УДК 581.33 :582.475.2 (477.63)

Е.Р. ГУСЕЙНОВА[1], І.І. КОРШИКОВ[1, 2]

[1] Криворізький ботанічний сад НАН України
Україна, 50089 м. Кривий Ріг, вул. Маршака, 50
[2] Донецький ботанічний сад НАН України
Україна, 50089 м. Кривий Ріг, вул. Маршака, 16А

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИЛКУ *PICEA ABIES* (L.) KARST. У НАСАДЖЕННЯХ КРИВОРІЖЖЯ

Мета *— проаналізувати якість пилку Picea abies (L.) Karst. у насадженнях, які зазнають різного впливу аеротехногенного забруднення в умовах великого промислового міста у степовій зоні.*

Матеріал та методи. *Об'єктом вивчення був пилок 30—40-річних дерев P. abies із дев'яти насаджень, вісім з яких розташовані приблизно по всій довжині м. Кривого Рогу (120 км) з різним рівнем техногенного забруднення, одне — за його межами (контрольне).*

Результати. *Найвищою життєздатністю (79,9 %), фертильністю (86,3 %) та максимальними розмірами пилкових зерен характеризувалися рослини з позаміського насадження, а найменшою (48,3 і 46,5 % відповідно) — дерева в насадженнях біля промислового підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг», їх пилок мав мінімальні розміри. Виявлено широкий спектр тератоморфних змін пилку та аномалії пилкових трубок при пророщуванні пилку в лабораторних умовах. Установлено загальну закономірність — зменшення якості та збільшення кількості аномального пилку у рослин P. abies, які зазнають вплив вихлопних газів автотранспорту і викидів металургійних підприємств м. Кривого Рогу.*

Висновок. *Частоту аномалій пилку та пилкових трубок P. abies можна використовувати для індикації аеротехногенного забруднення в промислових містах України.*

Ключові слова: *Picea abies*, життєздатність пилку, аномалії, пилкові трубки, степова зона, урботехногенне середовище.

У сучасних умовах техногенне забруднення великих промислових міст вважають одним з важливих чинників довкілля, який може суттєво змінювати функціонування рослинного організму. Окремі види рослин дуже чутливі до впливу аерополютантів, що дає підставу для використання їх як індикаторів забруднення атмосфери [1]. До таких рослин відносять хвойні, які широко представлені в зелених насадженнях промислових міст [3, 16]. Оскільки деревні рослини впродовж багатьох років зростають у місцях висадки, це дає змогу вивчати їх реакцію на вплив забрудненого середовища протягом тривалого часу на різних рівнях — від генетичного до рівня організму [5]. У степовій зоні України хвойні зростають за межами природного ареалу і змушені адаптуватися до несприятливого кліматичного режиму, а в умовах індустріальних центрів — також до техногенно забрудненого середовища. Їх біоекологічний потенціал порівняно з природними видами дещо знижений, тому генеративна сфера цих інтродуцентів є чутливішою до змін довкілля [14]. Більшість видів роду *Picea* характеризуються невисокою стійкістю до умов урботехногенного середовища [10]. У насадженнях промислових міст степової зони України ці види, зокрема *P. abies* (L.) Karst., активно почали використовувати у другій половині XX ст.

В урботехногенному середовищі під впливом аерополютантів у *P. abies* пошкоджується хвоя, знижується тривалість життя, життєздатність та якість пилку, збільшується кількість аномальних пилкових зерен [8]. Негативний вплив аерополютантів на життєздатність пилку посилюється в період випадання туманів і кислих дощів [2]. За таких умов у хвойних збільшується частота патологій під час мікроспорогенезу [4]. Зниження якості пилку за

© Е.Р. ГУСЕЙНОВА, І.І. КОРШИКОВ, 2017

значного забруднення середовища призводить до втрати урожаю шишок та зменшення насіннєвої продуктивності [5]. Дослідження стійкості репродуктивної сфери *P. abies* до впливу урботехногенного середовища в степовій зоні вперше було проведено на південному сході України, де цей інтродуцент мало поширений [8]. У містах Правобережного Степу, зокрема у Кривому Розі, де валовий викид в атмосферу токсичних газів і аерозолів перевищує 0,5 млн тонн на рік цей вид значно поширений [6, 9]. Наявність насаджень 30—40-річного віку в різних частинах м. Кривого Рогу дає змогу об'єктивно визначити сукупний вплив на генеративну сферу *P. abies*.

Мета роботи — проаналізувати якість пилку *Picea abies* (L.) Karst. у насадженнях, які зазнають різний вплив аеротехногенного забруднення в умовах великого промислового міста в степовій зоні.

Матеріал та методи

Матеріал для дослідження — пилок *P. abies*, свіжозібраний у період масового розкриття стробілів навесні 2016 р. Збирали по 3 зразки з 10 дерев 30—40-річного віку в дев'яти насадженнях, вісім з яких були розташовані приблизно по всій довжині м. Кривого Рогу (126 км) в трьох районах (Тернівському, Покровському та Металургійному) і зазнавали вплив вихлопних газів автотранспорту: біля проїзної частини з інтенсивним автотранспортним рухом по вул. Черкасова (ділянка № 5), вул. Ватутіна (№ 6), проспекту Металургів (№ 7). Два насадження, розташовавні біля Північного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК) і металургійного комбінату ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ділянки № 8 і 9), зазнавали вплив емісій цих підприємств. Три насадження — з відносно фоновим рівнем урботехногенного забруднення: парк Героїв АТО (ділянка № 4), парк «Шахтарський» (№ 3), дендрарій Криворізького ботанічного саду НАН України (ділянка № 2). Насадження, розташоване в сільській місцевості на відстані понад 50 км від м. Кривого Рогу, не зазнавало вплив аерополютантів. Його розглядали як контрольне, в якому рослини реагували на несприятливі природно-кліматичні умови степової зони.

У 100 пилкових зерен одного зразка визначали морфометричні параметри тіла і повітряних мішків, вимірювали мікрометром ширину та довжину, виявляли кількість і спектр аномального пилку. Ці дослідження проводили з використанням мікроскопа Carl Zeiss Primo Star (400). Вимірювання пилку здійснювали в програмі AxioVision.

Вміст крохмалю у пилку, як показник його фертильності, визначали в розчині ацетокарміну за інтенсивністю забарвлення [10]. Життєздатність пилку (у трьох повторностях) встановлювали, пророщуючи його у 15 % розчині сахарози за температури 25 °С. Через 2—3 дні підраховували кількість зерен, які утворили трубки. У 100 пророслих пилкових зерен вимірювали довжину пилкових трубок. Типи аномалій пилку і пилкових трубок *P. abies* визначали, використовуючи класифікації, наведені у працях Н.Е. Носкової (2006), І.І. Коршикова (2014), Н.А. Калашник (2012), С.С. Тупіцина (2015). Статистичну обробку даних проводили за допомогою пакета програм MC Excel.

Статистичну значущість відмінності показників визначали за t-критерієм Стьюдента.

Результати та обговорення

Порівняно з рослинами контрольного насадження за довжиною, довжиною і висотою тіла пилкових зерен пилок рослин з дендрарію КБС у середньому був меншим на 1,9, 1,8, і 1,5 % (рис. 1). Коефіцієнт варіації морфометричних показників пилку у рослин з контрольного насадження становив 7,1—11,4 %, що відповідає низькому рівню мінливості. Найменші за розмірами пилкові зерна виявлено у рослин у насадженні біля металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг»: довжина пилку — 79,8—107,6 мкм, довжина тіла — 42,2—84,1 мкм, висота тіла — 39,3—72,4 мкм, що відповідно на 25,8 , 34,2 та 29,5 % було менше, ніж у дерев з контрольного насадження. Дещо більшими були показники у дерев *P. abies*, які зростали біля ПівнГЗК, що

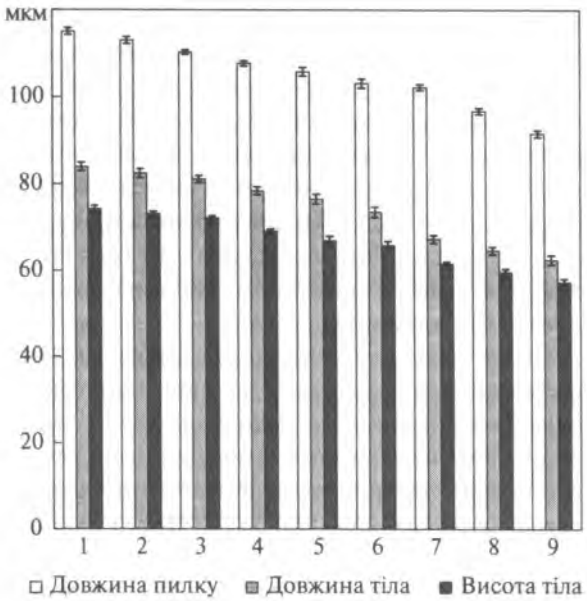


Рис. 1. Морфометричні показники пилкових зерен рослин *P. abies* у насадженнях м. Кривого Рогу (№ 2–9) і за його межами (№ 1)

Fig. 1. The morphometric parameters of pollen grains of *P. abies* plants in Kryvyi Rih plantations (N 2—9) and outside the city (N 1)

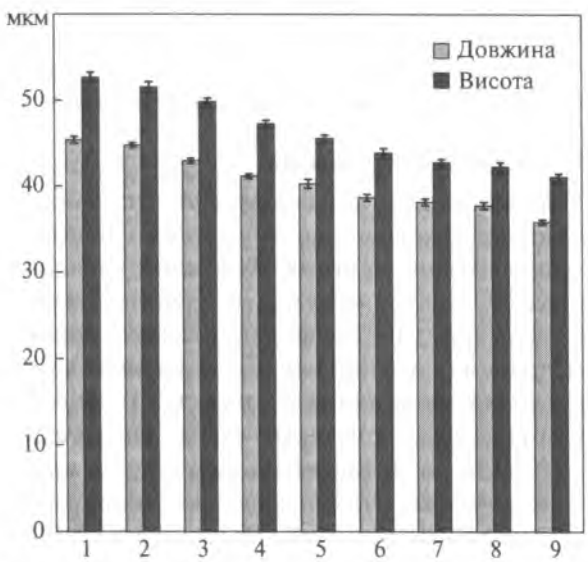


Рис. 2. Морфометричні показники повітряних мішків у пилку рослин *P. abies* у насадженнях м. Кривого Рогу (№ 2—9) та за його межами (№ 1)

Fig. 2. The morphometric parameters of air bags of pollen of *P. abies* plants in Kryvyi Rih plantations (N 2—9) and outside the city (N 1)

пояснюється впливом емісій на рослини у 2015—2016 рр. Біля автошляхів (№ 5—7) морфометричні показники пилку в середньому були меншими на 10,9, 15,9 і 14,5 % порівняно з контролем, що свідчить про негативну дію вихлопних газів автотранспорту на генеративну сферу рослини.

Найбільші повітряні мішки пилкових зерен зафіксовано також у рослин з контрольного насадження (рис. 2): довжина (39,1—55,2 мкм) і висота (43—67,4 мкм) мішків перевищували аналогічні показники рослин з дендрарію КБС відповідно на 1,3 та 2,1 %. Розміри повітряних мішків у рослин з насаджень біля доріг (№ 5—7) та металургійних підприємств (№ 7 і 8) у середньому були меншими (довжина на 16,2 і 23,2 %, висота 19,4 і 26,3 %) порівняно з пилком рослин насадження № 1.

Отримані дані відповідають результатам І.В. Макогон (2012) та Y. Zirui (2014) [7, 15]. У рослин паркових насаджень (№ 2—4) діапазон розміру пилку та повітряних мішків був набагато більшим порівняно з рослинами, які зазнавали вплив емісій металургійного та гірничо-збагачувального комбінату (№ 7 і 8).

Найвищий показник фертильності пилку виявлено у рослин з контрольної ділянки (86,3 %), а найменший (46,5 %) — у рослин, які зростають поблизу підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг» (рис. 3). Установлено загальну закономірність: найбільша кількість фертильного та життєздатного пилку — у рослин з паркових насаджень і дендрарію КБС, а найменша — з найбільш забруднених територій біля промислових підприємств.

У рослин *P. abies* виявлено незрілий, деформований і дегенеруючий пилок, а також пилкові зерна з аномаліями, які відповідали типам, описаним у літературі [4, 7, 11, 13]. На частку недорозвиненого, деформованого і дегенеруючого пилку у рослин із 8 насаджень припадало 6,4—21,2 %, у дерев з контрольного насадження — 1,4 %, що у 4,6 разу менше порівняно з рослинами з дендрарію КБС. У рослин з контрольного насадження відзначено найменшу частку пилку з аномаліями — 3,5 %, що у 2,6 разу менше, ніж у дерев з денд-

рарію КБС та у 6,3 і 9,4 разу — порівняно з рослинами з пришляхових насаджень та біля промислових підприємств. Серед аномалій розвитку пилку у рослин на відносно малозабруднених аерополютантами ділянках (позаміське насадження, КБС, парк «Шахтарський» та парк Героїв АТО) траплявся «карликовий» (1,0—1,2 %) та «гігантський» (0,2—0,4 %) пилок. У «карликового» і «гігантського» пилку довжина пилку становить відповідно 38,3—62,4 і 145,1—152,3 мкм, довжина тіла — 26,9—38,6 та 118,1—128,3 мкм, висота тіла —19,5—33,2 і 111,7—125,9 мкм, довжина повітряних мішків — 10,2—26,7 та 62,8—76,4 мкм, висота — 14,7—28,6 і 81,2—94,3 мкм. Із порушень, пов'язаних з розвитком повітряних мішків, траплялися великі та малі повітряні мішки щодо тіла — відповідно 0,2—0,4 і 0,1—0,2 %, із аномалій пилку, пов'язаних з розмірами та наявністю мішків, різні розміри — 0,2—0,8 %, один мішок — 0,1—0,2 %, відсутність мішків — 0,1—0,3 %. У рослин з парку «Шахтарський» та парку Героїв АТО виявлено пилок з трьома і чотирма мішками (0,3 %) та пилок комірцевої форми (0,1 %).

Більший рівень аномалій пилку відзначено у рослин з насаджень біля доріг з високим автотранспортним рухом та поблизу промислових підприємств. Так, частота «карликового» та «гігантського» пилку становила відповідно 2—3,2 і 1,1—2,1 %, великих повітряних мішків щодо тіла — 0,3—2,4 %, малих повітряних мішків — 0,2—0,6 %, різних розмірів мішків — 0,7—2,8 %, наявності одного мішка — 0,5—1,2 %, 3—4 мішків — 0,4—0,8 %, відсутності мішків — 0,4—0,8 %. Виявлено нові види тератоморфного пилку порівняно з малозабрудненими ділянками: мішки, які зрослися, — 0,1—0,3 %, комірцеву форму — 0,2—0,5 %, лінзоподібну форму — 0,3—0,7 %, «бахрому» замість тіла та повітряних мішків — 0,1—0,7 %. Отже, у рослин *P. abies*, котрі зазнають вплив вихлопних газів автотранспорту та викидів металургійних підприємств м. Кривого Рогу, утворювалося значно більше аномальних пилкових зерен і більше форм аномалій, ніж у дерев з контрольного насадження.

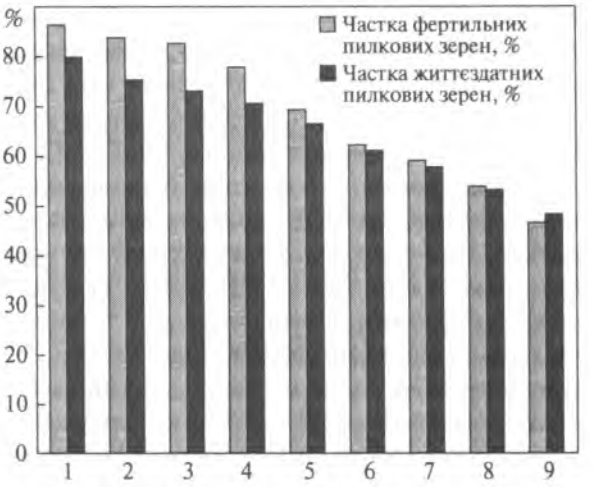


Рис. 3. Частка фертильних та життєздатних пилкових зерен у рослин *P. abies* у насадженнях м. Кривого Рогу (№ 2–9) і за його межами (№ 1)

Fig. 3. The number of fertile and viable of pollen grains of *P. abies* plants in Kryvyi Rih plantations (N 2–9) and outside the city (N 1)

Пилок рослин з максимальними розмірами відзначався найбільшою життєздатністю при пророщуванні порівняно з деревами з мінімальними розмірами пилкових зерен, яких було значно більше в насадженнях, які зазнавали вплив емісій промислових підприємств. Так, на ділянці № 1 частка життєздатних пилкових зерен становила 79,9 %, а на ділянці № 9 — 48,3 %. Довжина пилкових трубок при пророщуванні пилку варіювала від 47,7 до 249,4 мкм. У дерев з природних популяцій *P. abies* у Фінляндії життєздатність пилку становила 62—98 %, а довжина пилкових трубок — 37—252 мкм [17]. У дерев, які зростали біля промислових підприємств, довжина пилкових трубок у середньому дорівнювала 71,2 мкм, а у дерев з насаджень парків і КБС — 150,7 мкм.

Виявлено п'ять типів аномалій росту пилкових трубок: стовщення, викривлення, дорсовентральне проростання пилкових зерен, розгалуження за типом «оленячі роги», утворення двох трубок у дорсальній частині пилку, раніше описані для пилку *Pinus pallasiana* та інших видів хвойних [4, 7, 11, 13]. Усі зазначені типи аномалій пилкових трубок при лабораторному

пророщуванні пилку з різною частотою траплялися у дерев *P. abies* з різних насаджень. Частка аномалій першого, другого і третього типу становила відповідно 0,2, 1,4 та 0,4 % у пилку рослин з контрольного насадження, 4,9, 3,2 і 2,1 % — у пилку рослин з насаджень біля автомагістралей, 7,6, 6,1 та 4,6 % — у пилку рослин з насаджень біля «АрселорМіттал Кривий Ріг», що відповідно в 24,5, 2,3, 5,3 і 38,0, 4,4 і 11,5 разу перевищувало контрольні показники. Найбільшу частоту пилкових трубок з розгалуженням типу «оленячі роги» встановлено у рослин з насадження біля ПівнГЗК — 8,4 %, тоді як у насадженні біля «АрселорМіттал Кривий Ріг» таких було 5,7 %. Найменший показник (0,9 %) виявлено у рослин з насадження № 1.

При пророщуванні пилку в лабораторних умовах найбільшу частоту пилкових трубок відзначено у рослин *P. abies* з насадження біля «АрселорМіттал Кривий Ріг» — 29,5 %, що в 7 разів більше порівняно з рослинами з контрольного насадження та у 2,3 разу менше порівняно з рослинами з дендрарію КБС. Високу частоту аномалій пилкових трубок установлено для рослин, які зростали біля автомагістралей, — у 5,3 разу більше порівняно з контрольним показником.

Таким чином, збільшення рівня аеротехногенного забруднення призводить до зростання частки пилку зі зменшеними пилковими трубками та частоти їх аномалій. Це спричиняє зменшення кількості повноцінного насіння у рослин, які зазнають значний вплив викидів промислових підприємств.

Висновки

На процеси формування і розвитку пилку *P. abies* негативно впливають екологічні чинники урботехногенного середовища великого промислового міста у степовій зоні України, що виявляється зменшенням кількості фертильного пилку, збільшенням частоти тератоморфних типів пилкових зерен, їх повітряних мішків і пилкових трубок при пророщуванні пилку в лабораторних умовах.

У рослин, які зазнають надмірний вплив вихлопних газів автотранспорту та особливо викидів великих промислових підприємств, виявлено значно більшу кількість аномальних пилкових зерен та появу нових типів порівняно з деревами з малозабруднених насаджень: без мішків, мішки, які зрослися, «бахрома» замість тіла та мішків, комірцева і лінзоподібна форма. У рослин, які зростають біля металургійних підприємств, у 7 разів збільшується частка пилку з аномальними пилковими трубками при пророщуванні в лабораторних умовах порівняно з рослинами з контрольного насадження.

Частоту аномалій пилкових зерен *P. abies*, а також патологій розвитку пилкових трубок при пророщуванні пилку можна використовувати для індикації аеротехногенного забруднення середовища в промислових містах України.

1. *Артамонов В.И.* Занимательная физиология растений / В.И. Артамонов. — М.: Агропромиздат, 1991. — 336 с.
2. *Бажина Е.В.* Успехи современной биологии в экосистемах озера Байкал / Е.В. Бажина, И.Н. Третьякова // Лесоведение. — 1999. — № 4. — С. 30—38.
3. *Дзюба О.Ф.* Тератоморфные пыльцевые зерна в современных и палеопалинологических спектрах и некоторые проблемы палиностратиграфии / О.Ф. Дзюба // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2007. — № 2. — С. 1—22.
4. *Калашник Н.А.* Аномалии пыльцы у сосны обыкновенной в различных экологических условиях / Н.А. Калашник // Бюл. Ботан. сада Саратов. гос. ун-та. — 2012. — Вып. 10.— С. 46—52.
5. *Коршиков И.И.* Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды / И.И. Коршиков. — К.: Наук. думка, 1996. — 240 с.
6. *Коршиков І.І.* Життєздатність *Picea abies* у м. Кривий Ріг степової зони України / І.І. Коршиков, Е.Р. Гусейнова // Інтродукція рослин. — 2017. — № 2. — С. 60—67.
7. *Коршиков І.І.* Якість пилку *Pinus pallasiana* (*Pinaceae*) з насаджень екологічно безпечних і техногенно забруднених територій степової зони України / І.І. Коршиков, О.В. Лаптєва // Укр. ботан. журн. — 2014. — Т. 71, № 5. — С. 590—598.
8. *Макогон И.В.* Качество пыльцы в связи с генетическими особенностями *P. abies* (L.) Karst, в интродукционном насаждении / И.В. Макогон, И.И. Коршиков // Бюл. гос. Никит. ботан. сада. — 2012. — Вып. 105. — С. 107—112.
9. *Національна* доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2010 році. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. — 254 с.

10. *Носкова Н.Е.* Половая репродукция сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях экологического стресса: Автореф. дис. .... канд. биол. наук / Н.Е. Носкова. — Красноярск, 2005. — 20 с.
11. *Носкова Н.Е.* Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной / Н.Е. Носкова, И.Н. Третьякова // Хвойные бореальной зоны. — 2006. — Т. 23, вып. 3. — С. 54—63.
12. *Паушева З.П.* Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. — М.: Агропромиздат, 1988. — 256 с.
13. *Тупицын С.С.* Мужская генеративная сфера сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в разных экологических условиях (обзор) / С.С. Тупицын // АгроЭкоИнфо. — 2015. — № 6.
14. *Чугреев М.Ю.* Исследование мужской генеративной сферы как способ определения перспективности интродуцированных видов / М.Ю. Чугреев, Л.М. Стародубцева // Лесная генетика и селекция. — 2015. — № 4. — С. 66—73.
15. *Zirui J.* Pollen morphology of 20 species in Picea by scanning electron microscope / J. Zirui, W. Junhui, Z. Shougong // Scientia Silvae Sinicae. — 2014. — Vol. 50(5). — P. 49—61.
16. *Pepponi G.P.* Investigation of the correlation between pollen viability and its elemental composition // G.P. Pepponi, V.G. Mihucz, G. Záray / XII Hungarian-Italian symposium on Spectrochemistry: environmental pollution and human health / (Pécs, October 23—27, 2005). — Budapest, 2005. — P. 46. — [Електроний ресурс]. — Режим доступу: http://www.speciation.net/Public/Events/pdf
17. *Variation* in pollen viability among *Picea abies* genotypes — potential for unequal paternal success / T.O. Nikkanen, T.S. Aronen, H.M. Häggman, M.O. Venäläinen // Theor Appl Genet. — 2000. — Vol. 101. — p. 511—518.

Рекомендувала О.П. Похильченко
Надійшла 02.08.2017

REFERENCES

1. *Artamonov, V.I.* (1991), Zanimatelnaja fiziologija rastenij [Entertaining of plant physiology]. Moscow: Agropromizdat, 336 p.
2. *Bazhina, E.V. and Tretjakova, I.N.* (1999), Uspehi sovremennoj biologii v jekosistemah ozera Bajkal [Advances of modern biology in the ecosystems of Lake Baikal]. Lesovedenie [Forest Science], N 4, pp. 30—38.
3. *Dzjuba, O.F.* (2007), Teratomorfnye pylcevye zerna v sovremennyh i paleopalinologicheskih spektrah i nekotorye problemy palinostratigrafii [Teratomorphic pollen grains in modern and paleolalinological spectra and some problems of palynostratigraphy]. Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika [Oil and gas geology. Theory and practice], N 2, pp. 1—22.
4. *Kalashnik, N.A.* (2012), Anomalii pylcy u sosny obyknovennoj v razlichnyh jekologicheskih uslovijah [Anomalies of pollen *Pinus sylvestris* L., in various ecological conditions]. Bjulleten Botanicheskogo sada Saratovskogo Gosudarstvennogo un-ta [Bulletin of the State Saratov Botanical Garden], vol. 10, pp. 46—52.
5. *Korshikov, I.I.* (1996), Adaptacija rastenij k uslovijam tehnogenno zagrjaznennoj sredy [Plant adaptation to conditions of technogenic polluted environment]. Kyiv, Nauk. dumka, 240 p.
6. *Korshykov, I.I. and Gusejnova, E.R.* (2017), Zhyttjezdatnist *Picea abies* u m. Kryvyj Rig Stepovoi zony Ukrainy [Vitality of Picea abies in Kryvyi Rih of Steppe zone of Ukraine]. Introdukcija roslyn [Plant Introduction], N 2, pp. 60—67.
7. *Korshykov, I.I. and Laptjeva, O.V.* (2014), Jakist pylku *Pinus pallasiana (Pinaceae)* z nasadzhen ekologichno bezpechnyh i tehnogenno zabrudnenyh terytorij stepovoi zony Ukrainy [Quality pollen of *Pinus pallasiana (Pinaceae)* plantations of environmentally friendly and technologically contaminated areas steppe zone of Ukraine]. Ukr. bot. zhurn [Ukr. Bot. J.], N 5, pp. 590—598.
8. *Makogon, I.V. and Korshikov, I.I.* (2012), Kachestvo pylcy v svjazi s geneticheskimi osobennostjami *P. abies* (L.) Karst, v introdukcionnom nasazhdenii [Pollen quality in connection with the genetic characteristics of *P. abies* (L.) Karst, in the introduction plantation]. Bjulleten Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada [Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden], vol. 105, pp. 107—112.
9. *Nacionalna* dopovid pro stan navkolyshnogo seredovyshha v Ukraini u 2010 roci [The national report on the state of the environment in Ukraine in 2010]. Kyiv, Centr ekologichnoi osvity ta informacii, 254 p.
10. *Noskova, N.E.* (2005), Polovaja reprodukcija sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) v uslovijah jekologicheskogo stressa [Sexual reproduction of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) under environmental stress]: Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Krasnojarsk, 20 p.
11. *Noskova, N.E.* (2006), Vlijanie stressa na reproduktivnye sposobnosti sosny obyknovennoj [The impact of stress on reproductive ability of *Pinus sylvestris* L.]. Hvojnye borealnoj zony [Coniferous of boreal zone], vol. 3, pp. 54—63.
12. *Pausheva, Z.P.* (1988), Praktykum po cytologyy rastenyj [Workshop on plant cytology]. Moscow: Agropromyzdat, 256 p.
13. *Tupicyn, S.S.* (2015), Muzhskaja generativnaja sfera sosny obyknovennoj (Pinus *sylvestris* L.) v raznyh jekologicheskih uslovijah (obzor) [Male generative sphere of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in different ecological conditions (review)]. AgroJekoInfo, N 6.
14. *Chugreev, M.Ju. and Starodubceva, L.M.* (2015), Issledovanie muzhskoj generativnoj sfery kak sposob opredele-

nija perspektivnosti introducirovannyh vidov [Research of the male generative sphere as a way to determine the prospects of introduced species]. Lesnaja genetika i selekcija [Forest Genetics and Selection], N 4, pp. 66—73.

15. *Zirui, J., Junhui, W. and Shougong, Z.* (2014), Pollen morphology of 20 species in Picea by scanning electron microscope. Scientia Silvae Sinicae, vol. 50 (5), pp. 49—61.
16. *Pepponi, G.P., Mihucz, V.G. and Záray G.* (2005), Investigation of the correlation between pollen viability and its elemental composition. XII Hungarian-Italian symposium on Spectrochemistry: environmental pollution and human health (Pécs, October 23—27, 2005). Budapest, 46 p.
17. *Nikkanen, T.O., Aronen, T.S., Häggman, H.M. and Venäläinen, M.O.* (2000), Variation in pollen viability among *Picea abies* genotypes — potential for unequal paternal success. Theor Appl Genet., vol. 101, pp. 511—518.

Recommended by O.P. Pokhilchenko
Received 02.08.2017

Э.Р. Гусейнова [1], И.И. Коршиков [1, 2]

[1] Криворожский ботанический сад НАН Украины, Украина, г. Кривой Рог
[2] Донецкий ботанический сад НАН Украины, Украина, г. Кривой Рог

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЫЛЬЦЫ *PICEA ABIES* (L.) KARST. В НАСАЖДЕНИЯХ КРИВОРОЖЬЯ

Цель — проанализировать качество пыльцы *Picea abies* (L.) Karst. в насаждениях, которые подвергаются разному влиянию аеротехногенного загрязнения в условиях крупного промышленного города в степной зоне.

Материал и методы. Объектом изучения была пыльца 30—40-летних деревьев *P. abies* из девяти насаждений, восемь из которых расположены примерно по всей длине г. Кривого Рога (120 км) с разным уровнем техногенного загрязнения, одно — за его пределами (контрольное).

Результаты. Наибольшей жизнеспособностью (79,9 %), фертильностью (86,3 %) и максимальными размерами пыльцевых зерен характеризуются растения из насаждения за пределами города, а наименьшей (48,3 и 46,5 % соответственно) — деревья в насаждениях возле промышленного предприятия «АрселорМиттал Кривой Рог», их пыльца имела минимальные размеры. Выявлены широкий спектр тератоморфных изменений пыльцы и аномалии пыльцевых трубок при прорастании пыльцы в лабораторных условиях. Установлена общая закономерность — уменьшение качества и увеличение количества аномальной пыльцы у растений *P. abies*, подвергающихся воздействию выхлопных газов автотранспорта и выбросов металлургических предприятий г. Кривого Рога.

Вывод. Частоту аномалий пыльцы и пыльцевых трубок *P. abies* можно использовать для индикации аеротехногенного загрязнения в промышленных городах Украины.

Ключевые слова: *Picea abies*, жизнеспособность пыльцы, аномалии, пыльцевые трубки, степная зона, урботехногенная среда.

E.R. Huseynova [1], I.I. Korshykov [1, 2]

[1] Kryviy Rih Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kryvyi Rih
[2] Donetsk Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kryviy Rih

DESCRIPTION OF POLLEN OF *PICEA ABIES* (L.) KARST. IN KRYVORIZHZHYA PLANTATIONS

Objective — to analyse is of pollen quality of *Picea abies* (L.) Karst. in plantations that are exposed to various aerotechnogenic pollution in the conditions of a large industrial city of the steppe zone.

Material and methods. The object of the study is pollen 30—40 year old trees *P. abies* of nine plantings, eight of which were selected nearly the entire length of Kryviy Rih (120 km) with different levels of pollution and one — outside (control).

Results. It has been established that the highest viability (79.9 %), fertility (86.3 %) and a maximum size of pollen grains from plants characterized by non-urban spaces, and the lowest (48.3 and 46.5 % respectively) — in tree plantations at industrial enterprises "ArcelorMittal Kryviy Rih" pollen which had a minimum size. We have identified a wide range of teratomorfic changes of abnormal pollen and abnormal pollen tubes at germination in the laboratory. General pattern was observed: decreasing quality and increasing the number of abnormal pollen in plants *P. abies*, affected by vehicle exhaust and emissions of the metallurgical enterprises Kryviy Rih.

Conclusion. It's proposed to use the frequency of abnormalities of the pollen and pollen tubes *P. abies* to indicate aerotechnogenic pollution in the industrial cities of Ukraine.

Key words: *Picea abies*, pollen viability, anomalies, pollen tube, steppe zone, urbotehnohenne environment.