

ЕКОЛОГО-БІОГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛИСТОВОГО ОПАДУ ШТУЧНИХ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ СТЕПУ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ

В. Савосько

*Криворізький педагогічний інститут
ДВНЗ «Криворізький національний університет»
пр. Гагаріна, 54, Кривий Ріг 50086, Україна
e-mail: savosko@list.ru*

Штучні деревні насадження Криворіжжя в умовах степу на фоні антропогенного забруднення продукують від 50 до 210 г/м² рік⁻¹ листового опаду (в середньому 128,0±8,8 г/м² рік⁻¹). Еколого-біогеохімічні показники листового опаду цих насаджень є водночас типовими (щорічний потік, вміст зольних речовин) та оригінальними (вміст кальцію і магнію, а також частково кислотність водної витяжки). Між еколого-біогеохімічними показниками листового опаду та характеристиками насаджень виявлений статистично достовірний кореляційний зв'язок. У більшості випадків цей зв'язок буває прямий, слабкої або середньої сили. Розраховані мультирегресійні рівняння свідчать, що потік листового опаду на 43,33–71,15%, а вміст кальцію в листовому опаді на 40,97–50,45% залежать від ботаніко-екологічних характеристик насаджень.

Ключові слова: потік листового опаду, вміст зольних речовин, кальцій, магній, рН, Криворіжжя.

Як відомо, незначна та дуже різноманітна лісистість території нашої держави загалом, особливо в посушливій степовій зоні, актуалізує наукові дослідження, спрямовані на покращення наявних і створення нових насаджень у степовій зоні України. Проте в умовах цього регіону штучні деревні насадження зазнають подвійного негативного впливу: посушливого клімату й антропогенного забруднення [4, 6, 12, 22]. Тому на даний час актуальними є пошук і обґрунтування інформаційних екологічних маркерів, які індикують сучасний стан та подальший розвиток штучних деревних насаджень.

Важливим чинником існування стійких природних і штучних деревних насаджень у посушливих умовах Степу на фоні антропогенного забруднення довкілля промислових регіонів є лісова підстилка та її найактивніший компонент – листовий опад. Адже листовий опад – це унікальне природне утворення, що є важливою еколого-біогеохімічною ланкою між дендрофітоценозом і едафотопом. Саме він визначає напрям потоків речовини й енергії у системі «рослинність–грунт», утримує від вимивання провідні біофільні елементи і рівномірно розподіляє їх надходження [3, 7, 9, 29]. Знання про екологічні, біологічні та біогеохімічні особливості листового опаду є одним із фундаментальних аспектів розуміння стійкості й довговічності штучних деревних насаджень, що може бути запорукою підтримки їх життєздатності на високому рівні.

Мета роботи – з'ясувати основні еколого-біогеохімічні особливості листового опаду штучних деревних насаджень Криворіжжя.

Матеріали та методи

Дослідження були проведені в межах трьох лісових масивів, які контрастно репрезентують штучні деревні насадження Криворіжжя: 1) Довгинцівського дендропарку, 2) захисної смуги Карачунівського водосховища, 3) парку «Веселі Терни». На теренах

цих масивів, де спостерігаються типові екологічні й едафічні умови, були закладені моніторингові ділянки розміром 20×20 м у кількості від 3 до 5 шт. [2].

У межах ділянок протягом вегетаційних сезонів 2007–2009 років за загальноприйнятими методиками [2] встановлювали вертикальну структуру насаджень; проводили вимірювання висоти і діаметра стовбура на висоті 1,3 м дерев першого та другого ярусів; визначали за ознаками щільності крони, ступеня пошкодження листя (дефоліація та дехромація) і наявності мертвих гілок відносний життєвий стан дерев. Водночас у центральній частині ділянок із квадратів 50×50 см у десятикратній повторюваності відбирали зразки листового опаду [15].

У камеральних умовах розраховували відносний життєвий стан штучних деревних насаджень (за В.А. Алексєєвим [1]) та запас стовбурної деревини порід (за Н.П. Анучиним [2]). Зразки листового опаду висушували, зважували, подрібнювали та просіювали крізь сито розміром 2 мм. Кислотність листового опаду визначали іонометрично у водній витяжці (співвідношення опад:вода – 1:25). Вміст зольних речовин у листовому опаді визначали гравіметрично після сухого прожарювання в муфельній печі при температурі 550°C [15]. Одержану золу розчиняли розведеною 1:1 HNO_3 . У мінералізаті титриметрично визначали вміст кальцію та магнію [15]. Отримані результати опрацьовували математично з використанням варіаційної, кореляційної та регресійної статистик на рівні значущості $P < 0,95$ [14].

Результати і їхнє обговорення

Характеристика штучних деревних насаджень. Екологічні умови території розміщення штучних деревних насаджень Криворіжжя є досить різноманітними (табл. 1). Так, насадження Довгинцівського дендропарку були створені у 50-60 роках ХХ ст. на плакорі – вирівняних міжрічкових ділянках. За таких обставин максимально проявляються природно-кліматичні умови степу: родючі чорноземні ґрунти і дефіцит вологи [19, 20]. Встановлено, що основні масиви дендропарку були сформовані з використанням як аборигенних (дуб звичайний *Quercus robur* L. – діл. № I, II, III; табл. 1), так і інтродукованих (сосна лісова *Pinus sylvestris* L. – діл. № IV і береза повисла *Betula pendula* Roth. діл. № V; табл. 1) видів. При цьому насадження моніторингових ділянок характеризуються несформованістю вертикальної структури і типовими для більшості видів таксаційними показниками.

Захисні деревні насадження Карачунівського водосховища також мають цілком штучне походження та були створені впродовж 30–70 років ХХ ст. [18, 19]. Видовий склад моніторингових ділянок сформований аборигенним (дуб звичайний *Quercus robur* L. – діл. № VIII, IX, X; табл. 1) та інтродукованими видами (акація біла *Robinia pseudoacacia* L. – діл. № VI, VII; табл. 1). Дефіцит ґрунтової вологи (апріорі визначається віддаленістю від води), час та схема посадки зумовлюють різноманітність еколого-ботанічних показників деревних насаджень: упорядкованості вертикальної структури, таксаційних характеристик і екологічного стану. При цьому відносний життєвий стан цих насаджень був оцінений як сильно ослаблений (діл. № X), ослаблений (діл. №№ VIII, IX) і здоровий (діл. №№ VI, VII).

Унікальним об'єктом озеленення сучасного Криворіжжя є парк «Веселі Терни», який був створений наприкінці ХІХ ст. на місці природного лісу. Протягом тривалого часу його територію ретельно доглядали й використовували як парк культури та відпочинку. Проте, починаючи з кінця 80-х років ХХ ст., регулярне фінансування парку було припинене, тому роботи догляду не виконували. Як результат – на його території розпочався процес ренатуралізації деревних насаджень [18].

Важливо підкреслити, що екологічні умови території розміщення парку «Веселі Терни» дуже сприятливі для росту і розвитку деревно-чагарникових видів. Так, ґрунтовий

покрив парку представлений потужними і тучними лучно-чорноземними ґрунтами, сформованими за умов достатнього рівня зволоження (ефект заплави). Віддаленість парку від потужних гірничо-металургійних підприємств регіону дає підстави припустити, що рівні аеротехногенного забруднення незначні та не впливають на біоту. Тому цілком логічно, що деревні насадження моніторингових ділянок цього парку представлені лише аборигенними видами, мають сформовану вертикальну структуру та дуже якісні таксаційні показники. Крім того, відносний життєвий стан насаджень усіх моніторингових ділянок був оцінений виключно як «Здоровий» (табл. 1).

Таблиця 1

Ботанічні й таксаційні характеристики
штучних деревних насаджень моніторингових ділянок

| Моніторингові ділянки | Ботанічні характеристики | | Таксаційні показники насаджень I–II ярусів | | | | Відносний життєвий стан | |
|--|--------------------------|--|--|------|-----------|-----------------------|-------------------------|----------|
| | Домінуючий вид | Вертикальна структура | D, см | H, м | N, шт./га | V, м ³ /га | Бал | Оцінка |
| Насадження Довгинцівського дендропарку | | | | | | | | |
| I | Дуб звичайний | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (-), H (+) | 14 | 15 | 700 | 80 | 72 | Осл. |
| II | Дуб звичайний | AI (+), AII (+), AIII (-), Fr (-), H (+) | 18 | 10 | 1000 | 125 | 40 | Сл. осл. |
| III | Дуб звичайний | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (+), H (-) | 15 | 15 | 875 | 110 | 64 | Осл. |
| IV | Сосна лісова | AI (+), AII (-), AIII (+), Fr (+), H (+) | 24 | 20 | 525 | 230 | 72 | Осл. |
| V | Береза повисла | AI (+), AII (-), AIII (-), Fr (-), H (+) | 15 | 19 | 850 | 140 | 57 | Осл. |
| Захисні насадження Карачунівського водосховища | | | | | | | | |
| VI | Акація біла | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (+), H (+) | 25 | 22 | 300 | 155 | 82 | Здор. |
| VII | Акація біла | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (+), H (+) | 21 | 18 | 450 | 135 | 88 | Здор. |
| VIII | Дуб звичайний | AI (+), AII (+), AIII (-), Fr (-), H (-) | 18 | 15 | 600 | 110 | 65 | Осл. |
| IX | Дуб звичайний | AI (+), AII (+), AIII (-), Fr (-), H (-) | 16 | 14 | 675 | 90 | 70 | Осл. |
| X | Дуб звичайний | AI (+), AII (-), AIII (-), Fr (-), H (+) | 12 | 11 | 750 | 45 | 54 | Сл. осл. |
| Насадження парку «Веселі Терни» | | | | | | | | |
| XI | Дуб звичайний | AI (+), AII (-), AIII (-), Fr (-), H (+) | 35 | 30 | 200 | 280 | 88 | Здор. |
| XII | Тополя біла | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (+), H (+) | 30 | 27 | 300 | 275 | 86 | Здор. |
| XIII | В'яз граболистий | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (+), H (+) | 25 | 24 | 400 | 230 | 84 | Здор. |
| XIV | Клен польовий | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (+), H (+) | 25 | 26 | 400 | 250 | 82 | Здор. |
| XV | Клен гостролистий | AI (+), AII (+), AIII (+), Fr (+), H (+) | 30 | 30 | 400 | 410 | 84 | Здор. |

Примітки. Вертикальна структура: A I – перший ярус, A II – другий ярус, A III – підлісок, Fr – чагарниковий ярус, H – трав'яний ярус, «+» – наявність компонента в ярусі, «-» – відсутність компонента в ярусі. Таксаційні показники: D – діаметр стовбура на висоті 1,3 м, см; H – висота, м; N – щільність, шт./га; V – запас деревини, м³/га. Стан насаджень: Здор. – здоровий, Осл. – ослаблений, Сл. осл. – сильно ослаблений.

Еколого-біогеохімічні показники листового опадку. Узагальнюючи результати трирічних досліджень, слід відзначити, що штучні деревні насадження Криворіжжя в умовах степу на фоні антропогенного забруднення щорічно продукують від 50 до 210 г/м² рік⁻¹ листового опадку, при середньому значенні 128,0±8,8 г/м² рік⁻¹ (рис. 1). Такі рівні потоків є типовими для листяних лісів, як у зональних, так і в азоніальних (степові ландшафти) місцевостях [3, 5, 8, 13, 16, 24, 27, 28].

Досліджені нами масиви деревних насаджень Криворіжжя характеризуються певними відмінностями в показниках потоків листового опадку. Так, на моніторингових ділянках Довгинцівського дендропарку закономірно встановлені найменші значення

надходжень листового опаду: $50\text{--}150\text{ г/м}^2\text{ рік}^{-1}$, при середньому – $111,0\pm 9,2\text{ г/м}^2\text{ рік}^{-1}$. При цьому на моніторинговій ділянці, де спостерігалася максимально сформована вертикальна структура насаджень (діл. № IV), виявлені максимальні значення потоку листового опаду (рис. 1).

В умовах посушливого клімату Степу успішний ріст деревних насаджень детермінується наявністю ґрунтового зволоження. На теренах деревних насаджень захисної смуги Карачунівського водосховища факт дії ґрунтового зволоження нами апіорі визначався відстанню моніторингової ділянки від води. Тому в цих насадженнях є чіткий зв'язок інтенсивності потоків листового опаду та відстані від води моніторингових ділянок (рис. 1).

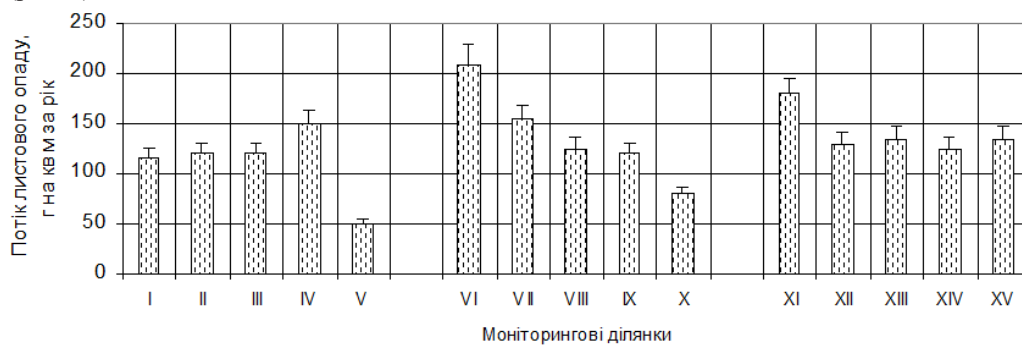


Рис. 1. Потік листового опаду в штучних деревних насадженнях Криворіжжя (моніторингові ділянки див. табл. 1).

На нашу думку, одноманітність екологічних умов деревних насаджень парку «Веселі Терни» зумовлюють відносну вирівняність щорічних потоків листового опаду. За винятком XI ділянки (де значення цього показника максимальні $160\text{ г/м}^2\text{ рік}^{-1}$), діапазон коливань надходжень листового опаду на інших ділянках незначний – від 125 до $135\text{ г/м}^2\text{ рік}^{-1}$. Також слід відзначити, що встановлені нами в межах моніторингових ділянок парку «Веселі Терни» середні значення надходження листового опаду $135,0\pm 2,3\text{ г/м}^2\text{ рік}^{-1}$ є найвищими, порівняно з насадженнями інших масивів (рис. 1).

Як відомо, листовий опад деревних насаджень містить певну кількість кислотнolужних елементів, тому істотним чином впливає на процеси ґрунтоутворення та формування системи «ґрунт-рослина» [9, 11, 17, 23]. За результатами наших досліджень листовий опад штучних деревних насаджень Криворіжжя характеризується нейтральною та лужною реакцією водної витяжки (рис. 2).

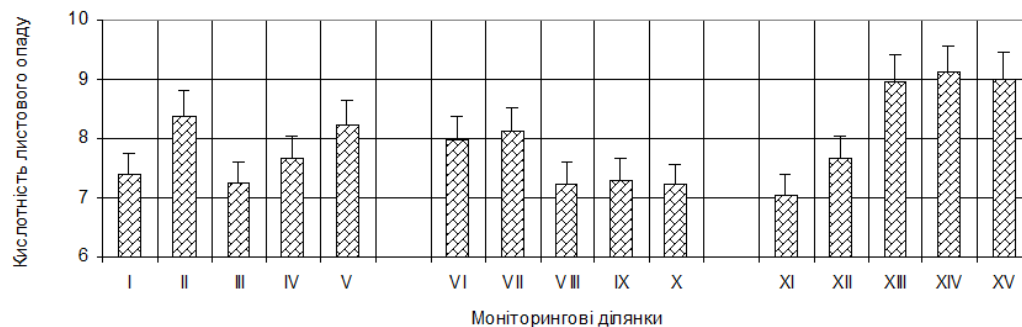


Рис. 2. Кислотність листового опаду штучних деревних насаджень Криворіжжя (моніторингові ділянки див. табл. 1).

Максимальні значення кислотності листового опаду виявлені в насадженнях парку «Веселі Терни» – від 7,04 до 9,12, а в середньому – $8,35 \pm 0,24$. Цей факт, на нашу думку, зумовлений інтегральним ефектом сукупної дії таких факторів: високими рівнями залягання ґрунтових вод і проявом «дендро-помпи» [5, 6, 25, 26], яка зумовлює висхідний рух лужноземельних елементів. У межах моніторингових ділянок захисних насаджень Карачунівського водосховища діапазон коливань показників кислотності водної витяжки листового опаду був значно меншим: від 7,21 до 8,12 (у середньому – $7,56 \pm 0,11$). Також виявлена чітка залежність зменшення значень рН листового опаду вздовж вектора віддаленості від води. У межах Довгинцівського дендропарку кислотність листового опаду характеризується нейтральною (діл. № I, III) та лужною реакцією (діл. №№ II, IV, V). При цьому середні значення за всіма моніторинговими ділянками цього дендропарку становлять $7,78 \pm 0,13$ (при коливанні від 7,24 до 8,38).

Вміст зольних речовин у листовому опаді за результатами досліджень останніх років є важливим показником листового опаду [7, 9, 13, 16]. З одного боку, кількість зольних речовин демонструє ступінь адаптованості деревних рослин до умов місцезростань. З іншого боку, рівні надходжень зольних речовин у ґрунт демонструють інтенсивність впливу деревних насаджень на ґрунт, а також частково на ґрунтові води та на біоту лісового біогеоценозу [11, 21, 22].

Аналіз отриманих результатів показав, що в листовому опаді штучних деревних насаджень Криворіжжя міститься від 6,14 до 17,80% зольних речовин, при середньому значенні $10,4 \pm 1,09$ (рис. 3). Така кількість зольних речовин порівнянна із зольністю листя і хвої, котрі були встановлені в інших промислових регіонах України та світу [5, 8, 13, 16, 27].

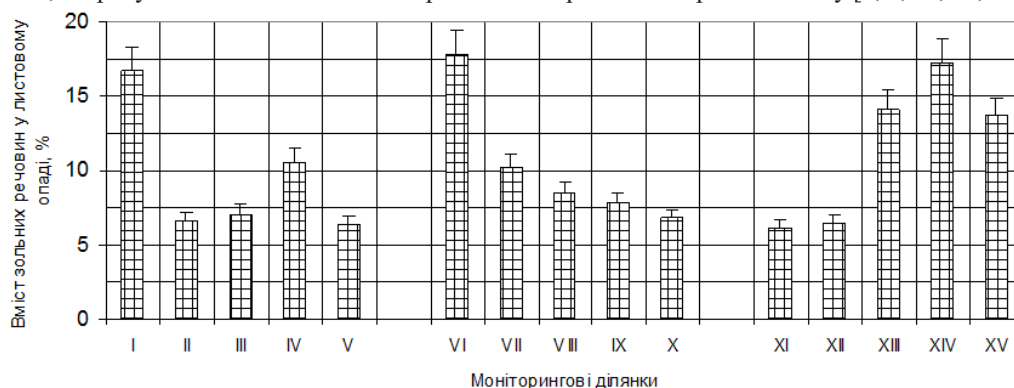


Рис. 3. Вміст зольних речовин у листовому опаді штучних деревних насаджень Криворіжжя (моніторингові ділянки див. табл. 1).

Серед біофілних елементів кальцій має особливе значення для процесів метаболізму судинних рослин. Крім того, він істотним чином впливає на провідні властивості ґрунтів, де, за влучним виразом О.Н. Соколовського, є «вартовим родючості ґрунтів» [21]. За нашими результатами, в листовому опаді штучних деревних насаджень Криворіжжя міститься від 0,08 до 0,83% кальцію, при середньому значенні $0,38 \pm 0,02$ (рис. 4). Слід зазначити, що така кількість цього елемента є типовою для зелених рослин і вказує на достатній рівень забезпеченості ним штучних деревних насаджень регіону.

Серед досліджених нами масивів максимальний вміст кальцію в листовому опаді був встановлений у насадженнях Карачунівського водосховища $0,45 \pm 0,03\%$ (межі коливань – 0,24–0,83%). Трохи менший вміст кальцію у листовому опаді насаджень парку

«Веселі Терни» – $0,37 \pm 0,02\%$ (межі коливань $0,19\text{--}0,65\%$). Листовий опад насаджень Довгинцівського дендропарку може бути охарактеризований як такий, що містить мінімальну кількість кальцію: від $0,008$ до $0,47\%$, при середньому значенні $0,32 \pm 0,02\%$.

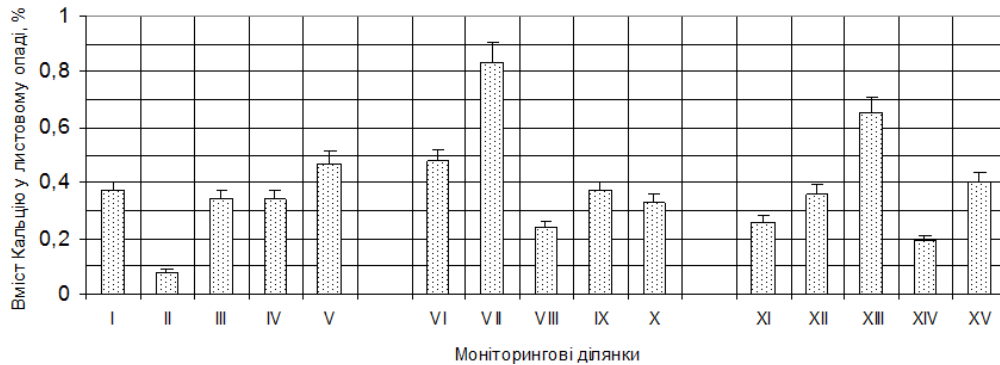


Рис. 4. Вміст кальцію у листовому опаді штучних деревних насаджень Криворіжжя (моніторингові ділянки див. табл. 1).

У більшості сучасних еколого-біогеохімічних досліджень разом з кальцієм аналізують і вміст магнію. При цьому зазначають, що магній характеризується як позитивним ефектом для рослин, так і фітотоксичністю [7, 9, 28]. Аналіз отриманих результатів показав, що в листовому опаді штучних деревних насаджень Криворіжжя міститься від $0,04$ до $0,20\%$ магнію, при середньому значенні $0,10 \pm 0,01\%$ (рис. 5). У насадженнях Карачунівського водосховища та парку «Веселі Терни» концентрації магнію в листовому опаді перебувають практично на одному рівні – $0,11 \pm 0,01\%$. Водночас вміст цього елемента в листовому опаді насаджень Довгинцівського дендропарку є мінімальним – $0,04 \pm 0,01\%$.

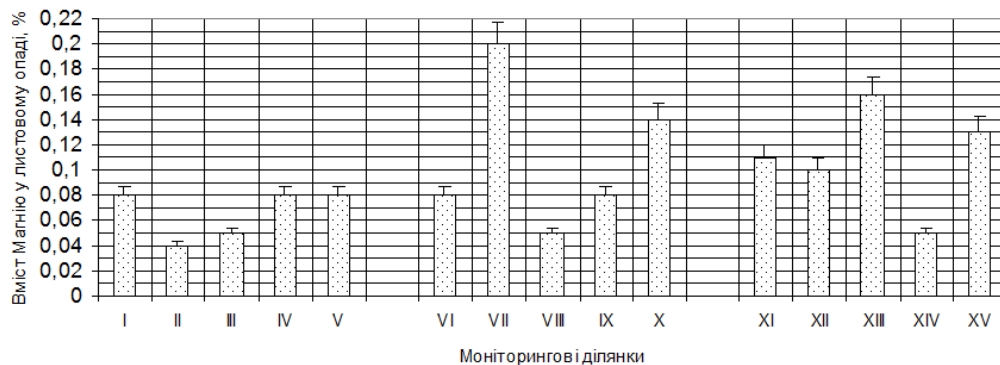


Рис. 5. Вміст магнію в листовому опаді штучних деревних насаджень Криворіжжя (моніторингові ділянки див. табл. 1).

Таким чином, еколого-біогеохімічні показники листового опаду штучних деревних насаджень Криворіжжя порівняно з даними, отриманими в інших лісових насадженнях, є водночас типовими (щорічний потік, вміст зольних речовин, частково кислотність водної витяжки) й оригінальними (вміст кальцію та магнію, а також частково кислотність водної витяжки) [6, 11, 12, 16, 26, 29].

Еколого-математичне моделювання. Аналіз результатів кореляційних розрахунків показав (табл. 2), що між еколого-біогеохімічними показниками листового опаду та провідними характеристиками штучних деревних насаджень Криворіжжя статистично достовірними є 15 коефіцієнтів кореляції (при теоретично можливих 25).

Таблиця 2

Кореляційна матриця залежностей еколого-біогеохімічних показників листового опаду від характеристик штучних деревних насаджень

| Еколого-біогеохімічні показники листового опаду | Характеристики штучних деревних насаджень | | | | |
|---|---|--------|-----------|----------------|-------------------------|
| | Діаметр стовбура на висоті 1,3 м | Висота | Щільність | Запас деревини | Відносний життєвий стан |
| Потік | 0,57** | 0,37* | -0,66** | 0,30* | 0,60** |
| Кислотність | 0,30* | 0,40* | -0,17 | 0,52** | 0,20 |
| Вміст зольних речовин | 0,17 | 0,30* | -0,39* | 0,21 | 0,45* |
| Вміст кальцію | 0,03 | 0,15 | -0,30* | 0,00 | 0,50* |
| Вміст магнію | 0,22 | 0,25 | -0,41* | 0,19 | 0,49* |

Примітки. «*» – коефіцієнти кореляції достовірні на рівні значущості $P < 0,05$; «**» – коефіцієнти кореляції достовірні на рівні значущості $P < 0,01$.

Слід зазначити, що в одинадцяти випадках коефіцієнти кореляції вказують на наявність прямого зв'язку ($r^2 > 0$), тобто при збільшенні числових значень характеристик штучних деревних насаджень відбувається збільшення еколого-біогеохімічних показників листового опаду. У чотирьох інших випадках, навпаки, має місце зворотний кореляційний зв'язок ($r^2 < 0$). Оцінюючи силу кореляційного зв'язку, слід наголосити: у 10 випадках виявлений слабкий зв'язок ($0,3 < |r^2| < 0,5$), у 5 – середній ($0,5 < |r^2| < 0,7$). При цьому в межах кореляційної матриці не виявлені випадки сильного ($0,7 < |r^2| < 0,9$) та дуже сильного ($|r^2| > 0,9$) статистичного зв'язку.

За результатами наших розрахунків, найбільш істотний і статистично достовірний вплив на еколого-біогеохімічні показники листового опаду мають значення щільності насаджень і їхнього відносного життєвого стану. Для цих характеристик штучних деревних насаджень виявлена максимальна кількість ймовірних коефіцієнтів кореляції – по чотири (з п'яти теоретично можливих). При цьому математичний знак цих коефіцієнтів вказує на наявність зворотного зв'язку для значень щільності насаджень і прямого зв'язку – для показників відносного життєвого стану.

Еколого-біогеохімічні показники листового опаду характеризуються своєрідними кореляційними зв'язками з ботаніко-екологічними характеристиками штучних деревних насаджень Криворіжжя. Так, значення щорічних потоків листового опаду та його кислотності можна використовувати для прогнозування показників діаметра стовбура та запасів деревини штучних насаджень. Одночасно значення вмісту в листовому опаді зольних речовин, кальцію та магнію перспективні для можливого майбутнього передбачення щільності деревних насаджень і їхнього відносного життєвого стану.

Наступним кроком еколого-математичного моделювання стало проведення розрахунків мультирегресійних залежностей еколого-біогеохімічних показників листового опаду від характеристик штучних деревних насаджень. При цьому статистичну значущість рівнянь регресії оцінювали за допомогою F-статистики (рівняння вважали достовірними, якщо виконувалася умова F-факт > F-табл) [8, 9, 15]. Статистична детермінованість рівнянь оцінювали за допомогою коефіцієнта множинної регресії та його значущості [10, 14].

Аналіз результатів мультирегресійних розрахунків показав, що статистично значущими виявилися тільки залежності значень потоків листового опаду та вмісту в ньому кальцію від ботаніко-екологічних характеристик штучних деревних насаджень Криворіжжя (табл. 3). Числові значення коефіцієнтів регресійних залежностей підтверджують, що для рівнів потоків листового опаду та вмісту в ньому кальцію штучних деревних насаджень Криворіжжя найбільше значення мають значення діаметра стовбурів і відносного життєвого стану насаджень.

Таблиця 3

Мультирегресійна залежність еколого-біогеохімічних показників листового опаду від характеристик штучних деревних насаджень

| Рівняння | F-статистика | | Статистика детермінованості | |
|--|--------------|--------|-----------------------------|-------|
| | F-факт | F-табл | R ² | P |
| $\Pi=6,36*D-7,57*H-0,038*N-0,030*V+1,57*VZS+53,29$ | 4,439 | 2,400 | 0,7115 | <0,01 |
| $\Pi=6,09*D-7,92*H-0,045*N+1,56*VZS+65,67$ | 6,146 | 2,600 | 0,7109 | <0,01 |
| $Ca=-0,011*D-0,006*H-0,001*N+0,017*VZS-0,663$ | 2,546 | 2,600 | 0,5045 | <0,05 |
| $\Pi=-7,14*H-0,177*N-0,201*V+0,53*VZS+294,28$ | 3,653 | 2,600 | 0,5937 | <0,05 |
| $\Pi=-0,127*N-0,093*V-0,093*VZS+223,37$ | 3,276 | 2,710 | 0,4719 | <0,05 |
| $Ca=0,0006*N-0,0007*V+0,0182*VZS-1,159$ | 3,389 | 2,710 | 0,4802 | <0,05 |
| $\Pi=-0,103*N-0,114*VZS+194,51$ | 4,587 | 2,850 | 0,4333 | <0,05 |
| $Ca=-0,00077*N+0,01804*VZS-1,3597$ | 4,164 | 2,850 | 0,4097 | <0,05 |

Примітки. Π – щорічний потік листового опаду, Ca – вміст кальцію у листовому опаді. D – діаметр стовбура на висоті 1,3 м, см; H – висота, м; N – щільність, шт./га; V – запас деревини, м³/га, VZS – відносний життєвий стан. F -факт – критерій Фішера фактичний; F -табл – критерій Фішера табличний (теоретичний). R^2 – коефіцієнт множинної регресії; P – значущість коефіцієнта множинної регресії.

Встановлено, що математичні знаки цих коефіцієнтів вказують на прямий вплив значень діаметра стовбура на висоті 1,3 м та відносного життєвого стану. Інші ботаніко-екологічні характеристики штучних деревних насаджень чинять зворотний вплив на еколого-біогеохімічні показники листового опаду. Слід зазначити, що потік листового опаду на 43,33–71,15%, а вміст кальцію в листовому опаді на 40,97–50,45% залежать від ботаніко-екологічних характеристик штучних деревних насаджень Криворіжжя.

За нашими результатами, еколого-біогеохімічні показники листового опаду штучних деревних насаджень Криворіжжя порівняно з даними, котрі були отримані в інших лісових насадженнях, є водночас типовими (щорічний потік, вміст зольних речовин, частково кислотність водної витяжки) й оригінальними (вміст кальцію та магнію, а також частково кислотність водної витяжки). Еколого-біогеохімічні показники листового опаду статистично достовірно корелюють з ботаніко-екологічними характеристиками штучних деревних насаджень. При цьому найпотужніший зв'язок було встановлено з показниками щільності насаджень (зворотний) і їхнім відносним життєвим станом (прямий). Важливо наголосити, що отримані нами результати можуть бути використані при розробці заходів моніторингу сучасного стану деревних насаджень. У подальших дослідженнях вважаємо доцільним провести більш детальні та поглиблені еколого-математичні розрахунки. Також доцільно визначити концентрації інших хімічних елементів у листовому опаді.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
2. Анучин Н. П. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность, 1977. 522 с.
3. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.
4. Бельгард А. Л. Степное лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1971. 336 с.
5. Воробейчик Е. Л. Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. 2003. № 2. С. 32–42.
6. Воробейчик Е. Л., Пищулин П. Г. Влияние отдельных деревьев на рН и содержание тяжелых металлов в лесной подстилке в условиях промышленного загрязнения // Почвоведение. 2009. № 8. С. 925–937.

7. Дмитрук Ю. М., Бербець М. А. Основи біогеохімії. Чернівці: Книги-XXI, 2009. 288 с.
8. Добровольский А. А. Особенности формирования лесной подстилки искусственных лесных ценозов степи в условиях промышленного загрязнения атмосферного воздуха. Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель. Днепропетровск: ДГУ, 1986. С. 96–101.
9. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 400 с.
10. Ефремов И. В. Моделирование почвенно-растительных систем. М.: Лики, 2008. 152 с.
11. Жицька Н. В. Сезонна динаміка руху хімічних елементів у підстилках природних лісових біогеоценозів // Ґрунтознавство. 2009. Т. 10/ № 3–4. С. 50–56.
12. Кавеленова Л. М., Здеветский А. Г., Огневенко А. Я. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Самары) // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 85–90.
13. Киричок Л. С., Бабіч О. Г. Властивості лісової підстилки у захисно-декоративних насадженнях на териконах Донбасу // Наук. вісн.: Укр. держ. лісотех. ун-т. 2004. Вип. 14.5. С. 198–202.
14. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
15. Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1967. 143 с.
16. Рожак В., Козловський В. Запаси й елементний склад опаду та підстилки в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської верховини (Українські Карпати) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2013. Вип. 62. С. 160–169.
17. Романовский М. Г., Федорова А. И., Абиссаломова О. В. Продуктивность и листовой полог нагорных дубрав южной лесостепи // Вестн. ВГУ. Сер. география и экология. 2005. № 2. С. 90–97.
18. Савосько В. М. Видовий склад та екоморфний спектр деревно-чагарникових насаджень парку «Веселі Терни» (м. Кривий Ріг) // Інтродукція рослин. 2013. № 2. С. 78–82.
19. Савосько В. М. Вміст і розподіл органічного вуглецю у культурбіогеоценозах деревних насаджень степу в умовах промислового регіону // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2014. Вип. 64. С. 226–234.
20. Савосько В. М., Копич О. Ю. Ботаніко-екологічна характеристика деревно-чагарникових насаджень Довгинцівського дендропарку (м. Кривий Ріг) // Інтродукція рослин. 2012. № 1. С. 105–113.
21. Соколовский А. Н. Сельскохозяйственное почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1956. 236 с.
22. Цветкова Н. М., Дубина А. О. Особливості міграції речовин у лісосмугах Присамар'я Дніпропетровщини // Питання степового лісознавства та лісової рекультиватії земель. 2011. Вип. 40. С. 15–19.
23. Чернобай Ю. М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів: ДПМ НАН України, 2000. 352 с.
24. Шевчук Н. Ю. Склад підстилок штучних лісових насаджень у південній частині Криворіжжя // Вісн. Дніпропетров. ун-ту. Біологія. Екологія. 2005. Вип. 12. Т. 1. С. 286–289.
25. Bauhus J., Vor T., Bartsch N., Cowling A. The effects of gaps and liming on forest floor decomposition and soil C and N dynamics in a *Fagus sylvatica* forest // Can. J. For. Res. 2004. Vol. 34. N 3. P. 509–518.
26. Bonanomi G., Incerti G., Antignani V. et al. Decomposition and nutrient dynamics in mixed litter of Mediterranean species // Plant Soil. 2010. N 331. P. 481–496.
27. Fioretto A., Di Nardo C., Papa S., Fuggi A. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three leaf litter species in a Mediterranean ecosystem // Soil Biol. Biochem. 2005. N 37. P. 1083–1091.

28. *Incerti G., Bonanomi G., Giannino F.* et al. Litter decomposition in Mediterranean ecosystems: Modelling the controlling role of climatic conditions and litter quality // *Applied Soil Ecol.* 2011. N 49. P. 148–157.
29. *Lorenz K., Preston C.M., Raspe S.* et al. Litter decomposition and humus characteristics in Canadian and German spruce ecosystems // *Soil Biol. Biochem.* 2000. N 32. P. 779–792.

Стаття: надійшла до редакції 01.07.14

доопрацьована 08.05.15

прийнята до друку 13.10.15

**ECOLOGICAL AND BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS
OF THE LEAF LITTER FALL OF THE ARTIFICIAL TREE PLANTATIONS
AT STEPPE IN THE INDUSTRIAL REGION**

V. Savosko

*Kryvyi Rih Educational Institute
State Institution of Higher Education «Kryvyi Rih National University»
54, Gagarin Ave., Kryvyi Rih 50086, Ukraine
e-mail: savosko@list.ru*

The artificial tree plantations at Kryvyi Rih mining ore region under steppe on a background of anthropogenic pollution produce from 50 to 210 g/m² year⁻¹ leaf litter (average 128.0±8.8 g/m² year⁻¹). Ecological-biogeochemical indicators of leaf litter of these plants is both typical (annual flow, ash content of substances) and original (Calcium and Magnesium concentration, as well as partially acidity of the aqueous extract). Between ecological and biogeochemical indicators of leaf litter and the characteristics of plants showed a statistically significant correlation. In most cases, this relationship is direct, low and medium power. Calculated by multi-regression equations show that the flow of leaf litter on 43,33–71,15%, and calcium content of the leaf litter on 40,97–50,45% dependent on botanical and ecological characteristics of trees.

Keywords: leaf litter fall, content of mineral elements, calcium, magnesium, pH, Kryvyi Rih ore mining region.

**ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТОВОГО ОПАДА
ИСКУССТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ СТЕПИ В УСЛОВИЯХ
ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

В. Савосько

*Криворожский педагогический институт
Государственное высшее учебное заведение
«Криворожский национальный университет»
пр. Гагарина, 54, Кривой Рог 50086, Украина
e-mail: savosko@list.ru*

Искусственные древесные насаждения Криворожья в условиях степи на фоне антропогенного загрязнения продуцируют от 50 до 210 г/м² год⁻¹ листового опада (в среднем 128,0±8,8 г/м² год⁻¹). Эколого-биогехимические показатели листового опада

этих насаждений являются одновременно типичными (ежегодный поток, содержание зольных веществ) и оригинальными (содержание кальция и магния, а также частично кислотность водной вытяжки). Между эколого-биогеохимическими показателями листового опада и характеристиками насаждений выявлена статистически достоверная корреляционная связь. В большинстве случаев эта связь бывает прямой, слабой или средней силы. Рассчитанные мультирегрессионные уравнения показывают, что поток листового опада на 43,33–71,15%, а содержание кальция в листовом опаде на 40,97–50,45% зависят от ботанико-экологических характеристик насаждений.

Ключевые слова: поток листового опада, содержание зольных элементов, кальций, магний, pH, Криворожье.