

В.П. БЕЗСОНОВА<sup>1</sup>, С.О. ЯКОВЛЄВА-НОСАР<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Дніпропетровський державний аграрний університет  
вул. Ворошилова, 25, Дніпропетровськ, 49600, Україна  
*info@dsan.dp.ua*

<sup>2</sup> Запорізький національний університет  
вул. Жуковського, 66, Запоріжжя, 69063, Україна  
*sekr@zsu.zp.ua*

## НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН В УМОВАХ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ХЛОРОМ ТА ЙОГО СПОЛУКАМИ

---

*Ключові слова: забруднення середовища, сполуки хлору, деревні рослини, інтенсивність плодоношення, якість і життєздатність насіння*

### Вступ

Однією з найважливіших ознак перспективності лісових угруповань є їхнє природне насіннєве поновлення як показник натуралізації лісу в Степу. Як відомо, найуспішніше сільватизація відбувається в разі правильного підбору деревних видів рослин [1]. На територіях, які зазнають впливу емісій промислових підприємств, важливо використовувати породи, перспективні для створення у Степу штучного лісу. Вони повинні бути стійкими до того чи іншого типу інгредієнтів промислових викидів і мати високий репродуктивний потенціал, що необхідно для формування стійких і тривало існуючих екосистем. Відсутність самовідновлення призведе до порушення гомеостазу, через що може настати дигресія лісової екосистеми і її сукцесійні зміни на степову. Наслідок — техногенне спустелювання лісових ландшафтів [12]. Попередні дослідники виявили, що показники плодоношення деревних рослин можна використовувати у моніторингу забруднення навколишнього середовища і стану деревних фітоценозів захисних зон підприємств важкої металургії [3, 4]. У зв'язку з цим істотний інтерес становить вивчення впливу емісій титано-магнієвого виробництва, основними компонентами якого є хлор та його сполуки, на насіннєву продуктивність деревних культурбіогеоценозів. Дослідження у цьому напрямку практично відсутні. Тому нашою метою було вивчення дії інгредієнтів промислових викидів титано-магнієвого заводу (переважно Cl<sub>2</sub>, HCl, меншою мірою — вміст SO<sub>2</sub>) на показники плодоношення деревних порід штучного біогеоценозу.

### Методика досліджень

Вплив емісій титано-магнієвого комбінату (ЗТМК) вивчали в деревних культурбіогеоценозах, розташованих у сфері дії цього промислового об'єкта. Основними забруднювачами атмосферного повітря таких підприємств є хлор

© В.П. БЕЗСОНОВА, С.О. ЯКОВЛЄВА-НОСАР, 2007

і хлористий водень. Вік насаджень — 35 років. Деревостан представлений головною породою *Robinia pseudoacacia* L.; допоміжними видами є *Fraxinus lanceolata* Borkh. і *Acer negundo* L. У фітоценозі поодинокі траплялися *Ulmus carpinifolia* Rupp. ex Suckow. Підлісок утворює *Sambucus nigra* L.

Дослідні ділянки обрано за градієнтом техногенного навантаження: ділянка 1 — на відстані 0,5 км від основного джерела забруднення; 2 — 2,0 км; 3 — 3,5 км; контрольна ділянка розташована у порівняно чистій зоні і віддалена на 7 км (проти рози вітрів). За другий контроль обрано ділянку на відстані 20 км. Польові експерименти тривали 4 роки. Проби насіння відбирали з гілок одного порядку галушення декількох середніх дерев з південно-східного боку середньої частини крон. Кількість плодів на модельній гілці розраховували за методикою Н.Д. Нестеровича [10], характеристики насіння — за методикою М.С. Зориної і С.П. Кабанової [6], Міжнародними правилами [8] та ДЕСТами [11]. Життєздатність визначали методом забарвлення індигокарміном (1:2000, експозиція 2 год) і тетразолом (1:500, експозиція 24 год) [11]. Дані опрацьовані статистично [7].

#### Результати досліджень та їх обговорення

Встановлено, що в зоні забруднення довкілля інгредієнтами промислових викидів ЗТМК інтенсивність плодоношення знижується (табл. 1), найбільш суттєво — у *F. lanceolata*. У цього виду кількість плодів на модельній гілці на ділянках 1 і 2 становить 61,5 і 66,5 % від контролю, відповідно (рис. 1). Порівняння цих двох варіантів засвідчує, що відмінність у числі плодів статистично недостовірна. На найменш забрудненій ділянці цей показник становить 77,7 %.

Істотне зниження інтенсивності плодоношення спостерігається і у *R. pseudoacacia*. В зоні найбільшого забруднення — це 69,5 % від контролю, а на відстані 2,0 км не змінюється (70,4 % від контрольного значення). На ділянці 3 кількість плодів на модельній гілці на 16,8 % менша, ніж у контрольному варіанті.

Інтенсивність плодоношення у *S. nigra* статистично достовірно знижується на всіх дослідних ділянках і становить, відповідно, 71,8, 74,0 та 81,3 % щодо контролю. Ступінь зменшення цього показника на трьох ділянках в зоні емісій ЗТМК близький за значеннями, тобто різниця в кількості плодів на 1, 2 і 3-й ділянках статистично недостовірна.

Таблиця 1. Кількість плодів на модельній гілці з різних ділянок віддаленості від титано-магнієвого комбінату, шт.

Вид	Ділянка 1	t	Ділянка 2	t	Ділянка 3	t	Контроль
<i>A. negundo</i>	78,6±2,1	4,45	75,4±2,3	5,23	85,3±1,1	2,78	92,4±2,3
<i>F. lanceolata</i>	92,4±5,1	5,08	100,1±4,2	4,55	116,8±8,1	2,57	150,3±10,2
<i>R. pseudoacacia</i>	70,4±6,8	4,14	71,3±3,2	6,73	84,3±2,3	4,40	101,3±3,1
<i>S. nigra</i>	335,1±8,6	9,41	346,3±9,8	8,17	380,4±10,2	5,79	467,9±11,2
<i>U. carpinifolia</i>	78,5±2,5	6,04	83,4±2,4	4,64	83,8±2,8	4,11	98,2±2,1

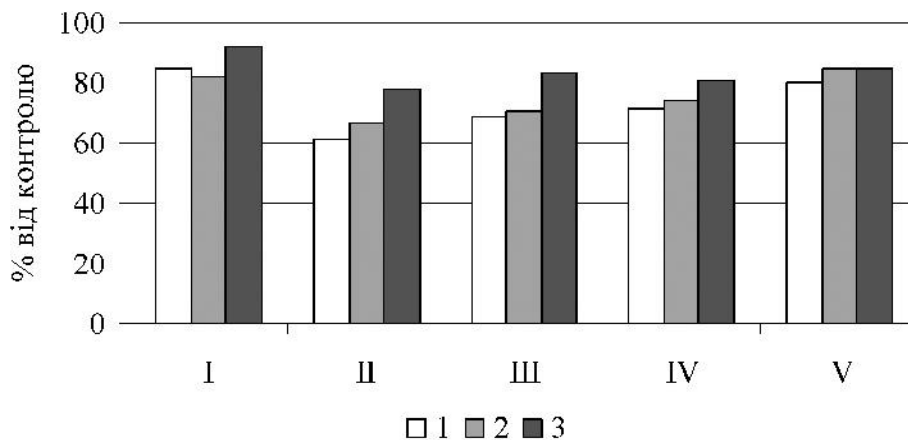


Рис. 1. Вплив забруднення довкілля на кількість плодів на модельній гілці, % від контролю. Відстань від джерела забруднення: 1–3 – ділянки 1–3; види (тут і на рис. 2): I – *A. negundo*, II – *F. lanceolata*, III – *R. pseudoacacia*, IV – *S. nigra*, V – *U. carpinifolia*

Fig. 1. Influence of environmental contamination on the quantity of fruits on a model branch, % from the control. Distance from the source of contamination: 1–3 – Area 1–3; species of plants (here and on fig. 2): I – *A. negundo*, II – *F. lanceolata*, III – *R. pseudoacacia*, IV – *S. nigra*, V – *U. carpinifolia*

У таких видів, як *A. negundo* і *U. carpinifolia*, інтенсивність плодоношення на ділянках 1 і 2 зменшується стосовно контролю практично однаково. Так, у безпосередній близькості до основного джерела забруднення вона знижується у першого виду на 14,9 %, на відстані 2,0 км – на 18,4 %, у другого виду ці цифри дорівнюють, відповідно, 20,1 і 15,1 %. На ділянці 3 кількість плодів на модельній гілці дещо підвищується порівняно з показниками на 1-й і 2-й, що пов'язано з нижчим рівнем забруднення. За даних умов інтенсивність плодоношення в *A. negundo* становить 92,3 %, у *U. carpinifolia* – 85,3 % від контрольних значень.

Незважаючи на те, що рівень пригнічення плодоутворення у дослідних видів деревних порід на ділянках, розташованих на відстані 0,5 і 2,0 км від основного джерела забруднення (за розою вітрів), є різним, слід відзначити, що ступінь негативного впливу промислових емісій на даний процес в одного і того самого виду на цих ділянках практично однаковий. У *U. carpinifolia* рівень зниження цього показника близький на всіх трьох дослідних ділянках, що знаходяться у сфері впливу промислових полютантів.

За зменшенням негативної дії інгредієнтів промислових викидів на інтенсивність плодоношення деревних рослин їх можна розташувати у такий ряд: *F. lanceolata* → *R. pseudoacacia* → *S. nigra* → *U. carpinifolia* ≥ *A. negundo*.

Аналіз одержаних результатів за 2000–2001 роки засвідчує, що в цілому закономірність щодо ступеня впливу аерополютантів на інтенсивність плодоношення лісоутворюючих видів за період досліджень подібна. В ці роки *F. lanceolata* і *R. pseudoacacia* характеризувалися низькими показниками плодоношення на забруднених ділянках. Порівняно високі показники мають *A. negundo* і *U. carpinifolia*. Слід підкреслити, що *R. pseudoacacia* і *S. nigra* відзна-

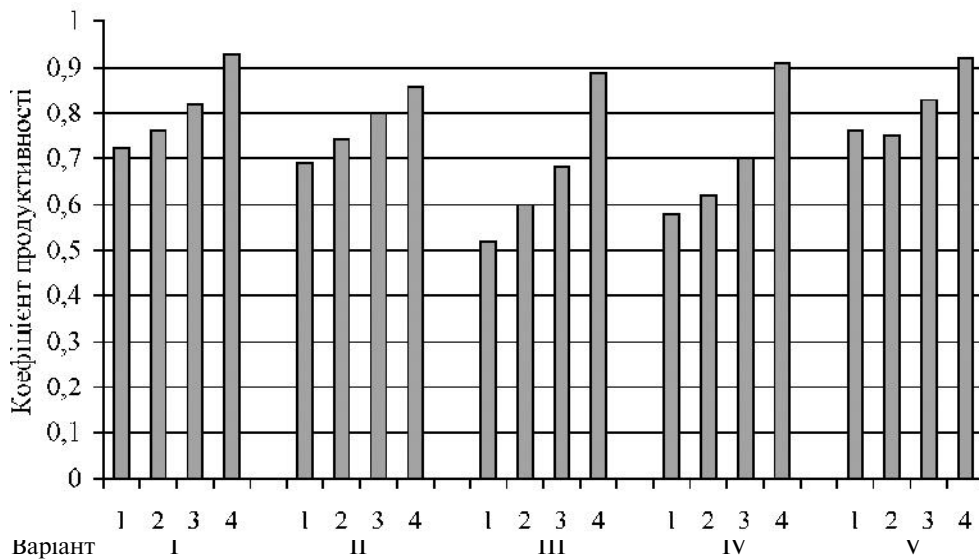


Рис. 2. Вплив емісій титано-магнієвого комбінату на коефіцієнт продуктивності деревних рослин. Відстань від джерела забруднення (тут і на рис. 3): 1–3 — ділянки 1–3, 4 — контроль

Fig. 2. The effect of titanitic-magnesium combine emission on the coefficient productivity of wood plants. Distance from the main source of contamination (here and on fig.3): 1–3 — Area 1–3, 4 — control

чаються високою толерантністю до аерополітантів за більшістю морфологічних показників. Ряд авторів відмічають збереження високого рівня плодоношення, особливо *R. pseudoacacia*, в умовах забруднення важкими металами [2],  $\text{SO}_2$  і  $\text{NO}_2$  [5]. Однак підкреслюється висока уразливість цього процесу у вищевказаного виду до викидів коксохімічного виробництва [2].

Під впливом промислових емісій знижується коефіцієнт продуктивності, який є відношенням кількості плодів до кількості квіток, що продукуються особою. Найсуттєвіше він зменшується у комахозапильних видів *R. pseudoacacia* і *S. nigra*. Зниження коефіцієнта продуктивності свідчить, що значна кількість квіток не утворюють плодів.

В обох досліджених порід на всіх забруднених ділянках зміна параметра є дуже близькою. Так, якщо у *R. pseudoacacia* на ділянці 1 коефіцієнт продуктивності становить 60,7 % від норми, на ділянці 2 — 67,4 %, на ділянці 3 — 77,5 %, то для *S. nigra*, відповідно, — 63,0, 67,4, 77,2 % від контролю.

Менше змінюється коефіцієнт продуктивності в анемофільних видів (рис. 2). Найвищим він є в *A. negundo* і *U. carpinifolia*. У безпосередній близькості від джерела розсіювання він знижується, відповідно, на 22,6 і 17,2 % порівняно з контрольними рослинами, в умовах середнього забруднення — на 17,2 і 18,3 %, слабого — на 11,8 % в обох видів.

Більш важливою характеристикою стану екосистеми, від якої значною мірою залежить її самовідновлення, є якість насіння. Вона визначає життєздатність сходів, їх нормальний розвиток на перших етапах онтогенезу.

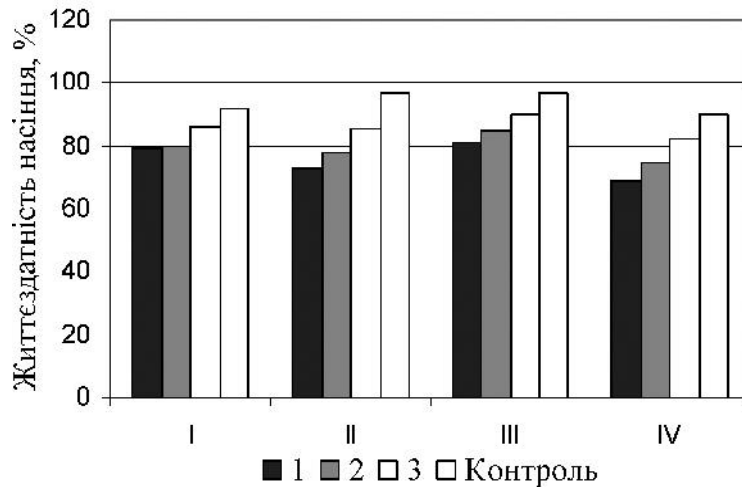


Рис. 3. Вплив емісій титано-магнієвого комбінату на життєздатність насіння деревних рослин, %. I — *A. negundo*, II — *F. lanceolata*, III — *R. pseudoacacia*, IV — *U. carpinifolia*  
 Fig. 3. The effect of titanic-magnesium combine emission on the viability of seeds of wood plants, %. I — *A. negundo*, II — *F. lanceolata*, III — *R. pseudoacacia*, IV — *U. carpinifolia*

За показник вповненості кондиційного за вологою насіння прийнято масу 1 тис. насінин [6]. Маса насіння є важливим параметром, оскільки він відображає запаси поживних речовин, які використовуються у процесі його проростання [9]. Встановлено, що в усіх досліджуваних деревних порід в умовах хронічної дії промислових емісій маса 1 тис. насінин зменшується. Слід відзначити, що найбільшою мірою це характерно для зони найвищого забруднення довкілля у *F. lanceolata* і *U. carpinifolia*. У цих видів маса насіння рослин на відстані 0,5 км від головного джерела промислових викидів ста-

Таблиця 2. Маса 1 тис. насінин з різних ділянок віддаленості від титано-магнієвого комбінату, г

Вид	Ділянка 1	Ділянка 2	Ділянка 3	Контроль
<i>A. negundo</i>	$37,4 \pm 1,2$ 79,5	$39,1 \pm 1,3$ 83,0	$39,6 \pm 1,4$ 84,1	$47,1 \pm 2,1$ 100,0
<i>F. lanceolata</i>	$13,3 \pm 1,3$ 70,3	$14,8 \pm 0,8$ 78,3	$15,2 \pm 0,8$ 80,4	$18,9 \pm 1,2$ 100,0
<i>R. pseudoacacia</i>	$17,7 \pm 0,9$ 80,0	$18,2 \pm 0,8$ 82,3	$18,9 \pm 1,0$ 85,6	$22,1 \pm 1,1$ 100,0
<i>S. nigra</i>	$4,2 \pm 0,7$ 80,7	$4,4 \pm 0,3$ 84,6	$4,5 \pm 0,4$ 86,5	$5,2 \pm 0,4$ 100,0
<i>U. carpinifolia</i>	$5,9 \pm 0,3$ 67,8	$6,5 \pm 0,5$ 74,7	$7,0 \pm 0,5$ 80,5	$8,7 \pm 0,4$ 100,0

Примітка: чисельник — вага насіння, знаменник — % від контролю.

новить, відповідно, 70,3 і 67,8 % від контролю (табл. 2). Зниження маси 1 тис. насінин засвідчує, що в умовах забруднення довкілля підвищується відсоток невиповненого насіння.

Найбільш надійним і об'єктивним показником якості насіння є його життєздатність. Як видно з рис. 3, її величина щодо контролю суттєво знижується у таких видів, як *U. carpinifolia* і *F. lanceolata*. Дещо вища вона у *R. pseudoacacia* і *A. negundo*. Так, на найближчій до головного джерела ділянці у *F. lanceolata* життєздатність насіння становить 72,9 % від контролю, в *U. carpinifolia* — 68,7 %. У *R. pseudoacacia* і *A. negundo* цей показник досягає 81,0 і 78,9 %, відповідно. На відстані 3,5 км від джерела забруднення найсуттєвіше зменшення життєздатності насіння спостерігається у таких видів, як *F. lanceolata* і *U. carpinifolia*, що дорівнює 85,4 і 82,3 % від контрольних значень.

Отже, забруднення довкілля інгредієнтами промислових викидів призводить до порушень у формуванні насіння, що не може не вплинути на їхню життєздатність. Найчастіше відзначаються недорозвиток сім'ядолей або редукція однієї з них, несформованість зародкового корінця або бруньки. Внаслідок цього у штучних лісових фітоценозах у зоні постійної дії техногенних полутантів відзначається пригнічення процесів плодо- і насіннеутворення, зменшуються маса насіння і його життєздатність.

## Висновки

1. У зоні забруднення довкілля сполуками хлору інтенсивність плодоношення деревних рослин знижується. За зменшенням негативної дії промислових емісій на рівень плодоутворення досліджені види можна розташувати у такий ряд: *F. lanceolata* > *R. pseudoacacia* > *S. nigra* > *U. carpinifolia* ≥ *A. negundo*.

2. Найсуттєвіше коефіцієнт продуктивності знижується в ентомофільних видів *R. pseudoacacia* і *S. nigra*.

3. Встановлено зниження якості насіння деревних порід (маси 1 тис. насінин, життєздатності насіння) за градієнтом забруднення довкілля, що є найбільш вираженим у *F. lanceolata* та *U. carpinifolia*.

4. Показники інтенсивності плодоношення та якості насіння рекомендовано використовувати в моніторингових дослідженнях для оцінки ступеня деградації деревних фітоценозів за умов техногенного стресу.

1. Бельгард А.Л. Что такое лесное сообщество в степи // Вопр. степного лесоведения и охраны природы. — Днепропетровск: Изд-во Днепроп. гос. ун-та, 1977. — С. 27—32.
2. Бессонова В.П., Грицай З.В. Интенсивность плодоношения древесных растений в условиях загрязнения среды // Деп. в Укр. НИИНТИ № 6613-Ук.93 от 23.03 1993 г. — Днепропетровск, 1993. — 12 с.
3. Бессонова В.П., Грицай З.В., Козюкіна Ж.Т. Показники плодоношення деревних рослин у моніторингу забруднення навколишнього середовища // Урбанізація як фактор змін біоценотичного покриву. — Львів: Акад. експрес, 1994. — С. 100—101.
4. Бессонова В.П., Юсупова Т.И. Влияние загрязнения природной среды на плодоношение древесных растений // Лесн. хоз-во. — 1998. — № 2. — С. 39—40.
5. Бессонова В.П., Юсупова Т.И. Семенное возобновление древесных растений и про-

- мышленные поллютанты (SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>). — Запорожье: Изд-во Запорож. гос. ун-та, 2001. — 193 с.
6. Зорина М.С., Кабанова С.П. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов // Методы интрод. исслед. — Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1987. — С. 75—85.
  7. Лакин Г.Ф. Биометрия: Уч. пос. для биол. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.
  8. Международные правила определения качества семян. — М.: Колос, 1969. — 184 с.
  9. Мэгайр Дж.Д. Качество семян и их прорастание // Физиол. и биохим. покоя и прораст. семян. — М.: Колос, 1982. — С. 254—272.
  10. Нестерович Н.Д. Плодоношение интродуцированных древесных растений в БССР. — Минск: Изд-во АН БССР, 1958. — 383 с.
  11. Семена деревьев и кустарников. Правила отбора образцов, методы определения посевных качеств семян. ГОСТы 13056.1-67; 13056.2-89; 13056.3-86; 13056.4-67; 13056.5-76; 13056.7-93; 13056.8-68; 13056.11-68. — М., 1996. — 25 с.
  12. Травлев А.П. Присамарский международный биосферный стационар — мониторинг биологического разнообразия и опустынивания биогеоценозов степной зоны Украины // Вопр. степн. лесов. и лесн. рекульт. земель. — Днепропетровск: Изд-во Днепроп. гос. ун-та, 1997. — С. 4—10.

Рекомендує до друку  
Я.П. Дідух

Надійшла 14.06.2005

*В.П. Бессонова<sup>1</sup>, С.О. Яковлева-Носар<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Днепропетровский государственный аграрный университет

<sup>2</sup> Запорожский национальный университет

#### СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ХЛОРОМ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯМИ

Исследовано влияние аэротехногенного загрязнения (приоритетные соединения Cl<sub>2</sub>, HCl, в меньшей степени — SO<sub>2</sub>) на интенсивность плодоношения и качество семян пяти древесных видов — основных лесобразующих пород в условиях юго-востока Украины. Установлено снижение изучаемых показателей по градиенту техногенной нагрузки. Даны рекомендации относительно их использования при практическом мониторинге.

*Ключевые слова: загрязнение среды, соединения хлора, древесные растения, интенсивность плодоношения, качество и жизнеспособность семян*

*V.P. Bessonova<sup>1</sup>, S.O. Yakovleva-Nosar<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Dnepropetrovsk State Agrarian University

<sup>2</sup> Zaporozhian National University

#### SEED PRODUCTION OF ARBOREAL PLANTS UNDER THE CONDITIONS OF CONTAMINATION OF THE ENVIRONMENT BY CHLORINE AND ITS COMPOUNDS

Influence of environmental contamination (priority compound Cl<sub>2</sub>, HCl in less degree SO<sub>2</sub>) on descriptions of intensity of fruiting and quality of five species seed of arboreal breeds of basic forest-forming in the conditions of south-east of Ukraine were investigated. The decline of the studied indexes on the gradient of the technogenic loading is set. Recommendations in relation to their use at the practical monitoring are given.

*Key words: environment pollution, chloride compounds, arboreous plants, intensity of fruiting, quality and viability of seeds*