



УДК 504.5+574.084

© 2008

С. С. Руденко, О. Д. Зароченцева

Вплив імітованих кислотних дощів на продуктивність лісових екосистем у мікрокосмах

(Представлено членом-кореспондентом НАН України А. П. Травлєсвим)

The influence of a simulated acid rain with pH = 2.0 and pH = 3.0 on the biomass increment and its structure is investigated for main forest-forming species of the Chernivtsi region in microcosmical models. A decrease of the biomass increment for all species under the action of an acid rain with pH = 2.0 is shown. The influence of an acid rain with pH = 3.0 stimulates the biomass increment in conifers.

Кислотні опади — одна з основних складових глобальної екологічної кризи. Особливо небезпечним фактором навколишнього середовища вважають усі види метеорологічних опадів: дощ, сніг, град, туман, дощ зі снігом, значення рН яких менше, ніж середнє значення рН дощової води (5,6).

Кислотні опади впливають на лісові екосистеми двома шляхами: непрямим — через ґрунт і кореневу систему та прямим — безпосередньо і головним чином на листя. Необхідно підкреслити, що зазначені шляхи впливу не можуть бути відокремленими один від одного, оскільки зазвичай ці процеси відбуваються одночасно, і будь-який з них, залежно від обставин, домінує [1].

Актуальність запропонованого нами підходу обумовлена усе зростаючою необхідністю вивчення впливу складових глобальної екологічної кризи на стан рослин, зокрема, визначення еколого-біохімічних реакцій едифікаторних деревних порід певних територій. В природних умовах такі дослідження організувати неможливо, тому нами започатковано використання для цих цілей штучних екосистем — мікрокосмів. Пріоритет у застосуванні мікрокосмів належить американським дослідникам [2, 3], натомість в Україні аналогічний підхід використано нами вперше.

Метою роботи було розроблення методики визначення продуктивності деревних порід у мікрокосмах та її застосування для оцінки стійкості лісових видів-едифікаторів за умов імітації кислотного дощу.

Матеріали та методика досліджень. За досліджувани види було обрано деревні породи, які є едифікаторами лісових екосистем у Чернівецької області, а саме: бук лісовий

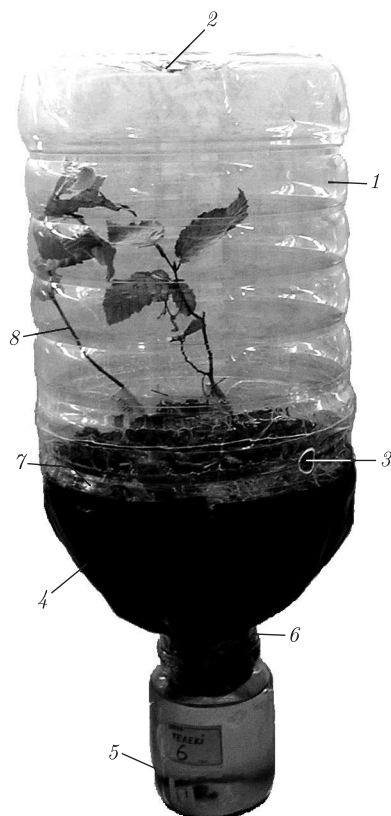


Рис. 1. Мікрокосм з вмонтованим фрагментом лісової екосистеми:
 1 — корпус мікрокосму; 2 — отвір для імітації опадів; 3 — отвір для надходження повітря; 4 — ємність для ґрунту, що обгорнута чорним світлонепроникним пакетом; 5 — резервуар для збору ґрунтових вод; 6 — ізоляція; 7 — ґрунт, взятий разом з рослинами; 8 — рослини

(*Fagus sylvatica* L.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), ялина звичайна (*Picea abies* (L.) Karst.) і ялиця біла (*Abies alba* Mill.).

Сіяння бука лісового (*Fagus sylvatica* L.), граба звичайного (*Carpinus betulus* L.) та дуба звичайного (*Quercus robur* L.) відбирали в лісництві с. Поляна Хотинського району Чернівецької області (Хотинський високогірний горбкувато-пасмовий, лісовий фізико-географічний район) [4]; ялину звичайну (*Picea abies* (L.) Karst.) і ялицю білу (*Abies alba* Mill.) — у лісництві с. Шепіт Путильського району Чернівецької області (Путильський низькогірний, лісо-лучний фізико-географічний район) [4].

Модельними екосистемами — мікрокосмами протягом 2005–2007 рр. створювали запланований режим імітації умов забруднення навколишнього середовища кислотними сполуками. У ході експерименту досліджували продуктивність деревних порід за умов імітації кислотного дощу з рН 2,0 та рН 3,0. З цією метою рослини після відбору висаджували у п'ятилітрові пластикові ємності. У кожному мікрокосмі висаджували по два сіянці досліджуваних порід. Повторність для кожного варіанта була восьмикратною (рис. 1). Тривалість експерименту два місяці. Протягом цього періоду мікрокосми не відкривалися, щоб не порушити чистоту експерименту. Під час експерименту мікрокосми утримували в культиватійній кімнаті при температурі 22–25 °С і відносній вологості повітря 75%. Фотоперіод регулювали за допомогою реле часу: світловий період тривав 16 год, темновий — 8, що

приблизно відповідає тривалості світлового дня липня місяця в помірних широтах. Протягом експерименту контрольні мікрокосми поливали дистильованою водою по 50 мл двічі на тиждень, дослідні — імітованим кислотним дощем з рН 2,0 та рН 3,0 у такій самій кількості.

“Кислотні дощі” готували за допомогою дистильованої води, підкисленою сульфатною та нітратною кислотами до необхідного значення. Показник рН вимірювався на рН-метр-мілівольтметрі рН-150МА із скляним комбінованим лабораторним електродом ЭСКЛ-08М.

Розроблена авторами методика оцінки продуктивності деревних порід містить такі операції. На кожному дереві нумерували всі гілки, для зручності нумерацію починали з нижніх гілок стовбура. Після проведення цієї процедури заміряли лінійні розміри головного та бічних пагонів, а також діаметр головного пагона. Цю процедуру повторювали в останній день експерименту. Приріст головного та бічних пагонів у довжину визначали ваговим методом шляхом зважування частин, які приросли за час експерименту, на електронній вазі AXIS AD 600. Приростом бічних пагонів за об’ємом у цій методиці нехтуємо, оскільки даний показник мав значення в межах похибки. Порівняння латерального приросту маси головного пагона до початку та після завершення експерименту переводили в одиниці маси за спеціальними коефіцієнтами для конкретної породи [5].

Латеральний приріст біомаси головного пагона знаходили за узагальненою формулою:

$$PC_{л} = \frac{(V_1 - V_0)k}{1000} = \frac{\left(\pi \left(\frac{1}{2}d_1\right)^2 H - \pi \left(\frac{1}{2}d_0\right)^2 H\right)k}{1000}, \quad (1)$$

де $PC_{л}$ — латеральний приріст маси головного пагона (за об’ємом), г; V_0 та V_1 — об’єми головного пагона перед початком та після закінчення експерименту, mm^3 ; k — об’ємна маса деревини певної породи, $г/см^3$; 1000 — коефіцієнт для переведення кубічних сантиметрів у кубічні міліметри; H — висота головного пагона перед початком або після закінчення експерименту (без верхівкового приросту, який відрізається), мм; $\pi = 3,14$; d_0 та d_1 — діаметри головного пагона перед початком та після закінчення експерименту, мм.

Для знаходження загального приросту біомаси окремого дерева підсумовували масу апікального та латерального приростів головного пагона та масу приросту бічних пагонів у довжину:

$$ЗП = PC_a + PC_{л} + ПГ, \quad (2)$$

де ЗП — загальний приріст, г; PC_a — апікальний приріст маси головного пагона, г; $PC_{л}$ — латеральний приріст маси головного пагона (за об’ємом), г; ПГ — приріст бічних пагонів, г.

Результати дослідження та обговорення. Апікальний та латеральний прирости маси стовбура і приріст бічних пагонів у всіх досліджуваних порід при дії “кислотного дощу” (рН 2,0) або відсутні зовсім, або є набагато нижчими від контрольних значень (табл. 1). Загальний приріст у *Fagus sylvatica* L. знижується на 73%, у *Carpinus betulus* L. — на 98%, у *Quercus robur* L. — на 94%, в обох хвойних породах — на 96% порівняно з приростами дерев у контрольних мікрокосмах. Отримані нами результати збігаються з описаними А. М. Тарко із співавторами, які зазначають, що підвищення кислотності опадів супроводжується надходженням азоту, який при сильних впливах викликає зниження продуктивності, аж до загибелі рослин [6]. Вплив “кислотного дощу” (рН 3,0) на *Fagus sylvatica* L. змінює загальний приріст, який на 65% нижчий, ніж приріст дерев у контрольних мікрокосмах (див. табл. 2).

У контрольних дерев *Carpinus betulus* L. загальний приріст біомаси на 70% вищий, ніж аналогічний показник у дослідних дерев. Під впливом “кислотного дощу” (рН 3,0) у *Quercus robur* L. спостерігали найвищий приріст біомаси з усіх досліджуваних порід, хоча порівняно з контролем він є меншим на 45%.

В обох хвойних породах — і у *Picea abies* (L.) Karst., і у *Abies alba* Mill. при дії “кислотного дощу” (рН 3,0) спостерігається збільшення приросту порівняно з контролем відповідно на 102 та 14% (див. табл. 2). Це підтверджується дослідженнями американських вчених, які довели на прикладі *Pinus strobus*, що пошкодження листків, а отже, і зниження продуктивності у хвойних порід починається при дії імітованого кислотного дощу (рН < 2,5–2,0) [7].

Таким чином, на прикладі п’яти лісоутворювальних порід доведено ефективність застосування розробленої нами методики — визначення приросту деревних рослин у мікрокосмах. Встановлено, що імітація кислотного дощу зі значенням рН 2,0 викликає пригнічення приросту біомаси у *Fagus sylvatica* L., *Carpinus betulus* L., *Quercus robur* L., *Picea abies* (L.) Karst. та *Abies alba* Mill., а зі значенням рН 3,0 діє різноспрямовано на приріст хвойних та листяних порід: у хвойних стимулює, а у листяних — впливає негативно.

Таблиця 1. Приріст деревних порід при імітації кислотного дощу (рН 2,0) у мікрокосмах ($n = 8$)

Деревні породи		Апікальний приріст стовбура, г	Латеральний приріст стовбура, г	Приріст бічних пагонів, г	Загальний приріст, г
<i>Fagus sylvatica</i> L.	Контроль	0,015 ± 0,002	0,214 ± 0,023	0,051 ± 0,010	0,280 ± 0,020
	Дослід	0*	0,075 ± 0,018*	0*	0,075 ± 0,018*
<i>Carpinus betulus</i> L.	Контроль	0,016 ± 0,004	0,117 ± 0,025	0,042 ± 0,010	0,175 ± 0,025
	Дослід	0,003 ± 0*	0*	0*	0,003 ± 0*
<i>Quercus robur</i> L.	Контроль	0,018 ± 0,004	0,248 ± 0,037	0,056 ± 0,013	0,322 ± 0,034
	Дослід	0,018 ± 0,010	0*	0*	0,018 ± 0,005*
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	Контроль	0,016 ± 0,002	0,148 ± 0,023	0,022 ± 0,004	0,186 ± 0,023
	Дослід	0*	0*	0,007 ± 0,001*	0,007 ± 0,001*
<i>Abies alba</i> Mill.	Контроль	0,020 ± 0,005	0,215 ± 0,021	0,038 ± 0,011	0,273 ± 0,020
	Дослід	0*	0*	0,010 ± 0,001*	0,010 ± 0,001*

* Наявність достовірної різниці ($p < 0,05$).

Таблиця 2. Приріст деревних порід при імітації кислотного дощу (рН 3,0) у мікрокосмах ($n = 8$)

Деревні породи		Апікальний приріст стовбура, г	Латеральний приріст стовбура, г	Приріст бічних пагонів, г	Загальний приріст, г
<i>Fagus sylvatica</i> L.	Контроль	0,058 ± 0,027	0,527 ± 0,050	0,321 ± 0,055	0,906 ± 0,053
	Дослід	0,079 ± 0,030	0,382 ± 0,028*	0,127 ± 0,055*	0,588 ± 0,093*
<i>Carpinus betulus</i> L.	Контроль	0,024 ± 0,006	0,213 ± 0,014	0,028 ± 0,006	0,265 ± 0,023
	Дослід	0,033 ± 0,001	0,142 ± 0,023*	0,012 ± 0,004	0,187 ± 0,021*
<i>Quercus robur</i> L.	Контроль	0,012 ± 0,004	1,200 ± 0,180	0,200 ± 0,055	1,412 ± 0,152
	Дослід	0,030 ± 0,006*	0,500 ± 0,100*	0,110 ± 0,040	0,640 ± 0,090*
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	Контроль	0	0,230 ± 0,104	0,064 ± 0,016	0,295 ± 0,082
	Дослід	0	0,555 ± 0,124	0,040 ± 0,012	0,595 ± 0,092*
<i>Abies alba</i> Mill.	Контроль	0,010 ± 0,007	0,520 ± 0,020	0,020 ± 0,010	0,550 ± 0,015
	Дослід	0,008 ± 0,005	0,590 ± 0,017*	0,030 ± 0,010	0,628 ± 0,018*

* Наявність достовірної різниці ($p < 0,05$).

1. Хорват Л. Кислотный дождь. – Москва: Стройиздат, 1990. – 79 с.
2. Drake J. A., Huxel G. R., Hewitt C. Microcosms as models for generating and testing community theory // Ecology. – 1996. – **77**. – P. 670–677.
3. Одум Ю. Экология: В 2 т. – Москва: Мир, 1986. – Т. 1. – 326 с.
4. Навчально-красневчий атлас Чернівецької області / Гол. ред. Я. І. Жупанський. – Чернівці, 2000. – 24 с.
5. Биология древесных растений / Под. ред. А. Ф. Иванова. – Минск, 1975. – 264 с.
6. Тарко А. М., Ведюшкин М. М., Писаренко Н. Ф., Татаринев Ф. А. Моделирование воздействия промышленных загрязнений на лесные экосистемы. – Москва: ВЦ АН СССР, 1987. – 19 с.
7. Haines B., Stefani M. and Hendrix F. Acid rain: threshold of leaf damage in eight plant species from a Southern Appalachian forest succession // Water, Air, and Soil Pollution. – 1980. – **14**. – P. 403–407.

Чернівецький національний університет
ім. Юрія Федьковича

Надійшло до редакції 13.09.2007