

8. Дидух Я. П. Проблема активності видів рослин // Ботан. журн. 1982. Т. 67, № 7. С. 925–935.
9. Коваленко Н. К. Эколого-физиологические исследования газонных трав в связи с их засухоустойчивостью // Газоны. М.: Наука, 1971. 307 с.
10. Кучерявий В. Г. Урбоекологія. Львів: Світ, 2001. 440 с.
11. Лаптев А. А. Газоны. К.: Наук. думка, 1983. 176 с.
12. Мицик Л. П., Лісовець О. І. Фітоценотична активність видів моніторингових пробних площ правобережного Присамар'я // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. Д.: ДНУ, 2008. Вип. 37. С. 37–42.
13. *Определитель высших растений Украины* / Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин и др. – К.: Наук. думка, 1987. 548 с.
14. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: МГУ, 1970. 368 с.
15. Работнов Т. А. Экология луговых трав. М.: МГУ, 1985. 176 с.
16. Сахаров М. П. Миркин Б. М., Имбридина Л. М. Урбофитоценология: изучение спонтанной растительности городов // Успехи современной биологии. 1990. Т. 51 (109), вып. 3. С. 56–59.
17. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської і Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів: Моногр. – Д.: ДНУ, 2005. – 276 с.

Надійшла до редколегії 15.10.2018.

УДК 582.475.2:581.141(477.63)

Е. Р. Гусейнова

Криворізький ботанічний сад НАН України

## НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ *PICEA ABIES* ТА *P. PUNGENS* В НАСАДЖЕННЯХ КРИВОГО РОГУ

Репродуктивну здатність вважають одним із показників успішності інтродукції, що дозволяє оцінити адаптаційний потенціал рослин, особливо в техногенних умовах. Мета роботи – дослідження морфометричних параметрів шишок, насіннєвої продуктивності та якості насіння у *Picea abies* та *P. pungens* в насадженнях із різним рівнем аеротехногенного впливу в умовах промислового міста степової зони України. Об'єктом вивчення були шишки 30–40-річних дерев *P. abies* та *P. pungens* з восьми насаджень, які були розташовані приблизно по всій довжині м. Кривого Рогу (126 км) з різним рівнем техногенного забруднення. Виявлено, що максимальна довжина шишки у двох досліджених видів становить (108,4 та 88,7 мм), ширина (28,6 та 24,7 мм); найвища енергія проростання – (41,0 та 7,2 %), лабораторна схожість (54,2 та 20,6 %), маса насіння (6,9 та 4,2 г), довжина проростка (18,5 та 13,8 мм) відмічені у рослин з насаджень ботанічного саду. Мінімальні розміри довжини шишки у цих обох видів, відповідно (92,3 та 73,9 мм), ширина (26,2 та 22,4 мм), найнижча енергія проростання (2,4 та 1,4 %), лабораторна схожість (5,0 та 2,0 %), маса насіння (5,4 та 3,4 г), довжина проростка (12,6 та 5,4 мм) встановлені для дерев *P. abies* та *P. pungens*, що зростають біля металургійного комбінату «АрселорМітал Кривий Ріг». Загальна кількість насіння в одній шишці у *P. abies* та *P. pungens* у всіх типах насаджень в середньому коливалась від 203,9 до 217,2 шт. та 198,6–204,3 шт. відповідно. Найменша частка повного насіння (11,5–13,3 %) та найбільша доля пустого (56,5–58,7 %) і недорозвиненого (29,8–30,1 %) була у рослин *P. pungens*, що підпадають під прямий вплив викидів промислових підприємств, а у *P. abies* за тими ж показниками відповідно 20,2–22,5 %; 51,5–52,6 % та 26,0–27,2 %. Таким чином, збільшення рівня техногенного забруднення середовища аерополітантами, що спостерігається протягом останніх років, пригнічує генеративну сферу видів роду *Picea* в умовах степової зони України.

*Ключові слова:* насіннева продуктивність, енергія проростання, лабораторна схожість, урботехногенне середовище, степова зона.

Э. Р. Гусейнова

*Криворожский ботанический сад НАН Украины*

## СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН *PICEA ABIES* ТА *P. PUNGENS* В НАСАЖДЕНИЯХ КРИВОГО РОГА

Репродуктивную способность считают одним из показателей успешности интродукции, что позволяет оценить адаптационный потенциал растений, особенно в техногенных условиях. Цель работы – исследование морфометрических параметров шишек, семенной продуктивности и качества семян *Picea abies* и *P. pungens* в насаждениях с разным уровнем аэротехногенного влияния в условиях промышленного города степной зоны Украины. Объектом изучения были шишки 30–40-летних деревьев *P. abies* и *P. pungens* из восьми насаждений, которые расположены примерно по всей длине г. Кривого Рога (126 км) с различным уровнем техногенного загрязнения. Выявлено, что максимальная длина шишки в двух исследованных видов составляет (108,4 и 88,7 мм), ширина (28,6 и 24,7 мм); наивысшая энергия прорастания – (41,0 и 7,2 %), лабораторная всхожесть (54,2 и 20,6 %), масса семян (6,9 и 4,2 г), длина проростка (18,5 и 13,8 мм) отмечены у насаждений ботанического сада. Минимальные размеры длины шишки в этих двух видов соответственно (92,3 и 73,9 мм), ширина (26,2 и 22,4 мм), наиболее низкая энергия прорастания (2,4 и 1,4 %), лабораторная всхожесть (5,0 и 2,0 %), масса семян (5,4 и 3,4 г), длина проростка (12,6 и 5,4 мм) установлены для деревьев *P. abies* и *P. pungens*, произрастающих возле металлургического комбината «АрселорМиттал Кривой Рог». Общее количество семян в одной шишке у *P. abies* и *P. pungens* во всех типах насаждений в среднем колебалось от 203,9 до 217,2 шт. и 198,6–204,3 шт. соответственно. Наименьшая доля полнозернистых семян (11,5–13,3 %) и наибольшая доля пустых (56,5–58,7 %) и недоразвитых (29,8–30,1 %) была у растений *P. pungens*, подпадающих под прямое влияние выбросов промышленных предприятий, а в *P. abies* по тем же показателям соответственно 20,2–22,5 %; 51,5–52,6 % и 26,0–27,2 %. Таким образом, увеличение уровня техногенного загрязнения среды аэрополиутантами, которое наблюдается в последние годы, подавляет генеративную сферу видов рода *Picea* в условиях степной зоны Украины.

*Ключевые слова:* семенная продуктивность, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, урботехногенная среда, степная зона.

E. R. Huseinova

*Kryvyi Rih Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine*

## SEED PRODUCTIVITY AND QUALITY OF *PICEA ABIES* AND *P. PUNGENS* IN THE KRIVYI RIH PLANTATIONS

Reproductive capability is considered as one of indicators of successful introduction; it helps to evaluate adaptation potential of plants, especially in techogenic conditions. The aim of our work is to research morphometric parameters of cones, profitability and seed quality of *Picea abies* та *P. pungens* in the plantations with various levels of aerotechnogenic influence in conditions of an industrial city in the steppe zone of Ukraine. The objects of the studying were the cones of 30–40-year-old trees of *P. abies* та *P. pungens* from eight different plantations situated along the whole city of Kryvyi Rih (126 km) and having various levels of technogenic pollution. We revealed that the maximal length of cone in two investigated species (108,4 and 88,7 mm respectively), width (28,6 and 24,7 mm); the highest seedling vigour (41,0 and 7,2 %), laboratory germination (54,2 and 20,6 %), seed mass (6,9 and 4,2 g), and length of germ (18,5 and 13,8 mm) are noted in the trees from Botanical Garden. The minimal values of all the same indices were ascertained for the trees growing near the metallurgical combine “ArcelorMittal Kryvyi Rih”: length of cones – 92,3 and 73,9 mm; width of cones – 26,2 and 22,4 mm; as well as the lowest seedling vigour (2,4 and 1,4 %);

laboratory germination (5,0 and 2,0 %), seed mass (5,4 and 3,4 g), and length of germ (12,6 and 5,4 mm). The general seed quantity for a cone of *P. abies* та *P. pungens*, in all the plantation types, varied from 203,9 to 217,2 seeds and from 198,6 to 204,3 ones respectively. The least part of fertile seeds (11,5–13,3 %), and the biggest part of sterile (56,5–58,7 %) and underdeveloped (29,8–30,1 %) ones were noted in the plants of *P. pungens* directly exposed to emissions of industrial enterprises; for the plants of *P. abies* the same indices were 20,2–22,5 %; 51,5–52,6 % та 26,0–27,2 % respectively. Therefore, increasing level of technogenic pollution by air pollutants, which is observed during some last years, oppresses the generative sphere of species of genus *Picea* in conditions of the steppe zone of Ukraine.

*Key words:* seed productivity, seedling vigour, laboratory germination, urbotechnogenic environment, steppe zone.

З неупинним процесом урбанізації в останні роки особливо гостро постало питання оптимізації міського середовища. Поліпшити екологічну ситуацію в значній мірі можна за рахунок більш широкого використання рослин зі значними фітомеліоративними здатностями. Зокрема, такими рослинами є хвойні, які здатні поглинати шкідливі гази та осаджувати пил. Останнім часом саме види родини *Pinaceae* пропонують використовувати як біоіндикатори аеротехногенного забруднення [11, 24]. В тому числі і на сході України, де вони інтродуковані 30–40 років тому [14]. Їх біоекологічний потенціал дещо змінений, тому генеративна сфера більш чутлива до змін навколишнього середовища порівняно з аборигенами, особливо при антропоїчному навантаженні. Вплив цих факторів в поєднанні зі спадковістю відбивається на насінній продуктивності насаджень.

В процесі розвитку генеративних органів та дозрівання насіння в несприятливих екологічних умовах у хвойних, як в природних [22, 23], так і в інтродукованих, іноді спостерігаються аномалії, що негативно впливають на якість насіння або призводять до повної втрати їх життєздатності [8, 9, 26]. Це підтверджується літературними джерелами вітчизняних і зарубіжних авторів з питань репродуктивного розвитку ялин в умовах інтродукції [3, 8, 11, 13] та їх розмноження в умовах *in vitro* [24, 26]. При цьому встановлено, що насіннева продуктивність залежить від життєздатності пилку та впливу техногенних факторів. Тому насіннева продуктивність в нових умовах вирощування, особливо, в техногенних є першочерговим показником успішності інтродукції рослин, що дозволяє оцінити їх адаптаційний потенціал [11].

Не є винятком м. Кривий Ріг, яке по праву вважають одним із великих промислових центрів України. Щорічно тисячі викидів надходять в атмосферу, як зі стаціонарних джерел, так і з пересувних, які негативно впливають на стан довкілля [5].

В м. Кривий Ріг поширеними представниками хвойних є *Picea abies* (L.) Karst. та *Picea pungens* (Engelm.), які зростають в поодиноких, рядових, групових та куртинних типах насаджень та є зручними тест-системами для біоіндикації в промислових умовах міста. Ці два види цікаві не тільки як перспективні індикатори стану повітряного середовища, а й як такі, що очевидно відрізняються за проявами реакції на різноякісне аерополітантичне забруднення. Зазвичай це може відобразитись і на розвитку жіночої генеративної сфери. Дослідження якості насіння і насінневої продуктивності рослин актуально як теоретично: для розуміння механізмів пошкодження та процесів адаптації рослин в умовах урбосередовища, так і практично: для визначення потенційної здатності рослин до формування повноцінного насіння та оптимізації біомоніторингу.

Мета роботи – дослідження морфометричних параметрів шишок, насінневої продуктивності та якості насіння у *P. abies* та *P. pungens* в насадженнях із різним рівнем аеротехногенного впливу в умовах промислового міста степової зони України.

### Матеріали та методи досліджень.

Матеріалом для досліджень слугувало насіння і шишки рослин *P. abies* та *P. pungens* в період масового дозрівання насіння восени 2017 р. У останнього виду досліджували форму з голубувато-зеленою хвоєю, яку визначають як *P. pungens* 'Glausa', оскільки в насадженнях Кривого Рогу (як і по всій Україні) вона набула значного поширення в озелененні та відзначається високою стійкістю до умов урботехногенного середовища [2], і для моніторингу забруднення її вважають одним із найперспективніших об'єктів [13]. Збір шишок проводили по 3 зразки з 10 дерев *P. abies* та *P. pungens* 30–40-річного віку з восьми насаджень, що були розташовані приблизно по всій довжині м. Кривого Рогу в трьох районах: Тернівському, Покровському та Металургійному (рис. 1). Це насадження, які зазнають гострого впливу викидів металургійних комбінатів, знаходяться біля ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (№8) та ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПівнГЗК–№7); біля проїзної частини міських автошляхів з інтенсивним автотранспортним рухом: проспект Металургів (№6), по вул. Ватутіна (№5), по вул. Черкасова (№4); а також на відносно малозабруднених аерополітантами ділянках (фоновий рівень): парк Героїв АТО (№3), парк Шахтарський (№2), дендрарій Криворізького ботанічного саду НАН України (КБС–№1). Останнє розглядали як контроль.

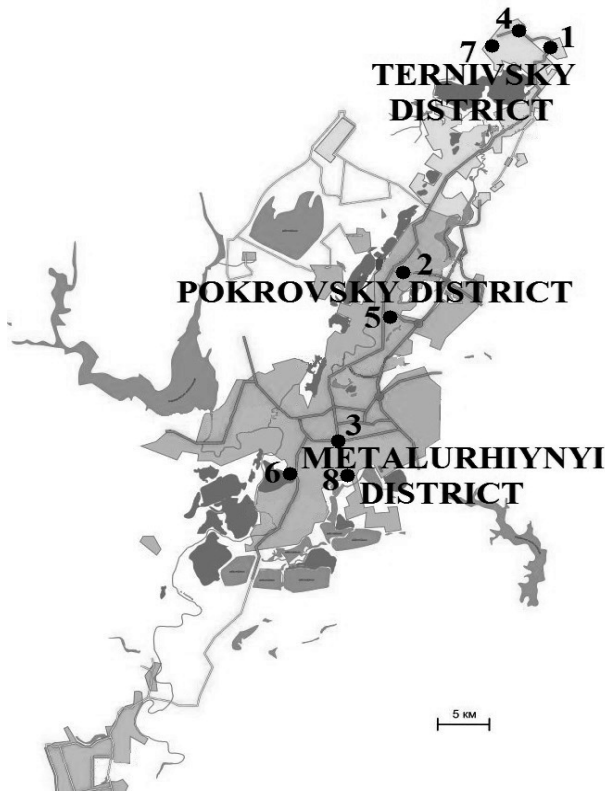


Рис. 1. Картохема розташування досліджених насаджень *Picea abies* та *Picea pungens* на території Кривого Рогу

Морфометричні параметри шишок (довжина і ширина) та довжина проростків насіння вимірювались за допомогою штангенциркуля (точність вимірювання 0,1 мм). Підраховували загальну кількість лусок та окремо стерильного і фертильного шару, в останньому випадку визначали кількість повного, порожнього і недорозвиненого насіння. Для вивчення якісних показників насіння проводили дослідження лабораторної схожості та енергії проростання [4]. Перед проро-

щуванням в чашках Петрі насіння піддавалося стандартній обробці (стратифікація і знезараження 0,01 % розчином перманганату калію). Точність зважування на електротронних вагах до 0,001 г (KERN ABJ 220–4M). Статистичну обробку даних проводили за допомогою пакету програм MS Excel, істотність різниць було визначено за *t*-критерієм Стьюдента.

### Результати досліджень та їх обговорення.

Нормально розвинені жіночі шишки з насаджень КБС мали максимальні розміри довжини та ширини серед макростробілів всіх досліджуваних насаджень та в середньому складали у дерев *P. abies* 108,4 мм та 28,6 мм, а у *P. pungens* – 88,7 мм та 24,7 мм відповідно (табл. 1). Для порівняння: довжина шишок на відносно чистих територіях у рослин *P. abies* та *P. pungens* на сході України коливається в межах 83,5–102,7 мм та 85,3–91,2 мм відповідно [8, 9].

В ході досліджень нами виявлено шишку довжиною 116,9 мм у *P. abies* та 111,5 мм у *P. pungens*, в насадженнях контролю, що значно перевищували розміри шишок навіть в умовах природного ареалу, де їх довжина варіювала в межах 100,0–115,0 мм та 50,0–100,0 мм [18]. Коефіцієнт варіації для всіх морфометричних показників шишок в рослин обох видів із контрольного насадження (№1) знаходився в межах 5,6–12,1 %, що відповідає низькому рівню мінливості. Найменші за розмірами шишки були відмічені в рослин *P. abies* та *P. pungens*, що зростають недалеко від промислових підприємств, особливо, біля «АрселорМіттал Кривий Ріг»: довжина та ширина шишки відповідно, була у *P. abies* та *P. pungens* на 14,9 %, 8,4 % та 16,7 %, 9,3 % менша, ніж у дерев з контролю. У насадженнях біля міських автошляхів морфометричні показники шишок у *P. abies* та *P. pungens* за такими ж параметрами в середньому були на 8,5 %, 5,6 % та 10,1 %, 6,5 %, менші порівняно з КБС. Показник ширини шишки менш мінливий і в будь-яких умовах зростання не перевищує 2–3 см [20]. Зниження розмірів жіночих шишок під дією несприятливих чинників середовища відзначається багатьма дослідниками [1, 12]. Ослаблені дерева не можуть задовільно забезпечувати постачання живильними речовинами бруньок з зачатками макростробілів, що і призводить до зменшення їх розмірів [1]. Зі збільшенням рівня забруднення у ялин спостерігалось зменшення кількості шишок і вони були розміщені на верхівці крони.

Слід зазначити, що у аборигенного виду *P. abies* та інтродукованого – *P. pungens* довжина шишки в умовах м. Іжевськ із насаджень біля автодоріг була більшою на 5,7 % та 23,4 % порівняно з відносно чистими ділянками. Це протилежні показники розмірів макростробілів до наших даних. Такі значення автори [3] пояснюють дією зовнішніх факторів та мінливістю даного показника в природо-кліматичних зонах.

З довжиною шишки тісно пов'язана кількість лусок, як загальна, так і фертильних, відповідно, і кількість насіння в шишці. Середній показник загальної кількості лусок в жіночій шишці *P. abies* та *P. pungens* варіював у всіх насадженнях від 159,9 до 170,8 шт. та 157,9–164,3 шт. Найменша кількість лусок фертильного шару у рослин *P. abies* та *P. pungens* встановлена у дерев, що зростають біля металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг», що на 10,2 % та 8,2 % відповідно менше порівняно з КБС. Найбільше лусок стерильного шару було в дерев *P. abies* та *P. pungens* біля ПівнГЗК 56,1 шт. та 57,7 шт., що на 5,6 % та 5,9 % більше порівняно з рослинами КБС. Загальна кількість лусок в жіночій шишці, кількість лусок стерильного і фертильного шарів в різних типах насаджень характеризувалися середнім рівнем мінливості.

У фертильному шарі, де зазвичай знаходиться нормально сформоване насіння, відмічено повне, недорозвинене та пусте. Наявність останнього можна пояснити як результат ембріональної смертності та партеноспермії [11]. Загальна кількість насіння була максимальною у рослин *P. abies* (337 шт.) та у *P. pungens* (298 шт.) з ботанічного саду. Тоді як загальна кількість насіння у *P. abies*

Таблиця 1  
**Морфометричні показники генеративних органів рослин *P. abies* та *P. pinus* 'Glausa' з різних типів насаджень Кривого Роту**

Розташування насаджень	Довжина шишки, мм	Ширина шишки, мм	Кількість лусок			Кількість насінин			
			всього	фертильних	стерильних	всього	повних	пустих	недорозвинених
<i>Picea abies</i>									
КБС НАН України (к)	108,4±2,4	28,6±0,3	170,8±3,2	117,7±3,3	53,1±2,1	217,2±4,6	67,7±3,4	96,9±3,4	52,6±1,9
парк Шахтарський	105,1±2,7	28,1±0,4	170,1±3,5	116,5±3,3	53,6±2,0	213,5±4,4	61,2±3,5	99,5±3,5	52,8±1,6
парк Героїв АТО	103,6±2,1	27,8±0,3	169,2±3,4	114,5±3,2	54,7±1,8	210,9±4,1	57,3±2,9*	100,2±3,1	53,4±1,9
вул. Черкасова	99,5±2,4**	26,9±0,4**	164,1±3,4	109,3±2,9	54,8±1,7	208,5±4,1	53,4±3,1**	100,4±3,2	54,7±1,8
вул. Вагутіна	100,3±2,3*	27,3±0,4*	167,3±3,1	111,4±2,9	55,9±1,6	214,5±3,8	56,5±2,4**	102,8±2,7	55,2±2,1
проект Металургів	97,8±2,5**	26,8±0,5**	162,8±3,5	107,4±2,8*	55,4±1,9	209,2±3,7	49,9±2,5***	105,7±2,8	53,6±2,0
ПрАТ ПівніГЭК	94,6±2,6***	26,5±0,5***	163,2±3,7	107,1±2,8*	56,1±1,7	206,8±3,6	46,5±2,7***	106,5±2,9	53,8±2,2
ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг»	92,3±2,7***	26,2±0,6***	159,9±4,5*	105,7±2,6**	54,2±1,9	203,9±3,4*	41,2±2,2***	107,3±2,9	55,4±2,1
<i>Picea pinus</i> 'Glausa'									
КБС НАН України (к)	88,7±1,9	24,7±0,4	164,3±3,4	109,8±2,8	54,5±1,8	204,3±4,6	38,7±2,4	108,5±2,7	57,1±2,0
парк Шахтарський	86,9±2,1	24,2±0,3	162,7±3,1	107,1±2,5	55,6±1,7	202,9±4,2	35,6±2,2	110,4±2,8	56,9±2,0
парк Героїв АТО	87,3±1,9	23,9±0,4	161,3±2,9	106,1±2,2	55,2±1,6	202,6±4,1	34,7±2,1	109,6±2,7	58,3±1,8
вул. Черкасова	82,4±1,9*	23,2±0,4**	162,1±2,8	105,4±2,1	56,7±1,5	200,9±3,7	29,9±1,8**	112,3±3,0	57,7±1,7
вул. Вагутіна	79,6±2,4**	23,3±0,3*	159,4±2,3	102,6±1,8	56,8±1,5	203,2±3,9	31,4±1,8*	114,1±3,1	58,7±1,9
проект Металургів	77,3±2,5**	22,8±0,3***	161,4±2,2	104,3±1,9	57,1±1,4	197,1±3,8	29,6±1,6**	109,3±2,8	58,2±1,8
ПрАТ ПівніГЭК	75,8±2,2***	22,6±0,4***	160,3±2,4	102,6±2,0*	57,7±1,4	200,2±4,2	26,7±1,7***	113,2±3,2	60,3±1,7
ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг»	73,9±2,5***	22,4±0,4***	157,9±2,3	100,8±1,8**	57,1±1,6	198,6±4,1	22,9±1,2***	116,5±3,5	59,2±1,5

Примітка для табл. 1–2: відмінності достовірні за *t*-критерієм Стьюдента: \* – при  $P < 0,05$ ; \*\* – при  $P < 0,01$ ; \*\*\* – при  $P < 0,001$ . —  $P < 0,999$ .  
M±m. — середнє значення з помилкою

та *P. pungens* з насаджень Польщі складала від 93 до 116 шт. [21]. Частка повного насіння у *P. abies* та *P. pungens* варіювала в межах 20,2–31,2 % та 11,5–18,9 %. Вихід такого насіння у рослин *P. abies* з насаджень КБС на 39,4 % більше порівняно з *P. pungens*. Кількість повного насіння у обох видів на відносно чистих територіях достовірно відрізнялась від показників рослин, що зростають біля автомагістралей та промислових підприємств. Так, найменша кількість цього насіння була відмічена у *P. pungens* та *P. abies* з насаджень біля «АрселорМіттал Кривий Ріг» – 22,9 шт. та 41,2 шт., що на 40,8 % та 39,1 %, відповідно менше порівняно з контролем. Вплив аеротехногенного забруднення у дерев обох видів призводить до зменшення відносної кількості повноцінного та до збільшення рівня недорозвиненого і пусого насіння.

Максимальна кількість пусого насіння була відмічена у рослин *P. pungens* – 116,5 шт. та у *P. abies* – 107,3 шт. біля «АрселорМіттал Кривий Ріг», що на 7,4 % та 10,7 % менше порівняно з насадженнями КБС. Частка пусого насіння у *P. abies* на малозабруднених ділянках, біля автомагістралей та біля промислових підприємств в середньому становила 46,2 %, 48,9 %, 52,1 %, а у *P. pungens* ці показники, відповідно, були такими: 53,9 %, 55,9 %, 57,6 %. За даними зарубіжних вчених значна кількість порожнього насіння спостерігається і в природних популяціях *P. abies*, при цьому воно може варіювати від 12,3 до 80 % [16, 19]. Подібні дані отримані в Україні І.В. Макогон та С.Н. Приваліхінін [9]. При цьому показники фертильності і життєздатності пилку у обох видів в умовах інтродукції в різні роки у середньому були досить високими, що сприяє подальшому успішному заплідненню та формуванню повноцінного насіння [8, 10]. Кількість недорозвиненого насіння у *P. abies* та *P. pungens* у насадженнях Кривого Рогу коливалась від 24,2 % до 27,2 % та 27,9–30,1 % відповідно. Дещо менші показники недорозвиненого насіння відмічено у *P. abies* 11,1–23,3 % та в *P. pungens* 14,1–23,1 % в умовах інтродукції на сході України [8, 9], хоча для *P. abies* в природних насадженнях частка такого насіння складає 4,8–41,5 % [16]. У нашому випадку значна частка порожнього і недорозвиненого насіння у видів роду *Picea* в умовах інтродукції зумовлена негативною дією аерополютантів на рослини та, можливо, є наслідком їх самозапилення.

Надмірний рівень техногенного забруднення значно впливає на показники маси насінин, що виявляється в зниженні її абсолютного значення і у збільшенні індивідуальної мінливості відносно малозабруднених насаджень і фонових умов (табл. 2). В ході дослідження встановлено, що у *P. pungens* у всіх типах насаджень маса 1000 шт. насінин достовірно менша, ніж у *P. abies* та варіює від 3,4 до 4,2 г та 5,4–6,9 г відповідно. Найбільша маса насіння у рослин двох видів зафіксована також із контрольних насаджень, а найменша – у дерев *P. abies* та *P. pungens* біля промислових підприємств та автошляхів, що в середньому нижча на 18,8 %, 10,1 % та 17,9 %, 11,9 % відповідно, порівняно з контролем. Таке зниження маси насіння у ялин біля промислових підприємств та автошляхів, ймовірно, пов'язано із загальним ослабленням деревостану під впливом дії аерополютантів. В природних насадженнях маса насіння *P. abies* складає 7,7 г [23], що на 11,6 % більше порівняно з рослинами ботанічного саду, тоді як у інтродукованих умовах дендрарію Алматинської області у *P. abies* цей показник – 4,0 г, що менше на 42,0 % відповідно [15]. Аналогічні результати маси насіння до наших досліджень для *P. abies* та *P. pungens* наведені у роботі Kaliniewicz (2018). Слід зазначити, що від маси та розмірів насіння в значній мірі залежать життєздатність сходів та подальший розвиток сіянців [25].

**Посівні якості насіння рослин *P. abies* та *P. pungens* 'Glauca' з різних типів насаджень Кривого Рогу**

Розташування насаджень	Маса 1000 шт. насінин, г	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість, %	Довжина проростка (мм) за температури, 25°C
<i>Picea abies</i>				
КБС НАН України (к)	6,9±0,1	41,0±1,8	54,2±2,0	18,5±1,3
парк Шахтарський	6,5±0,1	28,6±1,2	39,2±2,1	16,9±1,2
парк Героїв АТО	6,7±0,2	27,2±1,3	36,8±2,1	15,5±1,4
вул. Черкасова	6,2±0,2*	20,8±0,8**	29,8±1,5**	14,6±1,3*
вул. Ватутіна	6,4±0,3	23,6±1,2*	32,2±1,6*	15,2±1,3
проспект Металургів	6,0±0,2*	18,2±0,8**	23,8±1,1***	14,1±1,2**
ПрАТ ПівніГЗК	5,8±0,1***	7,6±0,3***	14,2±0,6***	13,7±1,2**
ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг»	5,4±0,3***	2,4±0,1***	5,0±0,2***	12,6±0,7***
<i>Picea pungens</i> 'Glauca'				
КБС НАН України (к)	4,2±0,1	7,2±0,4	20,6±0,5	13,8±0,4
парк Шахтарський	4,0±0,2	5,6±0,3	13,8±0,2**	10,6±0,3*
парк Героїв АТО	4,1±0,2	4,4±0,3	10,2±0,6***	10,3±0,3*
вул. Черкасова	3,9±0,1	5,0±0,3	11,2±0,5***	9,9±0,3**
вул. Ватутіна	3,7±0,2**	3,4±0,2*	7,4±0,2***	9,5±0,2***
проспект Металургів	3,5±0,2***	3,8±0,2*	6,6±0,3***	8,4±0,3***
ПрАТ ПівніГЗК	3,5±0,1***	2,6±0,2**	4,8±0,2***	6,3±0,2***
ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг»	3,4±0,1***	1,4±0,1***	2,0±0,1***	5,4±0,2***

Показники енергії проростання та лабораторної схожості насіння у *P. abies* з насаджень контролю були достовірно вищими, ніж у цих рослин з насаджень парків, автомагістралей та біля промислових підприємств в середньому у 1,5; 2,0; 8,2 та 1,4; 1,9; 5,6 разів відповідно. А у *P. pungens* ці показники, були вищими у 1,4; 1,8; 3,6 та 1,7; 2,5; 6,1 разів. Чим нижча лабораторна схожість насіння, тим слабкіше їх життєздатність, вони легше піддаються впливу несприятливих умов. У *P. abies*, що зростають в КБС, значення енергії проростання та лабораторної схожості насіння були у 5,7 та 2,6 рази більшими відповідно порівняно з *P. pungens*.

Слід зазначити, що енергія проростання та лабораторна схожість насіння у *P. pungens* в парковій зоні в умовах м. Іжевськ мала нульові показники, а у *P. abies* – 20–46 % [3]. Тоді як в насадженнях дендрарію Алматинської області ці показники, навпаки, у *P. pungens* складають до 12–63 %, а у *P. abies* – 0–12 % [15]. В насадженнях селітебної та магістральної зони енергія проростання та лабораторна схожість насіння складала 24–74 % та 35–61 % відповідно [3]. Схожі показники лабораторної схожості виявлені у насіння у *P. abies*, зібраного з не автохтонних рослин біля видобувної фабрики, яке проросло до 83,0 % навіть після 29 років зберігання [27]. Такі показники мають значні розбіжності з отриманими нами даними. На нашу думку, це спричинено негативною дією аерополітантів та кліматичними умовами степової зони України. Це підтверджується даними О. Л. Зенкової та М. М. Казанцевої [6]., які проводили дослідження насіння іншого представника хвойних – сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), що зростає в умовах урбанізованого середовища та приміських ділянок м. Тюмень. У першому випадку насінини мали нижчі показники енергії проростання і схожості, а також достовірно менші розміри коренів, ніж у другому.

Схожі показники довжини проростка були більшими у *P. abies* з контрольного насадження, ніж у рослин, що зростають в парках, біля автомагістралей та біля промислових підприємств в середньому на 12,4 %, 20,9 % та 28,9 %, а у *P. pungens* відповідно за такими параметрами на 24,3 %; 29,7 %; 57,6 %. Отже, насіння *P. ab-*



ies та *P. pungens* з відносно чистих насаджень мають більш ранній розвиток проростків і швидше переходять до стадії зростання і розвитку сім'ядолі, ніж рослини біля автошляхів із високою інтенсивністю руху та біля промислових підприємств.

**Висновки.** Отже, на формування і розвиток морфологічних показників шишок *P. abies* та *P. pungens* негативно впливають викиди промислових підприємств та вихлопні гази автотранспорту, що проявляється у достовірному зниженні показників довжини і ширини шишки порівняно з відносно чистими ділянками. Виявлено, що зі збільшенням рівня техногенного навантаження у *P. abies* та *P. pungens* достовірно зменшується кількість повноцінного насіння у 4,9 та 8,7 разів відповідно. Встановлено, що показники енергії проростання та лабораторної схожості насіння у *P. abies*, що зростають в КБС, були більшими в середньому у 8,2 та 5,6 разів порівняно з промисловими підприємствами. А у *P. pungens* ці показники, відповідно, були вищими у 3,6 та 6,1 разів. Отже, зі зменшенням техногенного навантаження збільшується частка проростків насіння на момент визначення схожості, що свідчить про їх більш ранній розвиток.

Таким чином, дослідження насінневої продуктивності *P. abies* та *P. pungens* показали, що в екологічних умовах степової зони спостерігається регулярне формування у жіночих шишок повних насінин, що свідчить про їх високий адаптаційний потенціал. При цьому відмічено біля промислових підприємств та автошляхів достовірне зменшення морфометричних показників, кількості повноцінного та життєздатності насіння та його маси, , що можуть слугувати інформативними показниками негативної дії аерополітантів на насінневу продуктивність ялин.

### Бібліографічні посилання

1. **Аникеев Д. Р.** Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении. Екатеринбург: УГЛА. 2000. 81 с.
2. **Білик О. В., Грабовий В. М.** Ялина колюча (*Picea pungens* Engelm.) у насадженнях Національного дендропарку “Софіївка” НАН України (інтродукція, розмноження, культивування). Науковий вісник НЛТУ України. м. Львів. 2006. Вип. 16(1). С. 44–48.
3. **Ведерников К. Е., Бухарина И. Л., Журавлева А. Н., Загребин Е. А., Красноперова В. В.** К вопросу изучения показателей качества семян хвойных растений, произрастающих в городских насаждениях (на примере г. Ижевска) // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 7. № 10. С. 113–116.
4. **ГОСТ 13056.6-97.** Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести. М. 1997. 31 с.
5. **Екологічний паспорт міста Кривого Рогу.** Кривий Ріг. 2017, 56 с.
6. **Зенкова Е. Л., Казанцева М. Н.** Влияние техногенного загрязнения города Тюмени на репродуктивную способность сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Урбозкосистемы и перспективы развития». Ишим. 2008. С. 59–62.
7. **Кіщенко І. Т.** Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства *Pinaceae* Lindl в условиях Карелии. Петрозаводск: Издательство Петрозаводского гос. ун-та. 2000. 211 с.
8. **Макогон И. В., Коршиков И. И.** Качество пыльцы ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) в условиях интродукции на юго-востоке Украины // Интродукція рослин. К., 2010. Вип. 4. С. 9–13.
9. **Макогон И. В., Привалихин С. Н.** Семенная продуктивность *Picea abies* (L.) Karst. в условиях интродукции в степной зоне Украины. Промышленная ботаника, Донецк, 2013. Вип. 13. С. 228–134.
10. **Макогон И. В., Привалихин С. Н.** Сравнительный анализ семенной продуктивности *Picea abies* (L.) Karst. в естественном и искусственном древостоях. Промышленная ботаника. Донецк, 2010. Вип. 10. С. 106–109.
11. **Некрасов В. И.** Актуальные вопросы семеноведения интродуцентов. Бюл. гл. ботан. сада, 1978.М. Вип. 110. С.76–79.

12. **Орехова Т. П., Шихова Н. С.** Оценка плодородия и качества семян как один из критериев устойчивости деревянистых растений в урбоэкосистемах г. Владивостока. Материалы XI съезда Русского ботанического общества. Владивосток. 2005. С. 213–215.
13. **Поляков А. К.** Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. Донецк: «Ноулидж». 2009. 268 с.
14. **Поляков А. К., Сулова Е. П.** Итоги интродукции видов рода *Pinus* L. на юго-востоке Украины. *Промышленная ботаника*. Донецк 2009. Вып. 9. С. 101–104.
15. **Сарсекова Д. Н., Исмаилов В. Ю.** Качество семян хвойных интродуцентов в условиях арборетума АО «Лесной питомник» Алматинской области. GISAP: Biology, Veterinary Medicine and Agricultural Sciences. Алма-Ата 2015. № 6. С. 22–24. DOI: <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:bvmass.v0i6.1016>
16. **Сурсо М. В.** Фенология репродуктивных циклов и качество семян хвойных (*Pinaceae* *Cupressaceae*) в северной тайге. *Arctic Environmental Research*. Архангельск. 2017. Т. 17. № 4. С. 355–367. DOI: [10.17238/issn2541-8416.2017.17.4.355](https://doi.org/10.17238/issn2541-8416.2017.17.4.355)
17. **Третьякова И. Н., Носкова Н. Е.** Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса. *Экология*. Москва. 2004. № 1. С. 26–33.
18. **Чернышов М. П., Арефьев Ю. Ф., Титов Е. В., Беспаленко О. Н., Дорофеева В. Д., Кругляк В. В., Пярых А. М.** Хвойные породы в озеленении Центральной России. М.: Колос. 2007. 328 с.
19. **Andersson E.** Cone and seed studies in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Stud. For. Suec.* 1965, 278.
20. **Bongarten B. C., Hanover J. W.** Genetic parameters of blue spruce (*Picea pungens*) at two locations in Michigan. *Silvae Genetica*. 1986. 35(2–3). P. 106–112.
21. **Kaliniewicz Z.; Żuk Z.; Kusinska E.** Variations and correlations between the physical properties of seeds of eleven Spruce species. *Preprints*. 2018. P. 1–13. DOI: [10.20944/preprints201808.0400.v1](https://doi.org/10.20944/preprints201808.0400.v1).
22. **Krakowski J., El-Kassaby Y.A.** Lodgepole Pine and White Spruce germination: effects of stratification and simulated aging. *Silvae Genetica*. 2005. 54(3). P. 138–144. DOI: [10.1515/sg-2005-0021](https://doi.org/10.1515/sg-2005-0021)
23. **Kunes I., Balas M., Linda R., Gallo J., Novakova O.** Effects of brassinosteroid application on seed germination of Norway spruce, Scots pine, Douglas fir and English oak. *iForest*. 2016, 10: 121–127. DOI: [10.3832/ifor1578-009](https://doi.org/10.3832/ifor1578-009)
24. **Mosseler A., Major J.E., Simpson J.D., Daigle B., Lange K., Park Y.-S., Johnsen K.H., Rajora O.P.** Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. *Canadian Journal of Botany*. 2000. Vol. 78. P. 928–940.
25. **Mtambalika K.; Munthali Ch.; Gondwe D.; Missanjo E.** Effect of seed size of *Azelia quanzensis* on germination and seedling growth. *Int. J. For. Res.* 2014. P. 1–5. DOI: [10.1155/2014/384565](https://doi.org/10.1155/2014/384565)
26. **Sharma C.M., Khanduri V.P., Ghildiyal S.K.** Reproductive ecology of male and female strobili and mating system in two different populations of *Pinus roxburghii*. *The ScientificWorld Journal* Volume. 2012. P. 1–3. DOI: [10.1100/2012/271389](https://doi.org/10.1100/2012/271389)
27. **Suszka B., Chmielarz P., Walkenhorst R.** How long can seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) be stored. *Annals of Forest Science*. 2005. 62(1). P. 73–78. DOI: [10.1051/forest:2004082](https://doi.org/10.1051/forest:2004082)

*Надійшла до редколегії*