

ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕРНОВОГО ПОКРИВУ НА ТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЯХ

Дніпропетровський національний університет

На основі проведених еколого-фізіологічних досліджень схарактеризовані перспективні злакові трави, які доцільно використовувати для відновлення дернового покриття на техногенних територіях.

Ключові слова: дерноутворюючі трави, важкі метали, коефіцієнт біологічного накопичення, вільні амінокислоти, пролін.

Yu. V. Lykholat

Dnipropetrovsk National University

ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF SOD COVER RENEWAL ON TECHNOGENIC TERRITORIES

On the basis of carried out ecological and physiological researches the perspective of cereal grass for renewal of sod cover on technogenic territories are characterized

Keywords: sod forming grass, heavy metals, factor of biological accumulation, free amino acids, prolin.

Подальша активізація діяльності людини на початку ХХІ ст. й поява нових чинників впливу на довкілля супроводжуються збільшенням рівня забруднення всіх компонентів біогеоценозів: повітря, води, ґрунтів. Як і раніше основними джерелами забруднення навколишнього середовища залишаються гірничодобувна, металургійна промисловості, машинобудування, усі види транспорту, атомна енергетика, хімізація сільського господарства та ін. Щорічно тільки в результаті згорання палива в атмосферу планети викидається приблизно 22 млрд т діоксиду вуглецю і 150 млн т сірчистих сполук (Білявський та ін., 2004). У навколишньому середовищі значно збільшилась частка важких металів (Павлов и др., 1999; Тимченко та ін., 2000).

Одним із шляхів оптимізації довкілля на техногенних територіях є збереження вже існуючих природних фітоценозів та створення культурних стійких фітоценозів. Рослини природних фітоценозів, що зростають в індустріальних зонах, повинні пристосовуватися до жорстких умов довкілля, але їх життєвий потенціал не завжди високий. При створенні штучного покриття в промислових центрах головне завдання полягає в тому, щоб підібрати рослини, які мають високу стійкість до поллютантів та відрізняються значною газопоглинальною здатністю та декоративністю.

Крім того, рослини, що використовуються в озелененні індустріальних зон, є надійними, достовірними та інформативними тест-об'єктами для контролю стану навколишнього середовища та розробки методів його фітоіндикації. На нашу думку, найбільш доцільним є використання в цих умовах дерноутворюючих трав. Оптимізуюча властивість останніх пояснюється еколого-біологічними особливостями багаторічних злаків – головного компонента високоякісного трав'яного покриття, їх конструктивними та функціональними параметрами (Мьцьк, 1991).

На основі знань про еколого-функціональні механізми стійкості та виживання трав'янистих рослин можливо суттєво підвищити ефективність створення та стійкість штучних зелених угруповань. Зокрема, штучні газони можна створювати навіть у зонах забруднення на територіях промислових підприємств, де інші види трав'янистих і деревних рослин відмирають (Бессонова, 1999; Коршиков и др., 2002). Але в той час у злакових трав відбуваються суттєві фізіолого-біохімічні та анатомо-морфологічні зміни, знижується продуктивність та здатність до самопідтримання (Лихолат, 1999, 2004). Пристосування рослин до забруднення навколишнього

середовища на тлі атмосферної посухи, характерної для степової зони України, відбувається різноманітними шляхами. Одним із найбільш чутливих критеріїв життєвості дерноутворюючих трав у зоні дії промислових підприємств є амінокислотний статус рослин. Дослідження накопичення вмісту важких металів у ґрунтах різних типів промислових підприємств, вегетативних органах основних дерноутворюючих злаків, що зростали в штучних фітоценозах на територіях, забруднених важкими металами, та коливань вмісту амінокислот цих рослин – мета нашої роботи.

УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами наших досліджень були основні дерноутворюючі злаки степового Придніпров'я – тонконіг вузьколистий (*Poa angustifolia* L.) та пажитниця багаторічна (*Lolium perenne* L.), що зростали в штучних фітоценозах у зоні дії підприємств хімічної промисловості (на відстані 500–1000 м від джерел емісії залежно від типу виробництва). Екстракцію вільних амінокислот і підготовку гідролізатів проведено за методикою, описаною О. М. Вінниченком та А. І. Дворецьким (1975). Їх уміст визначали нінгідріновим тест-методом, описаним Н. І. Штеменко (1993). Сумарний уміст амінокислот визначали з застосуванням спектрофотометра Spekord M40 (Німеччина) при $\lambda = 440$ нм і 570 нм. Уміст важких металів у рослинних зразках та ґрунті визначено методом атомно-абсорбційного аналізу (Хавердов, Цалев, 1983) на приладі ААС-30. Отримані результати оброблені статистично з рівнем безпомилкових прогнозів 95–99 %. Для розрахунків використовували пакет прикладних програм *Microsoft Excel* 97.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На територіях промислових підприємств, як правило, за відсутності родючого шару ґрунту, верхній шар складається з суміші ґрунту, будівельного сміття, цегли, шлаку та інших відходів виробництва. У цьому випадку едафотоп не завжди достатньо насичений основними елементами органічного та мінерального живлення, але значно забруднений компонентами промислових викидів. Тому для створення стійких дернових покривів на територіях промислових підприємств, на нашу думку, необхідне детальне вивчення фізіолого-біохімічних особливостей дерноутворюючих злаків, що дозволить створювати в умовах екологічної нерівноваги стійкі, якісні високодекоративні газони на основі широкого використання наукових знань про еколого-фізіологічні аспекти функціонування рослин як природних, так і штучних фітоценозів: здійснення відбору найбільш стійких компонентів дернового покриву природних фітоценозів, широке їх впровадження в практику зеленення, розробка агротехнічних прийомів, які дозволять створювати якісні газони майже необмеженого строку дії.

Кількість металів у ґрунтах залежить від окультуреності останніх, складу материнських порід, рослинності і надходження іззовні елементів, що досліджують (Мусієнко, 2001). Накопичення важких металів у ґрунті відбувається, як правило, у самому верхньому шарі в першу чергу за рахунок атмосферних надходжень (0–2 см) (Алексеев, 1987). Їх кількість у ґрунті дозволяє оцінити рівень забруднення атмосфери: оцінити інтенсивність їх надходження та рівень вмісту в повітрі. У ґрунті досліджуваних територій серед металів найвищим був рівень заліза. Кількість цього металу перевищувала контрольні показники в діапазоні від 1,1 (шинний завод) до 2,6 разів (завод важких пресів). Друге місце за фоновим умістом у ґрунтах регіону займає цинк. Уміст марганцю в ґрунті досліджуваних територій перевищував контрольні показники до 1,9 раза (заводи шинний та Полімермаш). Рівень міді в ґрунтах промислових майданчиків перевищував контрольні показники в 4,6 раза. Максимальний рівень нікелю виявлений у ґрунті заводу побутової хімії. Уміст свинцю в ґрунті досліджуваних територій перевищував фонові показники залежно від типу виробництва до 28,7 раза.

Стабільність елементного складу будь-якої рослини в умовах промислового забруднення визначається фактором генетичного контролю, який направлений на збереження цього складу, та екологічними чинниками, направленними на його зміну. Отримані нами дані підтвердили ці положення. Установлено, що різні види накопичували метали в неоднаковій мірі.

Дослідження вмісту металів у різних органах рослин (рис. 1 та 2) в умовах штучних фітоценозів показало нерівномірність їх накопичення підземною та надземною частинами, що знайшло своє відображення в коефіцієнтах біологічного поглинання. Акумуляція заліза кореневою системою, наприклад тонконогу вузьколистого, була найвищою на території заводу важких пресів (КБП = 0,89), надземною частиною (КБП = 0,80) – у тих же умовах. Для пажитниці багаторічної найвища акумулююча здатність відмічена як для підземної (КБП = 0,98), так і надземної (КБП = 0,96) частини рослин на території заводу побутової хімії. Особливості розподілу марганцю в органах обох трав залишалися такими самими, як і для попереднього елемента.

Подібно до заліза та марганцю мідь найкраще поглинається і накопичується в переважній кількості в підземній частині рослин. Найвищий рівень поглинання міді кореневою системою тонконогу вузьколистого (КБП = 1,78) та надземною його частинами (КБП = 1,70) був характерним для рослин на промислових майданчиках заводу побутової хімії. Зміни КБП для пажитниці багаторічної складали відповідно 0,89 та 0,67 на території цього ж підприємства.

В умовах промислового виробництва високий рівень цинку знайдено як у ґрунтах, так і в тканинах рослин на території шинного заводу та Полімермашу. Акумуляція елемента тонконогом вузьколистим була найвищою у підземній частині (КБП = 0,82) у зоні дії заводу побутової хімії, надземній (КБП = 0,35) – на території заводу важких пресів.

Нікель найбільш інтенсивно вбирався підземною частиною тонконога вузьколистого на території заводу побутової хімії (КБП = 0,89), надземною (КБП = 0,47) – на заводі важких пресів. Пажитниця багаторічна найінтенсивніше накопичувала нікель у підземній частині (КБП = 1,52) на території лакофарбового заводу, надземною (КБП = 0,70) – в умовах заводу важких пресів. Так, за розгляду цього показника у підземній частині більш високі значення відмічені у пажитниці багаторічної на території всіх досліджуваних підприємств, мінімальні – у тонконога вузьколистого та костриці червоної. Тому пажитницю багаторічну можна віднести до видів, здатних накопичувати цей елемент у кількостях, значно перевищуючих його вміст у ґрунті. У цілому серед досліджуваних дерноутворюючих видів пажитниця багаторічна виявилася більш активним акумулятором цього металу на промислових майданчиках дослідних заводів. Використання для озеленення техногенних територій представників саме цього виду забезпечує надійне очищення ґрунтів від важких металів, зокрема, нікелю.

Свинець найбільш інтенсивно вбирався як підземною (КБП = 0,93), так і надземною (КБП = 0,74) частинами тонконога вузьколистого в зоні дії шинного заводу. Рівень накопичення свинцю пажитницею багаторічною був значно нижчим. Висока акумуляційна здатність підземної (КБП = 0,57) та надземної (КБП = 0,43) частин цієї рослини виявлена на території заводу важких пресів.

Елементом, уміст якого як у ґрунтах, так і в рослинах досліджуваних територій був мінімальним, є кадмій. Маючи високу рухомість у системі ґрунт – р о с л и н а , цей елемент може накопичуватися підземною частиною в кількостях, що значно перевищують його вміст у ґрунті. Найбільш сприятливим субстратом для накопичення металу були ґрунти на території заводу Полімермаш, де КБП підземної частини тонконога вузьколистого та пажитниці багаторічної становив 1,13. Для надземної частини висока акумулююча здатність була притаманна обом видам лише на території шинного заводу.

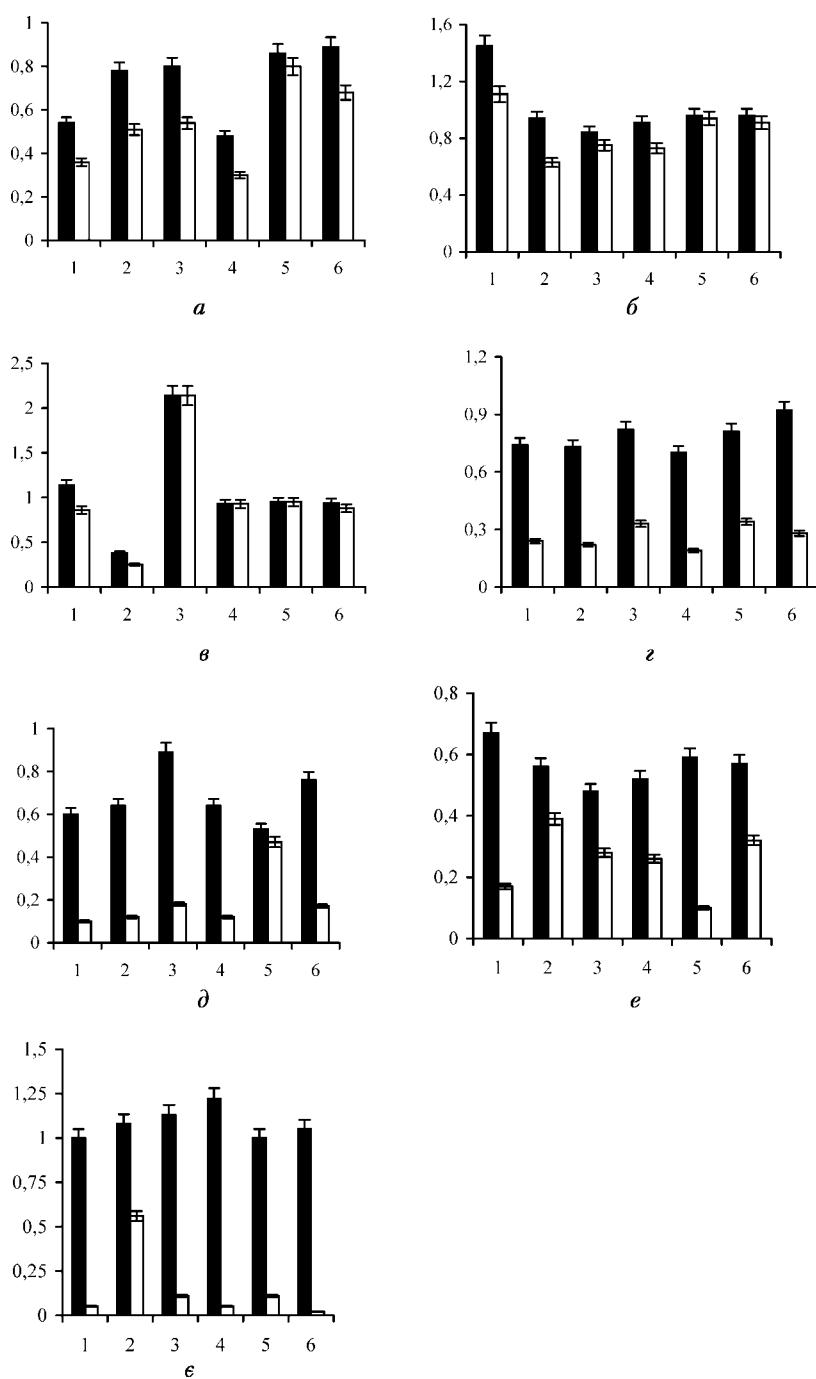


Рис. 1. Коефіцієнт біологічного поглинання важких металів: Fe (*a*), Mn (*б*), Cu (*в*), Zn (*г*), Ni (*д*), Pb (*е*), Cd (*є*) підземною – та надземною – частинами тонконога вузьколистого, що зростає в штучних фітоценозах. Тут і далі: 1 – контроль, 2 – шинний завод, 3 – завод побутової хімії, 4 – завод Полімермаш, 5 – завод важких пресів, 6 – лакофарбовий завод.

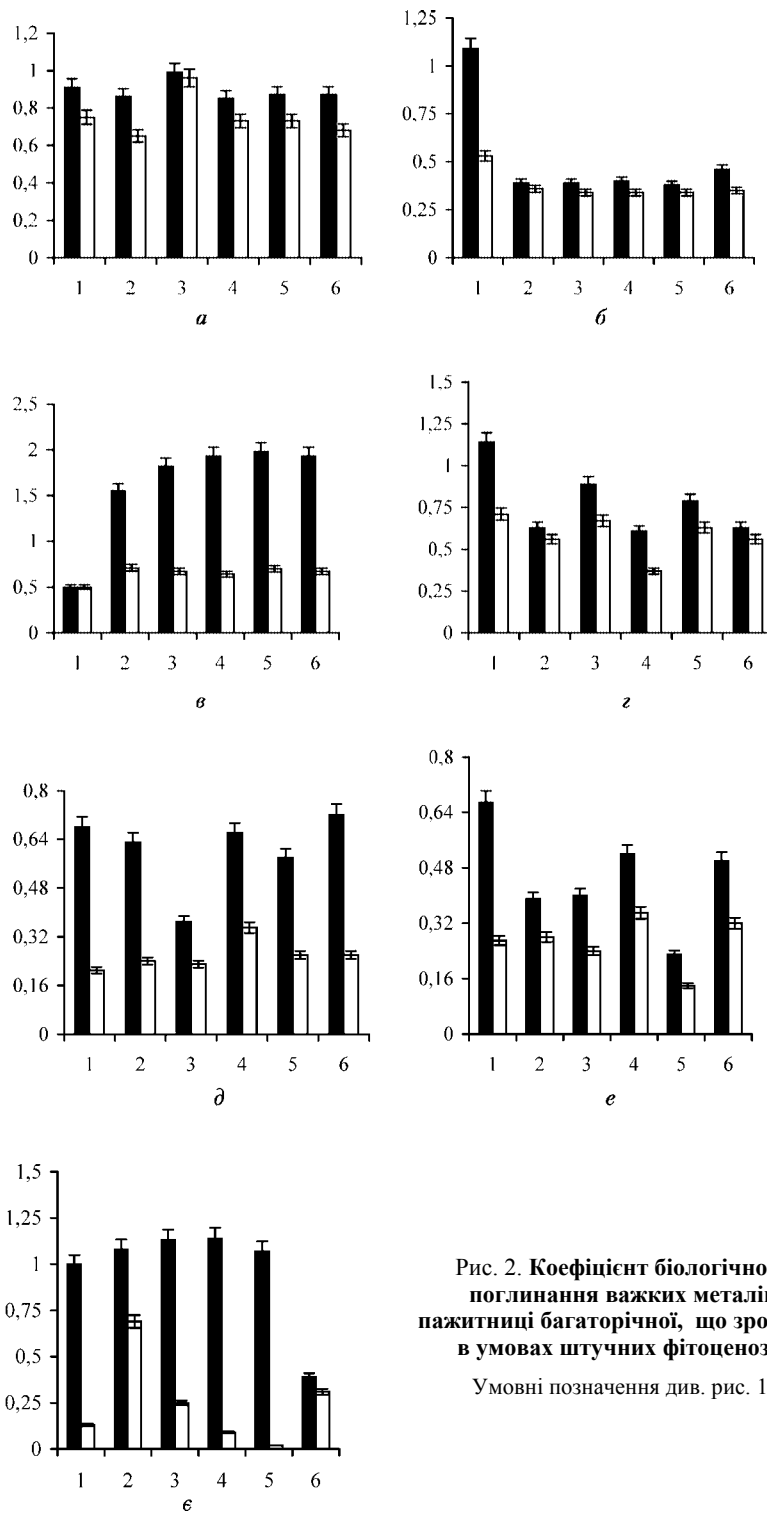


Рис. 2. Коефіцієнт біологічного поглинання важких металів пажитниці багаторічної, що зростала в умовах штучних фітоценозів
Умовні позначення див. рис. 1.

Як нами було показано раніше (Лихолат, Мицик, 2000), аналогічні особливості розподілу важких металів в органах дерноутворюючих злаків, що зростають в штучних фітоценозах, характерні також для інших типів підприємств регіону.

Таким чином, інтенсивність поглинання важких металів рослинами в умовах штучних фітоценозів залежала від типу виробництва та виду дерноутворюючих трав. Висока акумулююча здатність міді, цинку та кадмію була притаманна підземній частині тонконога вузьколистого, надземній – свинцю та міді. Для пажитниці багаторічної підземною частиною більш активно поглиналися залізо, нікель і кадмій, надземною – залізо та нікель. Кадмій, хоч і належить до елементів з найнижчим вмістом у ґрунті, вирізняється серед інших елементів тотожним або більшим його вмістом в кореневій системі обох досліджуваних видів.

Дія на рослини полютантів залежно від концентрації може викликати їх гостре або хронічне пошкодження. Гостре ураження виникає в разі дії на рослини високих концентрацій токсичних речовин протягом кількох годин, а на окремі – навіть хвилини. Зовнішні прояви – некротичні цятки на листових пластинках. Як наслідок відбуваються необоротні зміни в процесах метаболізму. Хронічне ураження – результат систематичної або періодичної дії невеликих доз шкідливих речовин. Поряд з гострими і хронічними пошкодженнями можуть мати місце й приховані. Останні не проявляються зовні: вони пов'язані зі зниженням інтенсивності життєдіяльності рослин. Вивчення прихованих пошкоджень, згідно з думкою Г. М. Ількуня (1978), дозволяє виявити початкові зміни в тканинах і тим самим дослідити механізм функціональних і структурних змін, які відбуваються в рослинних клітинах за впливу несприятливих умов довкілля.

Довготривала дія промислового забруднення на рослини, що зростали в штучних фітоценозах, супроводжувалась порушенням їх гомеостазу та переходом в стресовий стан. На рівні організму це проявлялось перш за все в зміні вільних амінокислот. Відмічене явище пов'язане з повним або частковим розкладом білків та затримкою їх синтезу. Виникаюча зміна вмісту амінокислот у складі білкових молекул, особливо проліну, що є однією з найлабільніших вільних амінокислот вищих рослин, відрізняється від тієї, що характерна для рослин, які зростають в умовах, де дія промислового забруднення відсутня. Проведені нами дослідження показали, що дерноутворюючі трави, що зростали на промислових майданчиках, відрізнялися менш інтенсивним ростом і прискореним проходженням фенологічних фаз. Це не могло не відбитися на синтезі та перерозподілі вільних амінокислот в підземній та надземній частинах трав (рис. 3 та 4). Концентрація вільних амінокислот в листках дерноутворюючих трав в залежності від рівня контамінації довкілля на досліджуваних територіях служать одним із маркерних показників інтенсивності азотного обміну. У дослідях на рослинах території промислових підприємств мінімальний вміст вільних амінокислот знайдений у листках на початку вегетації. До того ж, більший їх вміст спостерігався на підприємствах з вищим рівнем забруднення (завод Полімермаш) в обох досліджуваних трав. Так, вміст вільних амінокислот у листках тонконога вузьколистого перевищував контрольні показники в 1,7 раза, пажитниці багаторічної – 2,6 раза. У фазу виходу в трубку цей показник перевищує контрольний у 1,5 та 3 рази відповідно. У фазу колосіння в усіх дослідних варіантах вміст вільних амінокислот максимально підвищувався у тонконога вузьколистого в 1,5 раза, пажитниці багаторічної – 3,2 раза. Зменшення щільності вільних амінокислот порівняно з попередньою фазою у тонконога вузьколистого можна пояснити посиленням фотосинтезу, інтенсивним утворенням репродуктивних органів і синтезом білків подібно до того, як це відбувається за дії інших негативних чинників у кукурудзи (Винниченко, 1990). Можливе припущення, що в цей період відбувається інтенсивний відтік вільних амінокислот до репродуктивних органів, тобто до зернівок, які формуються. У цю фазу рослини мають найбільшу потребу в елементах живлення та воді, до того ж період колосіння дерноутворюючих трав збігається в часі з підвищенням температури повітря та виникаючим дефіцитом вологи в ґрунті.

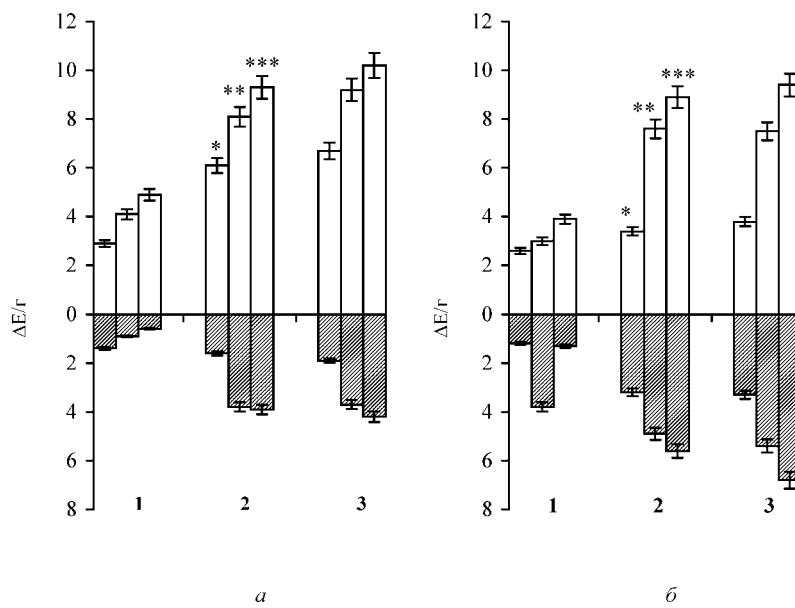


Рис. 3. Зміна оптичної щільності вільних амінокислот (а) та проліну (б) в листках та коренях (заштриховані стовпчики) тонконога вузьколистого, що зростає в штучних фітоценозах, $\Delta E/g$

Тут і далі: фази росту – 1 – відростання, 2 – виходу в трубку, 3 – колосіння; моніторингові точки: * – контрольна ділянка, ** – завод побутової хімії, *** – завод Полімермаш

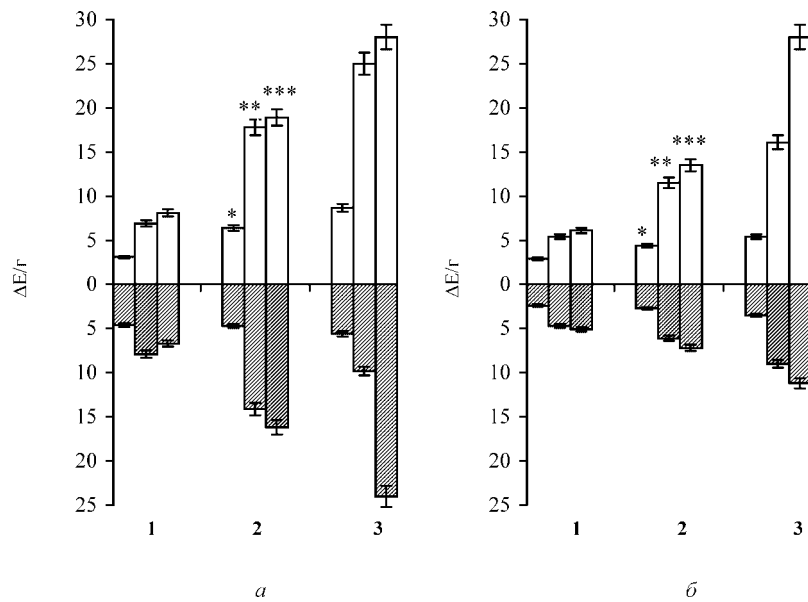


Рис. 4. Зміни оптичної щільності вільних амінокислот (а) та проліну (б) в листках та коренях (заштриховані стовпчики) пажитниці багаторічної, що зростає в штучних фітоценозах, $\Delta E/g$

Поряд із загальним підвищенням вмісту вільних амінокислот відбувалось збільшення концентрації проліну. На початку вегетації його вміст максимально перевищував контрольні показники у тонконога вузьколистого в 1,5 рази, пажитниці багаторічної – 2,1 рази; у фазу виходу в трубку відповідно 2,6 та 3,1 рази. У фазу колосіння вміст проліну у першого виду перевищував контрольні показники в 2,5, другого – 5,2 рази.

Аналізуючи вміст вільних амінокислот у коренях рослин, слід відзначити збільшення їх концентрації в дослідному варіанті (до контрольного). Характер цієї зміни був суттєвішим у пажитниці багаторічної, для якої відмічений максимальний вміст вільних амінокислот (у 4,3 рази) у рослин зони дії заводу Полімермаш відносно рослин контрольного варіанту. У тонконога вузьколистого вміст цих речовин на територіях промислових підприємств перевищував контрольні показники майже в 2,4 рази.

Уміст проліну в коренях дерноутворюючих злаків також залежав від рівня забруднення навколишнього середовища. За умов промислового забруднення довкілля максимальна оптична щільність проліну в коренях тонконога вузьколистого перевищувала контроль у 2,1 рази; пажитниці багаторічної – 3,2 рази.

Таким чином, у рослин, що зростали в штучних фітоценозах, при дослідженні вмісту вільних амінокислот та проліну в листках та коренях дерноутворюючих злаків встановлено підвищення їх рівня залежно від стійкості видів, ступеня забруднення довкілля та фази розвитку. Найбільша кількість речовин накопичується в фазу формування генеративних органів, найменша – на початку вегетації. Максимальний їх рівень збігається з найвищим показником водного дефіциту у рослин. Уміст вільних амінокислот та проліну був вищим у листках та коренях пажитниці багаторічної, ніж у тонконога вузьколистого, що дозволяє стверджувати про менше порушення метаболізму в вегетативних органах останнього виду. Виявлені відмінності у накопиченні досліджуваних речовин залежно від фази розвитку рослини: на початку вегетації різниця між контрольними і дослідними рослинами була менш вираженою, поступово різниця у вмісті збільшувалась. У середині вегетації (фаза виходу в трубку) у листках та коренях дослідних рослин рівень вільних амінокислот (і проліну) значно перевищував контрольні показники. У цей період уміст досліджуваних речовин у листі, як і в попередній фазі, переважав їх рівень у коренях як тонконога вузьколистого, так і пажитниці багаторічної.

ВИСНОВКИ

1. Встановлені діапазони металоакумулюючої здатності дерноутворюючих злаків залежно від видових особливостей рослин та типу забруднення. Виявлені особливості в акумуляції важких металів надземною і підземною частинами рослинного організму.

2. Неспецифічною аутоекологічною адаптивно-захисною реакцією злакових видів на екстремальні умови техногенно забруднених територій є зміни їх метаболічних процесів, що проявляється в активації синтезу азотистих сполук, вільних амінокислот, зміні їх співвідношення, накопиченні проліну в листках та коренях рослин.

3. Виявлені нами декоративні властивості та метаболічні особливості стійкості дерноутворюючих трав дають можливість їх більш широкого використання при озелененні територій, що знаходяться у зоні дії хімічних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Ленинград: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
- Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
- Винниченко А. Н. Физиолого-биохимические свойства и физиологические функции белков созревающего зерна кукурузы с различным генотипом: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – К., 1990. – 34 с.

- Винниченко А. Н., Дворецкий А. И. Биохимические препараты в сельском хозяйстве. – Д.: Промінь, 1975. – 144 с.
- Бессонова В. П. Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений. – Запорожье: ЗГУ, 1999. – 208 с.
- Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – К.: Наук. думка, 1978. – 246 с.
- Коршиков И. И., Терлыга Н. С., Бычков С. А. Популяционно-генетические проблемы дендротехногенной интродукции. – Донецк: ООО «Лебедь», 2002. – 328 с.
- Лихолат Ю. В. Еколого-фізіологічні особливості багаторічних дерноутворюючих злаків техногенних територій. – Д.: ДДУ, 1999. – 188 с.
- Лихолат Ю. В. Вплив викидів силікатного виробництва на анатомічну будову стебел дерноутворюючих трав // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Сер. Біологія. Екологія. – Д.: ДНУ, 2004. – Вип. 12, т. 1. – С. 81-84.
- Лихолат Ю. В., Мицик Л. П. Рівень акумуляції важких металів у рослинах *Poa angustifolia* L. в штучних біогеоценозах // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. – Д.: ДДУ, 2000. – С. 25-28.
- Мыщык Л. П. Понятие о коренном и фактическом типах увлажнения местообитания // Кадастровые исследования степных биогеоценозов Присамарья Днепропетровского, их антропогенная динамика и охрана. – Д.: ДГУ, 1991. – С. 74-79.
- Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 392 с.
- Павлов В. А., Переметчик Н. Н., Шевченко Б. Е. Экологический паспорт города Днепропетровска. – Д.: Арб, 1999. – С. 109.
- Плохинский Н. А. Биометрия. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
- Тимченко О. І., Сердюк А. М., Турос О. І. Гігієна довкілля: політика, практика, перспективи. – К.: Дніпро, 2000. – 127 с.
- Штеменко Н. И. Аминокислоты кукурузы. – Д.: ДГУ, 1993. – 196 с.
- Хавердов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Ленинград: Химия, 1983. – 144 с.

Надійшла до редколегії 16.09.04