

**О.М. АРТИЮШЕНКО**

Криворізький ботанічний сад НАН України  
вул. Маршака 50, м. Кривий Ріг, 50089

**ОСОБЛИВОСТІ БІОХІМІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ФОСФООРГАНІЧНИХ СПОЛУК В ЕДАФОТОПАХ ЗАЛІЗОРУДНОГО ВІДВАЛУ ПІД УГРУПОВАННЯМИ *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. ТА *PINUS PALLASIANA* D.DON.**

*ключові слова:* відвал, ґрунт, угруповання *Robinia pseudoacacia* та *Pinus pallasiana*, кислота та лужна фосфогідролази, АТФ- і АМФ-ази  
*key words:* dump, soil, communities of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus pallasiana*, acid and alkaline phosphohydrolases, ATP-ase, AMP-ase

---

**O.M. ARTYUSHENKO**

**PARTICULARITY OF BIOCHEMICAL TRANSFORMATION OF PHOSPHOR ORGANIC COMPOUNDS IN SOILS OF IRON ORE DUMP UPON COMMUNITIES OF *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. AND *PINUS PALLASIANA* D.DON.**

Kryvyi Rih Botanical Garden NAS of Ukraine  
50 Marshaka Str., Kryvyj Rih, 50089, Ukraine

The influence of biological recultivation on the process of biochemical transformation of phosphor organic compounds was investigated. On the base of data concerning activity of phosphoglycolytic enzymes the estimation of rate of mineralization processes in surface layer 0-30cm of primitive soils under phytocenosis of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus pallasiana* was established.

---

Основними елементами техногенних ландшафтів на порушених гірничо-добувною промисловістю землях Криворіжжя є відвали залізорудного виробництва, сформовані породами різного віку. Рекультивация цих ландшафтів шляхом створення штучних біогеоценозів сприяє процесам ґрунтоутворення, а також інтенсифікації процесів мінералізації органічної речовини, що має важливе значення як для формування ґрунтового профілю, так і для забезпечення рослин поживними речовинами.

Важливу роль у трансформації неспецифічних фосфоорганічних сполук, вміст яких становить 15-25% від загального органічного фосфору ґрунту, відіграють фосфогідролітичні ферменти [1; 4]. До цього часу особливості біохімічної трансформації зазначених сполук в умовах штучних деревних насаджень в техногенних ландшафтах досліджені недостатньо, тому метою роботи було визначення інтенсивності процесів біохімічної трансформації простих і макроергічних фосфоорганічних сполук ґрунту під угрупованнями *Robinia pseudoacacia* L. та *Pinus pallasiana* D.Don. на фіторекультивованому відвалі, який сформувався внаслідок видобутку залізної руди.

## Об'єкти та методи досліджень

Для з'ясування особливостей перебігу процесів трансформації фосфоорганічних сполук, на відвалі Першотравневого кар'єру ВАТ „Північний гірничо-збагачувальний комбінат” (Криворіжжя) були закладені моніторингові ділянки під штучними насадженнями *R. pseudoacacia* та *P. pallasiana*.

Тип лісорослинних умов для угруповання *R. pseudoacacia* – суглинки талькові сухі, пласка берма відвалу відсипана тальковими сланцями. Тип зволоження – атмосферний, зменшений за рахунок фільтраційних процесів. Вік деревостану 35 років, у підліску трапляється *Ligistrum vulgare* L., трав'яний покрив відсутній. Профіль примітивного фрагментарно розвинутого ґрунту диференціюється на такі горизонти:  $H_0$  (0-4 см) – підстилка, в якій виділяється два підгоризонти – верхній, потужніший (до 3 см) з напіврозкладеного листя та нижній – мульовий; Н (0-12 см) – сухуватий суглинок з кам'янистістю 50%, густо пронизаний корінням; hP (13-21 см) – сухуватий суглинок, кам'янистість 65%; Р (глибше 21 см) – брудно-жовтий суглинок у проміжках між камінням середнього розміру.

Штучні мертвопокривні насадження *P. pallasiana* розташовані на плато з невеликими пагорбами берми відвалу, тип лісорослинних умов – суглинок сланцевий сухий. Тип зволоження – атмосферний, вік деревостану 35 років, трав'яний покрив відсутній. Профіль примітивного ґрунту сформований такими горизонтами: підстилка ( $H_0$ ), що диференціюється на два підгоризонти – верхній (до 3 см), з нерозкладеної хвої та нижній – модер майже чорного кольору (2 см). Горизонт Н (0-12 см), який представлений сухуватим суглинком з кам'янистістю 50%, густо пронизаний коренями. Наступний горизонт hP (13-21 см) – сухуватий суглинок з кам'янистістю 65%. Горизонт Р (глибше 21 см) – бруднувато-жовтий суглинок у проміжках між камінням. В елементарних ґрунтових процесах обидвох ділянок переважають акумуляція гумусу за примітивним лесовим типом і мінералізація органічної речовини.

Визначення активності кислої та лужної фосфатази, АТФ- і АМФ-аз у ґрунтових зразках горизонтів Н, hP та Р проводили за загальноприйнятими методиками Ф.Х.Хазієва [2].

## Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження активності лужної фосфатази у ґрунтах відвалів під різними угрупованнями дозволили встановити, що в ґрунті під *R. pseudoacacia* найвища активність цього ферменту спостерігається в горизонті Н (0,65 мг  $P_2O_5$ /г ґрунту за 24 год). Цей горизонт є біологічно найактивнішим: у ньому гідролізуються прості фосфоорганічні сполуки та інтенсивно проходять процеси трансформації значної кількості рослинних решток підстилки (Рис. 1, б). Такою ж високою активністю лужної фосфатази була в горизонті Р, у якому, ймовірно, має місце процес акумуляції органічної речовини, яка мігрує з верхніх горизонтів ґрунту. В горизонті hP активність ферменту була на 17% меншою, ніж в інших горизонтах, що може пояснюватися значною кам'янистістю цього горизонту (65%).

На відміну від угруповання *R. pseudoacacia*, в ґрунті *P. pallasiana* активність лужної фосфатази була виявлена лише для верхнього горизонту ґрунту

(Н), де вона становила 84% від активності в цьому ж горизонті ґрунту під *R. pseudoacacia* (рис. 1, б).

Порівняння фосфатазної активності в ґрунті ділянок під досліджуваними фітоценозами свідчить, що під *R. pseudoacacia* відбувається акумуляція як органічної речовини, так і субстрату для функціонування ферменту в поверхневому та найнижчому шарі ґрунту. Зазначена вище закономірність щодо інтенсифікації процесів перетворення простих фосфоорганічних сполук також підтверджується отриманими даними про зміни активності кислої фосфатази. Так, активність ферменту була максимальною у горизонті Н і нижчою на 50% у горизонті hP. У горизонті P знову мало місце підвищення показника активності цього ферменту на 30% порівняно з hP, однак воно не досягало значень, властивих для верхнього горизонту (рис. 1, а).

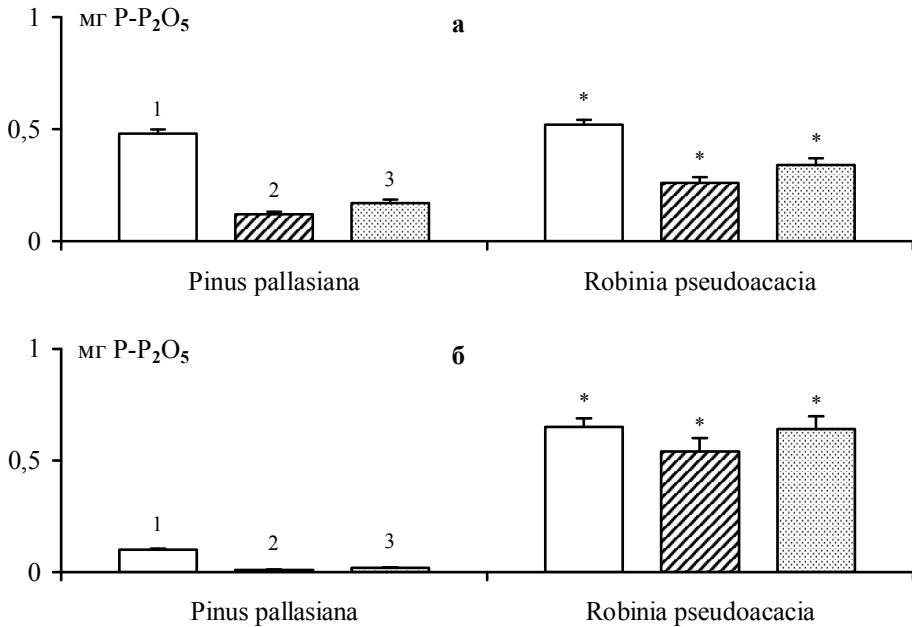


Рис. 1. Активність кислої (а) та лужної (б) фосфатази в мг P-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/г ґрунту за 24 год. під угрупованнями *R. pseudoacacia* та *P. pallasiana*.  
Умовні позначення: 1 – горизонт Н, 2 – hP, 3 – P.

Установлена закономірність може бути спричинена тією особливістю, що під угрупованнями *R. pseudoacacia* формується характерний шар підстилки, який складається з верхнього, потужнішого підгоризонту (3 см) з напіврозкладеного листя та майже цілковито мінералізованого нижнього – мильового (1 см), в якому, порівняно з підгоризнтом модер, активніше проходять процеси біологічної трансформації органічної речовини.

В угрупованні *P. pallasiana* розподіл активності кислої фосфатази також максимально змінюється за ґрунтовим профілем. Так, у ґрунті зазначеної дослідної ділянки активність кислої фосфатази була найвищою у верхньому

горизонті, для якого характерна підстилка, представлена верхнім підгоризонтом з майже нерозкладеної хвої (4 см) та нижнім шаром модеру (1 см) з напівмінералізованого опаду. У горизонтах hP та P активність ферменту поступово зменшувалася (на 75 та 64%, відповідно).

Порівняння інтенсивності функціонування фосфатаз під угрупованнями *R. pseudoacacia* та *P. pallasiana* дозволяє визначити такі закономірності для обидвох ділянок стосовно розподілу активності кислої та лужної фосфатаз. У верхньому горизонті ґрунту має місце максимальна активність як кислої, так і лужної фосфатази, що свідчить про найвищу швидкість мінералізації простих фосфоорганічних сполук. Найнижча фосфатазна активність характерна для горизонту hP як під *R. pseudoacacia*, так і під *P. pallasiana*, що вказує на незначні запаси субстратів для фосфатаз.

У ґрунтах під угрупованнями *R. pseudoacacia* та *P. pallasiana* встановлено активне функціонування й інших фосфогідролаз, які здійснюють процеси гідролізу складних макроергічних сполук до ортофосфату. Відомо, що АТФ та АМФ не можуть накопичуватися у ґрунті в значних кількостях, оскільки вони активно мінералізуються [3]. Дослідження активності АТФ-ази свідчить про інтенсивну мінералізацію АТФ у ґрунті як під угрупованнями *P. pallasiana*, так і *R. pseudoacacia*. У ґрунтових горизонтах Н та hP під сосною активність ферменту була найвищою (табл.).

Таблиця.

**Активність АТФ-ази та АМФ-ази під насадженнями *R. pseudoacacia* та *P. pallasiana*, мг P-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/г ґрунту за 1 год.**

Дослідна ділянка	Ґрунтовий горизонт	АТФ-аза			АМФ-аза		
		M ± m	V, %	t <sub>st</sub>	M ± m	V, %	t <sub>st</sub>
Штучні насадження <i>P. pallasiana</i>	Н	0,68±0,01	3,15	–	0,36±0,005	2,54	–
	hP	0,57±0,08	3,73	–	0	–	–
	Н	0,20±0,01	9,63	–	0	–	–
Штучні насадження <i>R. pseudoacacia</i>	Н	0,57±0,001	0,32	9,12	0,42±0,007	3,01	1,5
	hP	0,46±0,003	1,08	8,8	0,07±0,001	1,06	8,2
	Н	0,34±0,002	0,9	12,5	0,05±0,01	33,41	2,2

Висока швидкість трансформації АТФ під *P. pallasiana* може бути зумовленою також наявністю потужного горизонту підстилки, в якій активно проходять процеси біогенної трансформації рослинних залишків і формування темного шару модеру з напіврозкладеної хвої. Дещо нижчою (більше, ніж на 16%) активність АТФ-ази була в горизонтах Н та hP під насадженнями *R. pseudoacacia*. Разом з цим, необхідно зауважити, що під угрупованнями *R. pseudoacacia* у горизонті P вона перевищувала значення під *P. pallasiana* на 41%.

У верхніх горизонтах ґрунту обидвох досліджених угруповань також

активніше відбувається біохімічний гідроліз іншої макроергічної сполуки – АМФ. Однак, під угрупованням *P. pallasiana* зазначені процеси проходять майже в 2 рази інтенсивніше, ніж під *R. pseudoacacia* (Табл. 1). Отримані дані також свідчать, що в горизонтах hP та P в угрупованнях *P. pallasiana* активність ферменту не проявляється, тоді як під угрупованнями *R. pseudoacacia* відбувається біохімічний гідроліз АМФ.

Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що біохімічна мінералізація як простих, так і макроергічних фосфоорганічних сполук у ґрунті фіторекультивованих відвалів проходить значно активніше в угрупованнях *R. pseudoacacia*, ніж під *P. pallasiana*. Загальною закономірністю змін активності фосфогідролаз є наявність максимальної активності в гумусовому горизонті, який постійно збагачується органічною речовиною за рахунок мінералізації підстилки.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Бацула А.А., Кривоносова Г.М. Фосфор в гуминовых кислотах некоторых почв Украины // Агрехимия. – № 6. – 1973. – С. 24.
2. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
3. Anderson G. Other organic phosphorus compounds / Soil components. – Springer-Verl., 1975. – Vol. 1. – P. 305-331.
4. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука. – 1982. – С. 130-143.