України (к)	99,6	0,2	0,2	0,158	65,0±2,55
2	сквер "Поляна казок"	99,5	0,4	0,1	0,150	62,7±3,63
3	парк Героїв АТО	99,6	0,1	0,3	0,158	53,3±4,49*
4	вул. Черкасова	99,3	0,1	0,6	0,146	55,0±3,74*
5	вул. Електрозаводська	98,9	0,3	0,8	0,137	44,0±3,08***
6	просп. Металургів	98,8	0,5	0,7	0,144	38,3±3,49***
7	ПРАТ «ПівнГЗК»	98,5	0,2	1,3	0,130	34,7±1,63***
8	ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг"	96,9	1,4	1,7	0,126	26,0±1,41***

Примітка: розходження між наважками при аналізі чистоти та доброякісності не перевищує допустимі норми за ГОСТами 13056.2-89. та 13056.8-97.

Так, найбільший відсоток чистого насіння було зафіксовано в КБС НАН України та парку Героїв АТО (по 99,9 %), який поступово знижувався з підвищенням рівня антропогенного забруднення. Біля доріг з інтенсивним автотранспортним рухом кількість чистого насіння зменшилась на 0,6 %, біля ПРАТ «ПівнГЗК» – на 0,7 %, а біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – на 2,7 % порівняно з контролем. В усіх насадженнях у насінні було виявлено відходи (пусте, проросле, уражене хворобами та пошкоджене гризунами і комахами насіння), кількість яких не перевищувала 0,5 %, крім тих рослин, що ростуть біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – 1,4 %, що у 7 разів більше від значень у КБС. Остання фракція – домішки (насіння дерев і чагарників інших видів; насіння бур'янів; живі шкідники насіння, їх личинки і лялечки; мертве сміття: грудочки землі, камінчики, пісок, листя, хвоя, лусочки, плодови і насінні оболонки, мертві шкідники насіння, мертві личинки і лялечки, екскременти гризунів і комах і ін.) з підвищенням рівня техногенного навантаження поступово збільшувалася до 8,5 разів (біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг») порівняно з контролем. Так, у рослин, що ростуть на фоновому рівні забруднення (КБС, сквер, парк), відсоток домішок коливався в межах 0,1–0,3 %, біля автотранспортних шляхів був у 3,5 разів, а біля ПРАТ «ПівнГЗК» – у 6,5 разів вище від значень, отриманих з дендрарію ботанічного саду.

Для комплексної оцінки якості насіння рослин велике значення має маса 1000 насінин. В різні роки та різних умовах даний показник значно варіює та залежить від багатьох факторів: географічного походження, кліматичних умов, плодonoшення ґрунту, віку насадження, типу лісу, місця розташування тощо [3]. Так, за Т. Тильковським, маса 1000 насінин у рослин *B. pendula*, що ростуть у Константинівському лісовому окрузі, змінювалася від 0,147 до 0,218 г [25]. С. Тишкевич відмітив, що цей показник у даного виду в Польщі дорівнював в середньому 0,12 г [26].

З. В. Грицай та О. Г. Денисенко дослідили, що у різних видів в умовах техногенного забруднення відбувається збільшення кількості плодів із порушеннями розвитку: недорозвиток і аномальна форма, викривлення та звуження, зміна розмірів насінневих гнізд та зменшення довжини і ширини насінневої камери. Зниження розмірів плода та насінневого гнізда супроводжується зменшенням довжини й ширини насінини. Всі ці зміни супроводжують зниження маси 1000 насінин у рослин, тому вони рекомендують цей показник використовувати як тест-параметр моніторингових досліджень для оцінки стану деревних фітоценозів на техногенно забруднених територіях [8].

Так, за нашими даними, в промислових умовах міста, маса 1000 насінин *B. pendula* коливалася в межах 0,126–0,158 г та поступово знижувалася з підвищенням рівня техногенного пресу. Серед восьми насаджень *B. pendula* найбільший показник даного параметру був відмічений в дендрарії КБС НАН України (0,158 г), біля доріг з інтенсивним автотранспортним рухом він зменшувався в середньому на 9,9 %, а біля ПРАТ «ПівнГЗК» та ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» був в середньому на 19,0 % менше порівняно з контролем.

Для оцінки потенційної життєздатності насінневого матеріалу визначають його доброякісність, під якою розуміють кількість повнозернистого здорового насіння, виражену у відсотках від загальної кількості насіння, що взяте для аналізу [6]. В умовах Кривого Рогу кількість доброякісного насіння в усіх досліджених рослин була на середньому та низькому рівні залежно від місця зростання (див. табл. 2). Отримані результати зумовлені біологічними особливостями даного виду. Відомо що, у роки з низьким урожаєм вага насіння, схожість, відсоток повнозернистого насіння та інші показники знижуються. У берези ця залежність виражена досить чітко [18]. До того ж, їй властиве утворення партенокарпічного (пустого) насіння [16].

Так, Т. Л. Барсукова відмічає що у берези карельської (*Betula pendula* Roth. var. *sarelica*) в Мозирському, Світлогірському лісхозах та в Кореневській ЕБ ІЛ НАН Білорусь пuste насіння варіювало в межах 10,0-33,7 %, а повнозернисте – від 18,5 % до 65,5 % [1].

Подібні дані було отримано і на основі наших досліджень, де відсоток доброякісного насіння змінювався від 26,0 % до 65,0 %. Так, на відносно малозабруднених територіях – в сквері «Поляна казок» та парку Героїв АТО – кількість повноцінно зрілого насіння була нижчою, порівняно з контрольним насадженням на 3,5 % та 18 % відповідно, біля доріг з високим автотранспортним рухом – в середньому на 29,6 % менше, а біля ПРАТ «ПівнГЗК» та ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – на 53,3 % відносно КБС.

Серед багатьох показників, що характеризують посівні якості насіння, найбільш загальнозживаними є енергія проростання та його схожість. Енергією проростання називають дружність появи сходів, а схожість – здатність насіння утворювати нормально розвинуті за певний термін проростки [5]. Багато вчених відзначають, що *B. pendula* має низький відсоток проростання насіння. За даними Т. Тильковського, здатність свіжого насіння проростати змінювалась від 31 % до 46 % [25]. Відповідно до довготермінових спостережень М. Боділя в Польщі [21] середня кількість пророслого насіння *B. pendula*, зібраного в 2004 році, становила близько 20 %. За нашими дослідженнями схожість насіння в лабораторних умовах не перевищувала 18 % (табл. 3).

Таблиця 3

**Енергія проростання та схожість насіння у рослин *Betula pendula* Roth. з різних насаджень м. Кривий Ріг**

№	Місцезростання насаджень	Енергія проростання насіння, у %	CV	Лабораторна схожість насіння, у %	CV
1	КБС НАН України (контроль)	14,0±0,71	7,1	17,7±1,08	10,0
2	сквер «Поляна казок»	12,7±1,63	18,2	15,3±1,08	8,3
3	парк Героїв АТО	9,0±1,22***	19,3	12,0±0,71***	10,4
4	вул. Черкасова	13,0±0,71	7,7	14,7±0,41***	10,4
5	вул. Електрозаводська	8,7±1,63***	26,7	9,7±2,27***	33,3
6	просп. Металургів	2,7±0,41***	21,7	4,7±0,82***	24,7
7	ПРАТ «ПівнГЗК»	1,7±0,41***	34,6	2,0±0,71***	50,0
8	ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»	1,0±0,71***	100,0	1,0±0,71***	100,0

Так, нами зафіксовано, що з підвищенням рівня забруднення суттєво зменшувалася енергія проростання та схожість насіння, а також спостерігалася підвищення мінливості цих показників. Найвищі значення були виявлені у дендрарії КБС НАН України, де енергія проростання та кількість пророслого насіння дорівнювали 14,0 % та 17,7 % відповідно. Дещо меншими, однак, не достовірно відмінними, були показники зі скверу «Поляна казок» – на 9,3 % та 13,6 % відповідно порівняно з ботанічним садом. Під впливом вихлопних газів автотранспорту отримані дані були меншими, ніж у контролі, в середньому на 41,9 % і 45,2 %, а внаслідок дії шкідливих викидів гірничо-збагачувального та металургійного комбінатів – на 90,4 % та 91,5 %, що у 10,4 та 11,8 разів нижче відносно КБС. До того ж, найвищий відсоток мінливості ознак серед всіх досліджених насаджень був відмічений у рослин, що ростуть біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг (100 %),

Примітка: дані є достовірно відмінними на рівні 95 % – \*, 99 % – \*\* та 99,9% – \*\*\*.

який здійснює 82 % викидів в атмосферу [9]. Отримані дані чітко відображають інтенсивність техногенного навантаження та його вплив на посівні якості насіння даного виду.

Проте, слід зазначити, що додатковий ефект на проростання насіння спричиняють й інші чинники. Веїн зі співавт. повідомив, що ріст проростків *B. pendula* обмежений високою температурою [28]. Схожість насіння також характеризується певною географічною мінливістю, а відмінності, що проявляються між популяціями, пов'язані з направленим впливом умов географічного середовища. Попов зазначає, що в міру поширення з півночі на південь схожість знижується [17]. Так, нами виявлено, що в Металургійному районі в м. Кривий Ріг, який розташований на півдні міста, порівняно з Тернівським районом, що знаходиться на півночі міста, в парку Героїв АТО енергія проростання та схожість насіння були нижчими від КБС на 35,7 % та 32,2 % відповідно; по проспекту Металургів дані показники були меншими від інших насаджень, ростуть біля автошляхів, в середньому на 79,2 % та 68,0 %, а також на 69,0 % і 51,5 %, ніж по вул. Черкасова та по вул. Електрозаводська, а біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» на 41,2 % та 50 % відповідно порівняно з ПРАТ «ПівнГЗК».

**Висновки.** Таким чином, на основі отриманих даних, можна зробити висновок, що на насінневу продуктивність та посівні якості насіння впливають багато різних чинників (клімат, географічне положення тощо), однак суттєвий вплив здійснює техногенний фактор. Вихлопні гази автотранспорту та промислові викиди гірничо-збагачувального та металургійного комбінатів спричиняють зниження морфометричних параметрів плодкових сережок: довжини черешка до 21,4 % (до 1,3 разів), довжини сережки до 10,8 % (до 1,1 разів), ширини сережки до 33,3 % (до 1,5 разів); збільшення кількості насіння в сережках до 43,5 % (до 1,4 разів) від контролю, крім насадження, що ростуть біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», де кількість насінин була менша відносно контролю на 21,1 %; підвищення відсотку лусок до 32,0 % (до 1,3 разів); зменшення кількості чистого насіння до 2,7 %; ваги 1000 насінин до 20,3 % (до 1,3 разів); доброякісності до 60 % (до 2,5 разів); енергії проростання до 92,9 % (до 14 разів) та схожості насіння до 94,4 % (до 17,7 разів) в умовах Кривого Рогу. З усіх досліджених параметрів виявлено, що найбільш чутливими є доброякісність, енергія проростання та схожість насіння, показники яких чітко відображають інтенсивність техногенного навантаження на посівні якості рослин *B. pendula* та їх можна використовувати в біоіндикації навролишнього середовища.

### Бібліографічні посилання

1. Барсукова Т. Л. Качественная характеристика семенного материала *Betula pendula* Roth. var. *sarelica* Merkl. на лесосеменных плантациях в зависимости от поврежденной насекомыми. *Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства*. Материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси. Минск: Эдит ВВ. 2007. Т. 2. С. 191–193.
2. Бухарина И. Л. Эколого-биологические особенности адаптации древесных растений в условиях урбосреды. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2008. Т. 10. № 2 (19). С. 607–612.
3. Волкович А. П. Лесное семеноводство. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ. 2014. 72 с.
4. ГОСТ 13056.4-67. Семена деревьев и кустарников. Методы определения веса 1000 семян. М.: Издательство стандартов. 1967. 3 с.
5. ГОСТ 13056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. Москва: Издательство стандартов. 1997. 28 с.
6. ГОСТ 13056.8-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения доброкачественности. Москва: ИПК Издательство стандартов. 1998. 12 с.



7. **ГОСТ 13056.2-89.** Семена деревьев и кустарников. Методы определения чистоты. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 23 с.
8. **Грицай З. В., Денисенко О. Г.** Насіннева продуктивність деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія.* 2011. Вип. 19. Т. 2. С. 40–44.
9. **Екологічний паспорт міста Кривого Рогу.** Кривий Ріг. 2017. 56 с.
10. **Жуйкова Т. В.** Реакция ценопопуляций и растительных сообществ на химическое загрязнение среды: автореф. дис. д. б. н. Екатеринбург. 2009. 40 с.
11. **Зайцев Г. Н.** Математическая статистика в экспериментальной ботанике. Москва: Наука. 1984. 424 с.
12. **Лукина Ю. М., Василевская Н. В.** Влияние аэротехногенного загрязнения на репродуктивный потенциал *Betula czerespanovii* Orlova. *Материалы всеросс. науч. конф. Принципы и способы сохранения биоразнообразия.* Йошкар-Ола, Пущино. 2008. С. 261–262.
13. **Махнев А. К.** Внутривидовая изменчивость уральских берез по биологическим свойствам семян. Структура популяций и устойчивость растений на Урале. Сб. статей. Свердловск: УНЦ АН СССР. 1978. С. 11–62.
14. **Машкин С. И.** Дендрология Центрального Чернозёмья. Систематика, кариология, география, генезис, экология и использование местных и интродуцированных деревьев и кустарников. Том I. Воронеж: изд-во Воронежского университета. 1971. 344 с.
15. **Мишуков Н. П.** Изменчивость семян сосны обыкновенной в Западной Сибири. Биология семенного размножения хвойных Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 1974. С. 75–87.
16. **Пархоменко Л. І.** Інтродукція і культура берез в Україні. Київ: Фітосоціоцентр. 2011. 410 с.
17. **Попов В. К.** Берёзовые леса Центральной лесостепи России: монография. Воронеж. Гос. Лесотехн. Академия. Воронеж: Изд.-тво ВГУ. 2003. 424 с.
18. **Стуков В. И.** Особенности цветения и плодоношения березы бородавчатой в Саратовском Поволжье. В кн.: *Матер. научно - техн. конф. лесохозяйств. факультета ЛТА.* Л. 1967. С. 93–97.
19. **Тахтаджян А. Л.** Жизнь растений: в 6-ти томах. Москва: Просвещение. 1974. Т.6. 543 с.
20. **Bodył. M.** Zmienność żywotności nasion brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) na terenie Polski w latach 1995–2004. *Sylwan.* 2006. N. 4. S. 26–32.
21. **Consensus Document on the Biology of European White Birch (*Betula pendula* Roth).** Paris: ENV/JM/MONO. 2003. 48 p.
22. **Erofeeva E. A.** Dependence of Drooping Birch (*Betula pendula*) and Lime Tree (*Tilia Cordata*) Relative Seed Production as a New Seed Production Index on the Intensity of Motor Traffic Pollution. *Advances in Environmental Biology.* 2014. N. 8 (13). P. 282–286.
23. **Laurence J. A., Weinstein L. H.** Effects of Air Pollutants on Plant Productivity. *Annual Review of Phytopathology.* 1981. N. 19. P. 257–271.
24. **Rozwalka Z.** Zasady Hodowli Lasu. Warszawa. 2003. 159 s.
25. **Tylkowski T.** *Betula pendula* seed storage and sowing pre-treatment: effect on germination and seedling emergence in container cultivation. *Dendrobiology.* 2012. Vol. 67. P. 49–58.
26. **Tyszkiewicz S.** Nasiennictwo leśne. Warszawa: Instytut Badawczy Leśnictwa. Seria D. Nr 2. 1949. 358 s.
27. **Wardle J.** The ecology of *Nothofagus solandri*, 3. Regeneration. *New Zealand Journal of Botany.* 1970. Vol. 8. N. 4. P. 571–608.
28. **Wayne P. M., Reekie E. G., Bazzaz F. A.** Elevated CO<sup>2</sup> ameliorates birch response to high temperature and frost stress: implications for modeling climate-induced geographic range shifts. *Oecologia.* 1998. N. 114 (3). P. 335–342.

Надійшла до редколегії