

ку і восени виділення вуглекислого газу ґрунтами у насадженнях дуба звичайного було навіть більшим, ніж у ґрунтах природних байрачних біогеоценозів північної експозиції. Щорічна динаміка біологічної активності природних та штучних лісових екосистем перебуває у прямій залежності цих показників від температури, вологості, пори року.

#### **Висновки.**

Динаміка виділення вуглекислого газу ґрунтом свідчить про те, що найбільша його кількість виявлена влітку і навесні, восени кількість вуглекислого газу була достовірно нижчою. Порівнюючи ґрунти лісових насаджень, природних лісових біогеоценозів і степової цілини, бачимо, що найбільш активне виділення вуглекислого газу спостерігається у ґрунтах насадження дуба звичайного, байраку Глибокого. Це свідчить про те, що інтенсивність процесів «дихання» в насадженнях дуба звичайного суттєво не відрізняється від природних біогеоценозів. У степових біогеоценозах вона значно нижча.

Таким чином, встановлено, що біологічна активність ґрунтів досліджуваних штучних лісових біогеоценозів достовірно не відрізнялася від активності у природних лісових біогеоценозах і залежала від сезонної динаміки, типу лісорослинних умов, типу деревостану, вологості та ін.

#### **Бібліографічні посилання**

1. *Бабьєва И. П., Зенова Г. М.* Биология почв. Москва. 1983. 164 с.
2. *Белова Н. А., Травлев А. П.* Естественные леса и степные почвы. Днепропетровск. 1999. 248 с.
3. *Добровольский Г. В., Никитин А. А.* Функции почв в биосфере и экосистемах. Москва. 1990. 126 с.
4. *Карпачевский Л. О.* Жизнь почвы. Москва. 1989. 63 с.
5. *Макаров Б. Н.* Газовый режим почвы. Москва. 1988. 104 с.
6. *Мина В. Н.* Биологическая активность лесных почв и ее зависимость от физико-географических условий и состава насаждений // Почвоведение. 1957. №10.
7. *Травлев А. П., Травлев Л. П.* Лес и почва в условиях степи. Днепропетровск. 1988. 85 с.

*Надійшла до редколегії 5.09.2016 р.*

УДК 581.1

**Т. В. Легостаєва, К. Г. Михлик, Г. С. Россихіна-Галича**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

#### **ДИНАМІКА АКТИВНОСТІ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ ТА КАТАЛАЗИ У ЛИСТКАХ *AILANTHUS ALTISSIMA* ЗА АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

У листках айланту найвищого (*Ailanthus altissima* Swingle), особини якого зростають на територіях з хронічним аеротехногенним навантаженням, визначено активність основних оксидоредуктаз: супероксиддисмутази (СОД) (ЕС 1.15.1.1) і каталази (ЕС 1.11.1.6). Зміни сезонної динаміки активності антиоксидантних ферментів, що знешкоджують активні форми кисню, вказують на їх участь в реалізації виду *Ailanthus altissima* Swingle стратегії адаптації до комбінованого впливу полютантів. Встановлено, що рослини айланту найвищого впродовж вегетації пристосовуються до несприятливих умов існування за рахунок підвищення активності супероксиддисмутази та каталази.

*Ключові слова:* *Ailanthus altissima* Swingle, аеротехногенне забруднення, полютанти, листки, супероксиддисмутаза, каталаза.

Т. В. Легостаева, Е. Г. Михлик, А. С. Россихина-Галича

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

**ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ  
И КАТАЛАЗЫ В ЛИСТЬЯХ *AILANTHUS ALTISSIMA*  
ПРИ АЭРОТЕХНОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ**

В листьях айланта высочайшего (*Ailanthus altissima* Swingle), особи которого произрастают на территориях с хроническим аэротехногенным загрязнением, определена активность основных оксидоредуктаз: супероксиддисмутазы (ЕС 1.15.1.1) и каталазы (ЕС 1.11.1.6). Изменения сезонной динамики активности антиоксидантных ферментов, которые обезвреживают активные формы кислорода, указывают на их участие в реализации видом *Ailanthus altissima* Swingle стратегии адаптации к комбинированному влиянию поллютантов. Установлено, что растения айланта высочайшего в ходе вегетации приспособляются к неблагоприятным условиям существования за счет повышения активности супероксиддисмутазы и каталазы.

*Ключевые слова:* *Ailanthus altissima* Swingle, аэротехногенное загрязнение, поллютанты, листья, супероксиддисмутазы, каталаза.

T. V. Legostayeva, K. G. Michlik, A. S. Rossichina-Galicha

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University*

**DYNAMICS OF ACTIVITY SUPEROXIDE DISMUTASE  
AND CATALASE IN LEAVES OF *AILANTHUS ALTISSIMA*  
AT AEROTECHNOGENIC CONTAMINATION**

Activity of basic oxidoreductases is determined: superoxide dismutase (CE 1.15.1.1) and catalase (CE 1.11.1.6) in the leaves of ailanthus very tall (*Ailanthus altissima* Swingle), the individuals of that growing on territories with chronic aerotechnogenic contamination. The changes of seasonal dynamics of activity of antioxidant enzymes, that is rendered by harmless by the active forms of oxygen, specify on their participating in realization by the type of *Ailanthus altissima* Swingle strategists of adaptation to the combined influence of pollutants. Determined that plants of ailanthus very tall during a vegetation adjust to the unfavorable terms of existence due to the increase of activity of superoxide dismutase and catalase.

*Keywords:* *Ailanthus altissima* Swingle, aerotechnogenic contamination, pollutants, superoxide dismutase, catalase.

Найскладнішою і важко вирішуваною проблемою сучасних міст є аеротехногенне забруднення середовища.

Дія цього фактора викликає зниження біорізноманіття рослинних організмів як на міжвидовому, так і внутрішньовидовому рівнях за рахунок елімінації найменш стійких індивідуумів [1; 3]. Потрапляючи до асиміляційних органів, аеротоксиканти трансформують інтенсивність біохімічних процесів, фотосинтез, дихання, біосинтез білків, ліпідів, функціонування системи антиоксидантного захисту.

Онтогенез рослин за дії стресорів забезпечується винятково за рахунок активації захисних ресурсів на різних рівнях організації, що зумовлює їх адаптацію до несприятливих умов середовища [2; 4]. У процесах формування захисних реакцій бере участь антиоксидантна ферментна система, яка забезпечує знешкодження впливу токсикантів та спрямована на реалізацію онтогенетичної програми при тривалому впливі забруднюючого чинника [5]. Неспецифічною стресовою реакцією рослини є посилене утворення активних форм кисню (АФК), нейтралізацію яких забезпечує супероксиддисмутазы (СОД), пероксидаза і каталаза.

Окрім аспекти процесів росту та розвитку деревних та трав'янистих рослин в умовах урбанізованих міст досліджувало багато вчених [1; 2; 8–10; 12], але осо-

близькості участі антиоксидантних ферментів у процесах формування захисних реакцій деревних порід в умовах дії багатокomпонентної системи забруднень атмосфери вивчено недостатньо. Бракує наукових даних для того, щоб скласти повне уявлення про функціональний стан деревних рослин, які зростають в умовах хронічного забруднення середовища аерополлютантами.

У зв'язку з цим метою роботи було дослідження сезонної динаміки активності супероксиддисмутази та каталази в листах рослин айланту найвищого в умовах аеротехногенного забруднення.

**Об'єкти та методи дослідження.** Об'єктами натурних досліджень були листки *Ailanthus altissima* Swingle (айланту найвищого), особини якого входять до видового складу дерев міста Дніпра.

Відбір рослинного матеріалу здійснювали у травні (активний ріст), липні (вторинний ріст), вересні (зупинка росту) з території Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету та узбіч автомагістралей пр. Гагаріна, пр. Кірова, вул. Г. Сталінграда.

Для отримання екстрактів із надземної маси наважки рослинного матеріалу гомогенізували в 0,1 М К-Na-фосфатному буфері (рН 7,8), витримували 18–20 год. при температурі 4°C, після чого центрифугували 10 хв. при 16000 об./хв. Ферментативну активність супероксиддисмутази в екстрактах визначали фотоелектроколориметрично за ступенем інгібування відновлення нітросинього тетразолію за І. О. Переслегіною [6]. Активність каталази оцінювали за кількістю розкладеного перекису водню титриметрично за Б. П. Плешковим [7]. Дослідження проведено у триразовій повторності, результати опрацьовано за допомогою пакета Microsoft Statistica 6.0. Розбіжності між вибірками вважали значущими при  $p \leq 0,05$ .

**Результати дослідження.** Враховуючи важливість супероксиддисмутази в механізмі адаптації рослин до різних видів стресів, ми вивчали сезонну динаміку активності СОД у представника роду *Ailanthus* айланту найвищого (*Ailanthus altissima* Swingle) за комплексної дії аерополлютантів.

Установлено, що активність СОД (ензиму, який утилізує супероксидний аніон-радикал і завдяки цьому перешкоджає ініціюванню пероксидного окиснення ліпідів) у листках айланту найвищого змінювалася залежно від фази онтогенезу та умов існування. Зазначено, що загальна кількість ферменту контрольного (ботанічний сад ДНУ) листя *Ailanthus altissima* у травні (фаза активного росту) становила 23,6 ум.од./хв. г сирої наважки. На фоні антропогенного забруднення автомагістралей м. Дніпра проспектів Гагаріна й Кірова активність СОД достовірно збільшувалася відносно контролю в 1,55 раза (36,58 ум.од./г наважки) і 1,7 раза (40,12 ум.од./г наважки). У листках, відібраних на узбіччі вул. Г. Сталінграда, зафіксовано максимальне зростання активності ензиму в 2,1 раза (49,56 ум.од./г наважки) (рис. 1).

Динаміка активності СОД при переході від фази активного росту (травень) до фази вторинного росту (липень) у досліджуваних районах була спрямована в бік пригнічення. Так, в листках з Ботанічного саду цей показник знижений в 1,45 раза, а з районів з хронічним інтенсивним техногенним навантаженням – в 1,3–1,4 раза. При порівнянні контролю і досліду встановлено, що активність супероксиддисмутази зростала в 1,7 і 1,9 раза у листках дерев айланту, які ростуть на пр. Гагаріна і пр. Кірова, та у 2,3 раза – на вул. Г. Сталінграда.

Перехід рослин *Ailanthus altissima* до фази зупинки росту (вересень) відзначався подальшим падінням активності ферменту відносно попередньої фази розвитку в середньому в 1,6–2,9 раза. Слід зазначити, що у вегетативних органах айланту найвищого з моніторингових ділянок пр. Гагаріна, пр. Кірова та вул. Г. Сталінграда активність СОД перевищувала контроль в 1,6–1,5 та 1,55 раза відповідно.

Зниження активності СОД, зареєстроване нами в кінці періоду вегетації, згідно з Е. Л. Кордюмом із співавторами [4], пояснюється тим, що здатність рослин

ної тканини айланту найвищого прибирати активні форми кисню з віком зменшується. Відомо, що старіння, в першу чергу окисний процес, обумовлене збільшенням утворення АФК у клітинах і тканинах і зменшенням інтенсивності антиоксидантної системи [4]. Так, якщо в молодих листках ячменю активність ферменту при фотоокисному стресі збільшується, то в старіючих листках вона знижується. Це може бути обумовлене суттєвим виснаженням пулу антиоксиданту внаслідок посиленого використання його на гасіння радикалів супероксиду.

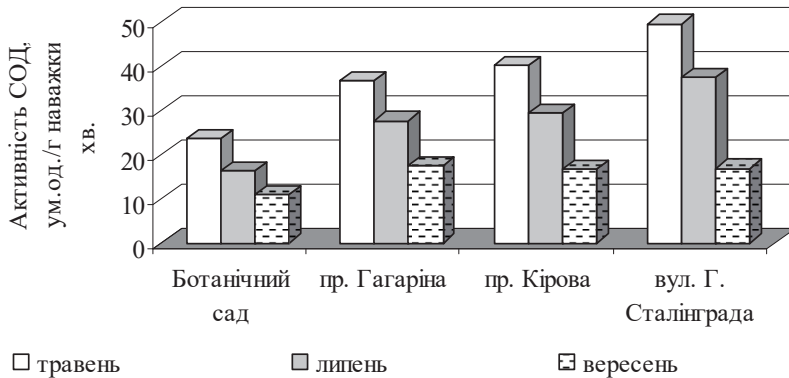


Рис. 1. Сезонна динаміка активності СОД у листках рослин *Ailanthus altissima*, що зростають в умовах аеротехногенного забруднення

В реакції, яку каталізує СОД, утворюється токсичний для клітин пероксид водню. Руйнування останнього відбувається в реакції за участі ферменту каталаза [4; 5]. Суть каталітичної дії даного ферменту полягає в розкладанні перекису водню з виділенням молекулярного кисню. Представлені на рис. 2 дані демонструють, що у листків айланту найвищого у травні (фаза активного росту) активність каталази достовірно збільшена відносно рослин Ботанічного саду (умовний контроль) в 1,3 і 1,5 раза з ділянок на пр. Гагаріна та Кірова, 1,7 раза – вул. Г. Сталінграда.

У липні (період вторинного росту) у листках *Ailanthus altissima* з Ботанічного саду активність ферменту зростала порівняно з травнем (активний ріст) у 1,3 раза. У рослин, відібраних на досліджуваних автомагістралях, цей показник перевищував попередні значення в 1,4 раза (проспекти Гагаріна та Кірова) і 1,5 раза (вул. Г. Сталінграда). Водночас відзначено достовірну різницю між контролем та дослідом. Як видно з рис. 2, активність каталази у листках айланту з дослідної ділянки на пр. Гагаріна підвищується в 1,4 раза, пр. Кірова – 1,6 раза, вул. Г. Сталінграда – 1,9 раза відносно контрольних значень.

Перехід до фази зупинки росту (вересень) супроводжувався деяким зниженням ферментативної активності у листках айланту усіх варіантів в 1,2 раза відносно попереднього етапу онтогенезу. Слід зазначити, що активність каталази листків *Ailanthus altissima*, які зростають на узбіччі пр. Гагаріна, збільшена відносно контрольних рослин в 1,4 раза. Максимальна активність зафіксована у дерев пр. Кірова – в 1,7 та вул. Г. Сталінграда – 1,9 раза вище контрольних зразків.

Відомо [8], що більшість рослинних організмів має понижено активність каталази на забруднених ділянках зростання, і чим вище стійкість виду до забруднюючих речовин, тим більш висока стабільність дії цього ферменту, і, навпаки, більший ступінь інгібування його активності може бути діагностичною ознакою слабкої стійкості рослин до антропогенних навантажень.

Отже, рослини *Ailanthus altissima* впродовж вегетації пристосовувалися до несприятливих умов існування за рахунок підвищення активності ферментатив-

них антиоксидантів супероксиддимутизи й каталази. Літературні дані свідчать також про роль цих ферментів у захисті рослин від окисної деструкції [11].

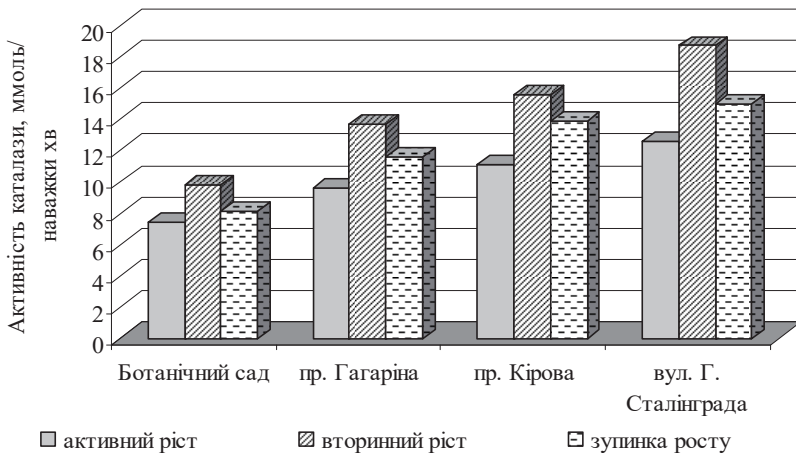


Рис. 2. Сезонна динаміка активності каталази у листках рослин *Ailanthus altissima*, що зростають в умовах аеротехногенного забруднення

Так, співставлення рослин, які різняться за стійкістю до різних несприятливих факторів, показало, що у резистентних форм були підвищені активності оксидоредуктаз, тобто у них більш ефективні захисні антиоксидантні механізми, які знешкоджують патологічні зміни в клітинах, у той час як нестійкі характеризуються лише незначним підвищенням антиоксидантної активності або навіть її зниженням.

#### Висновки.

1. У листках досліджуваного виду *Ailanthus altissima* Swingle за хронічної дії аеротехногенного забруднення, який ініціює окислювальний стрес, виявлено активацію захисних оксидоредуктаз (супероксиддисмутази й каталази) та зміни сезонної динаміки їх активності у процесі онтогенезу.

2. Процес адаптації деревної породи айлант найвищий до стрес-чинників відбувається за рахунок підвищення активності СОД в 1,5–2,1 раза, каталази в 1,3–1,9 раза залежно від фази розвитку та тривалості дії аерополутантів.

3. Показники активності СОД і каталази можна з великим ступенем достовірності використовувати для оцінки стану деревних рослин у стресових умовах і їх стійкості до аеротехногенного забруднення.

#### Бібліографічні посилання

1. Більчук В. С., Россихіна-Галича Г. С. Зміни активності ферментів антиоксидантного захисту в вегетативних органах *Populus nigra* L. в умовах аеротехногенного забруднення середовища // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. 2014. Вип. 64. С. 293–299.

2. Роль антиоксидантних ферментів у реакції *Fraxinus excelsior* L. на дію несприятливих факторів середовища / В. С. Більчук та ін. // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. 2015. Вип. 70. С. 230–236.

3. Бухарина И. Л., Двоеглазова А. А. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография. Ижевск. 2010. 184 с.

4. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Е. Л. Кордюм и др. Киев. 2003. 270 с.

5. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев. 2010. 352 с.

6. Перслегина И. А. Активность антиоксидантных ферментов слюны здоровых детей // Лабораторное дело. 1989. № 11. С. 20–23.