

4. **Мартінова Н. В.** Активність окислювальних ферментів у вегетативних органах ґрунтопокривних рослин за умов дії стресу / Н. В. Мартінова, Ю. В. Лихолат // Інтродукція рослин. – 2009. – № 4. – С. 77–81.
5. Методи біохімічного аналізу ратений / под ред. В. В. Полевого и Г. Б. Максимова. – Л. : ЛГУ, 1978. – 192 с.
6. Методи біохімічного дослідження рослин / под ред. А. И. Ермакова, 3-е изд. – Л. : Агропромиздат. – 1987. – 430 с.
7. **Мицик Л. П.** Використання трав'янистих декоративних рослин в умовах промислової загазованості степового Придніпров'я / Л. П. Мицик, Ю. В. Лихолат, Л. І. Лісовець // Тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. «Рослини та промислове середовище». – Д., 2001. – С. 149–155.
8. **Плешков Б. П.** Практикум по біохімії рослин / Б. П. Плешков. – М. : Высшая школа, 1989. – 256 с.
9. Практикум по фізіології рослин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 220 с.
10. Сучасні методи біохімічного аналізу рослин // Л. В. Шупранова, В. С. Більчук, Л. В. Богуславська та ін. – Д. : Вид-во ДНУ, 2011. – 80 с.
11. **Тюльдюков В. А.** Газоноведение и озеленение населенных территорий / В. А. Тюльдюков, И. В. Кобозев, Н. В. Парахин. – М. : Колос, 2002. – 264 с.
12. **Хромих Н. О.** Еколого-фізіологічні аспекти гербіцидної дії на амброзію полинолисту (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в умовах степового Придніпров'я / Н. О. Хромих // Д. : Вид-во ДНУ, 2008.
13. Цветочно-декоративные растения для озеленения промышленных центров степной зоны Украины / Ю. В. Лихолат, Т. В. Мовчан, К. А. Дрожа та ін. // Матер. науч.-практ. конф. «Ботанические сады в XXI веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития и инновационные решения», посв. 10-летию бот. сада Белгород. гос. ун-та. – Белгород, 2009. – С. 265–267.
14. **Шкура О. В.** Оцінка генетичного потенціалу газонних трав та особливості вирощування їх в Північному Лісостепу України / О. В. Шкура // Наукові доповіді НАУ. – 2006. – 4(5). – С. 1–7.
15. **Fridovich I.** Superoxide radical and superoxide dismutase / I. Fridovich // Oxygen living process: Interdiscip. Approach New York, e.a. – 1981. – Vol. 43. – P. 250–272.

Надійшла до редколегії 29.04.2013.

УДК 581.1+581.5

Г. С. Россихіна-Галича, О. М. Вінниченко

Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара

ЗМІНИ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОЇ РІВНОВАГИ НАСІННЯ ДЕЯКИХ ДЕРЕВНИХ ПОРІД В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА

Досліджено зміни показників прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у насіння *Ailanthus altissima* Swingle, *Acer platanoides* L., *Acer negundo* L., *Acer pseudoplatanus* L. при досяганні в умовах антропогенно забрудненого м. Дніпропетровськ. Установлено, що в насінні *A. negundo* L. та *A. pseudoplatanus* низька інтенсивність процесів пероксидації супроводжувалась збільшенням активності оксидоредуктаз, що є передумовою їх високої стійкості до пероксидного окислення в стані спокою. Для насіння *A. platanoides* характерний високий вміст продуктів ПОЛ та найнижчі значення активності захисних антиоксидантних ферментів порівняно з іншими досліджуваними видами.

Ключові слова: аерополлютанти, антропогенний стрес, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза, ТБК-активні продукти, гідропероксили ліпідів, *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer negundo* L., *Ailanthus altissima* Swingle.

Исследованы изменения показателей прооксидантно-антиоксидантного равновесия у семян *Ailanthus altissima* Swingle, *Acer platanoides* L., *Acer negundo* L., *Acer pseudoplatanus* L. при созревании в условиях антропогенно загрязненного г. Днепропетровск. Установлено, что в семенах *A. negundo* L. и *A. pseudoplatanus* низкая интенсивность процессов пероксидации сопровождалась увеличением активности оксидоредуктаз, что является предпосылкой их высокой устойчивости к пероксидному окислению в состоянии покоя. Для семян *A. platanoides* L. характерно высокое содержание продуктов ПОЛ и самые низкие значения активности защитных антиоксидантных ферментов по сравнению с другими исследуемыми видами.

Ключевые слова: аэрополлютанты, антропогенный стресс, супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза, ТБК-активные продукты, гидроперекиси липидов, *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer negundo* L., *Ailanthus altissima* Swingle.

The changes in the indices of prooxidant-antioxidant balance in the seeds of *Ailanthus altissima* Swingle, *Acer platanoides* L., *Acer negundo* L., *Acer pseudoplatanus* L. at maturity in conditions of anthropogenic pollution of Dnepropetrovsk. Found that the seeds *A. negundo* L. and *A. pseudoplatanus* L. low intensity of peroxidation was accompanied by an increase in activity of oxidoreductases, which is a prerequisite for their high resistance to peroxide oxidation at rest. Seed *A. platanoides* is characterized by a high content of lipid peroxidation products and the lowest values of the activity of protective antioxidant enzymes compared with other species.

Key words: aeropollutant, anthropogenic stress, superoxide dismutase, catalase, peroxidase, TBA-active products, lipid hydroperoxides, *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer negundo* L., *Ailanthus altissima* Swingle.

У зв'язку із загостренням екологічної ситуації м. Дніпропетровськ, пов'язаної зі збільшенням антропогенного забруднення навколишнього середовища внаслідок викидів підприємств та автотранспорту [2; 7; 11], великого значення набувають дослідження хронічного впливу антропогенних чинників на онтогенез рослинних організмів і особливо на генеративну функцію та властивості насіння в урбофітоценозах. В умовах міського середовища захисні адаптаційні механізми рослин не просто забезпечують виживання організму, а спрямовані на реалізацію онтогенетичної програми за довготривалого впливу забруднювального фактора [18].

Відомо, що в несприятливих умовах існування материнських рослин відбувається зменшення морфометричних характеристик репродуктивних органів [3; 8; 25], з'являється велика кількість пусого насіння [6], відбуваються пригнічення процесів накопичення поживних речовин (крохмалю, сахарози та жирів) [3], зниження активності амінотрансфераз та зміни їх ізоферментного складу [4], редукція вмісту легкорозчинних білків та пригнічення активності інгібіторів протеїнази [22], зростання пулу відновленого глутатіону та активності глутатіон-S-трансферази і глутатіон-редуктази [23]. Однак праці, що розглядають зміни реакції компонентів прооксидантно-антиоксидантної рівноваги насіння в умовах міського середовища, практично відсутні.

Значну роль у реакціях відповіді рослин на несприятливі умови середовища відіграють окисно-відновні процеси, зокрема реакції, що здійснюються за участю кисневих радикалів [24]. Утворення активних форм кисню (АФК) (синглетний кисень, супероксидний радикал, гідроксильний радикал, пероксид водню), яке називають «окисним вибухом», є однією з ранніх відповідей на стресовий вплив [18; 28]. Радикали кисню та продукти їх перетворення становлять загрозу для живого організму, оскільки здатні пригнічувати активність ферментів, змінювати нуклеїнові й амінокислоти, змінювати проникність мембран та ін. [18; 30]. Актив-

ні форми кисню, які утворюються під час стресового впливу, активізують процеси пероксидного окислення ліпідів (ПОЛ). При цьому спочатку утворюються первинні молекулярні ПОЛ, до яких належать гідропероксиди ліпідів, дієнові та триєнові кон'югати. Первинні продукти зазнають подальших перетворень, у результаті чого утворюються вторинні продукти ПОЛ, до числа яких належить малоновий діальдегід (а точніше, ТБК-активні продукти) [1; 5; 19]. При цьому у мембранах ліпідів зменшується кількість ненасичених жирних кислот, що супроводжується зниженням плинності і підвищенням проникності мембран [27]. Наслідком таких процесів може бути порушення метаболізму і навіть загибель рослин [13].

У зв'язку з цим у клітинах існує динамічна рівновага між утворенням активних форм кисню та їх ліквідацією, яка здійснюється за допомогою багатокомпонентної системи антиоксидантного захисту, що складається з низько- і високомолекулярних компонентів [18; 28]. Найважливішими високомолекулярними антиоксидантами рослин, які безпосередньо знешкоджують активні форми кисню і забезпечують комплексний захист біополімерів від АФК, є супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, пероксидаза [18; 29; 31]. Антиоксидантні ферменти розташовані у різних клітинних компартментах, мають різну субстратну специфічність і спорідненість до активних форм кисню [18]. Ферменти антиоксидантного захисту беруть участь у регуляції метаболізму в ході онтогенезу і мають особливе значення для рослин, сприяючи їх швидкому пристосуванню до умов зовнішнього середовища, що постійно змінюються [18].

Завданням нашого дослідження стало визначення вмісту продуктів пероксидного окислення ліпідів та активності ключових окисно-відновних ферментів у насінні деяких деревних порід у ході досягання в умовах забрудненого урбанізованого середовища.

Об'єкти та методи дослідження. Об'єктами наших досліджень обрано найпоширеніші на території Дніпропетровська деревні породи: клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), клен несправжньоплатановий (*Acer pseudoplatanus* L.), клен ясенolistий (*Acer negundo* L.) та айлант найвищий (*Ailanthus altissima* Swingle). Насіння відбирали на моніторингових ділянках у ботанічному саду ДНУ (умовно чиста зона – контроль) та в окремих точках основних автомагістралей міста: пр. Гагаріна, пр. Кірова, вул. Героїв Сталінграда.

Концентрацію гідропероксидів ліпідів визначали згідно з Л. Н. Кургановою [12] за кольоровою реакцією з роданистим амонієм. Реакційна суміш містила 1 мл супернатанту, етанол, 5 % розчин солі Мора; реакцію запускали додаванням 20 % роданистого амонію, зміни оптичної щільності реєстрували при довжині хвилі 480 нм, показники виражали в одиницях оптичної густини / хв. × г сухої ваги.

Уміст ТБК-активних продуктів визначали за М. М. Мусієнко [15]. Реакційну суміш, що містила 2 мл супернатанту, 2 мл розчину 2-тіобарбітурової кислоти (ТБК), інкубували 30 хв при 100 °С, охолоджували та вимірювали оптичну густину при 532 нм. Концентрацію ТБК-активних продуктів виражали в нмоль / хв. × г сухої ваги.

Активність СОД визначали фотоелектроколориметрично за ступенем інгібування відновлення нітросинього тетразолію за І. О. Переслегіною [16]. Реакційна суміш містила 1,2 мл фосфатного буфера; 0,1 мл феназинметасульфату (ФМС); 0,3 мл розчину нітросинього тетразолію (НСТ); 0,2 мл розчину відновленого нікотинамідаденіндинуклеотиду (НАД·Н); 0,3 мл надосадової рідини. Активність ферменту визначали в одиницях оптичної густини / хв. × г сухої ваги.

Активність каталази оцінювали за кількістю розкладеного перекису водню титриметрично за Б. П. Плешковим [17]. Попередньо центрифуговані зразки інкубували при 25 °С впродовж 30 хв із перексидом водню, після чого контрольну і дослідну проби титрували розчином перманганату калію. Активність каталази виражали в ммольх H_2O_2 / хв. × г сухої ваги.

Активність бензидин-пероксидази реєстрували за швидкістю реакції окислення бензидину фотоелектроколориметрично за [14]. Реакційна суміш містила 0,2 мл надосадової рідини; 0,8 мл ацетатного буферу й 1 мл 0,1 М розчину бензидину. Зміни оптичної щільності реєстрували при довжині хвилі 470 нм у циклічному режимі. Активність пероксидази виражали в одиницях оптичної густини / хв. \times г сухої ваги.

Статистичну обробку результатів, отриманих у триразовій повторності, здійснено за допомогою пакета Microfoft Statistica 6.0. Розбіжності між вибірками вважали значущими при $p \leq 0,05$.

Результати дослідження. Важливим фактором успішного існування рослин в умовах постійного хронічного антропогенного стресу є збереження окисно-відновного гомеостазу їх насіння. Оскільки перекисне окислення ліпідів, індуковане стресовими чинниками, в тому числі й аерополютантами, спричинює руйнування поліненасичених жирних кислот і викликає зміни фізико-хімічних властивостей мембран [19], детальне вивчення процесів пероксидації на органічному рівні (у насінні) є важливим для оцінки здатності деревних рослин адаптуватись до умов існування. Наведені на рис. 1 дані свідчать, що у дослідному насінні серпневого відбору рівень вмісту гідропероксидів ліпідів становить 0,35–1,09 одиниць оптичної густини / хв. \times г сухої ваги, що було нижчим (на 13–74 %) за їх вміст у контролі – 0,75–1,37 одиниць оптичної густини / хв. \times г сухої ваги. Виняток становив *A. platanoides* L., для насіння якого цей показник збільшений на 25 % відносно контрольного насіння.

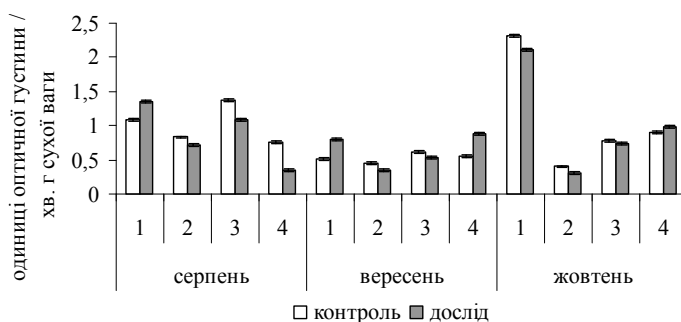


Рис. 1. Вміст гідропероксидів ліпідів у насінні деревних рослин в умовах антропогенного стресу: 1 – *A. platanoides* L.; 2 – *A. negundo* L.; 3 – *A. pseudoplatanus* L.; 4 – *Ailanthus altissima* Swingle

У процесі досягання (вересневий відбір) як у контрольному, так і дослідному насінні *A. negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus* кількість ГПЛ знижувалась порівняно із серпневим насінням у середньому в 1,7–2,0 рази, за винятком *Ailanthus altissima*, у насінні якого цей показник достовірно зростав у 2,5 рази. При цьому вміст первинних продуктів лише у насінні *A. platanoides* достовірно перевищував контрольні значення на 57 %.

У стиглому насінні жовтневого відбору *A. negundo*, *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides* відмічено зниження гідропероксидів порівняно з контрольним насінням на 25, 15 і 8 %. Протилежну тенденцію зафіксовано для насіння *Ailanthus altissima*, вміст ГПЛ у якого перевищував контроль на 8 %. Це ймовірно свідчить про злагоджене функціонування антиоксидантної системи захисту.

Відомо, що гідропероксиди ліпідів є порівняно нестійкими сполуками, які легко підлягають гемолітичному розпаду (по RO–OH зв'язку) і в подальшому можуть ініціювати нові ланцюги окиснення, сприяючи поширенню реакцій ліпопероксидації у мембранних структурах, або поглиблювати ПОЛ до кінцевих етапів [12]. Можна припустити, що коливання вмісту ГПЛ у насінні досліджуваних де-

рев із забруднених ділянок свідчило на користь посилення стійкості клітин насіння до впливу полутантів. Ймовірно, зафіксований рівень накопичення пулу гідропероксидів у насінні рослин із забруднених екотопів свідчить про включення захисних механізмів у рослин в умовах урбосередовища.

Оскільки гідропероксиди ліпідів – це первинні продукти, що утворюються при окисленні ліпідів, наступним етапом було визначення вмісту ТБК-активних продуктів – одних із кінцевих продуктів процесу ПОЛ. Із даних, наведених на рис. 2, виходить, що з подовженням часу зростання материнських рослин в умовах хронічного екологічного стресу в клітинах насіння пригнічується інтенсивність накопичення ТБК АП. Так, у насінні серпневого відбору рослин *A. negundo*, *A. pseudoplatanus* і *Ailanthus altissima*, які зростали на дослідних ділянках, спостерігали менше накопичення ТБК-активних продуктів (35,1–72,9 нмоль / хв. × г сухої ваги), порівняно з контрольним насінням (75,4–87,9 нмоль / хв. × г сухої ваги) на 12–53 %. Лише у насінні *A. platanoides* виявлено збільшення цих речовин відносно контрольних зразків на 24 %.

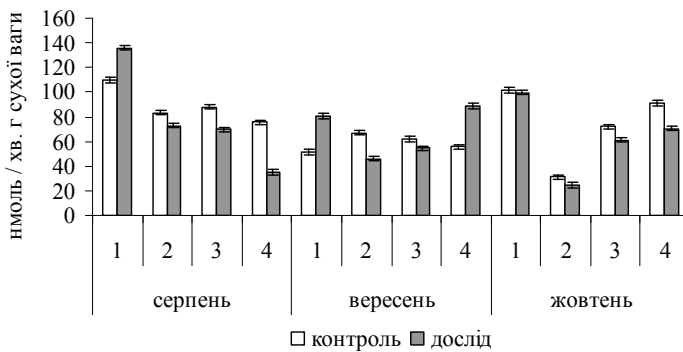


Рис. 2. Вміст ТБК-активних продуктів у насінні деревних рослин в умовах антропогенного стресу: 1 – *A. platanoides* L.; 2 – *A. negundo* L.; 3 – *A. pseudoplatanus* L.; 4 – *Ailanthus altissima* Swingle

У контрольному і дослідному насінні *A. negundo*, *A. pseudoplatanus* і *A. platanoides* вересневого відбору порівняно із серпневим відмічено зниження вмісту ТБК-активних продуктів в 1,6; 1,3 і 1,7 раза, яке узгоджується із зниженням кількості гідропероксидів ($r = 0,95$, $p < 0,05$) і ймовірно пов'язане з окисно-відновними перебудовами гомеостазу насіння в процесі досягання. Виняток становив *Ailanthus altissima*, для насіння якого цей показник був збільшеним у 2,5 раза. Але тільки для насіння *A. platanoides* вміст ТБК-активних продуктів перевищував контроль на 56 %.

У стиглому насінні жовтневого відбору фіксували накопичення ТБК-активних продуктів порівняно з вереснем. Але у дослідних зразках кількість цих сполук не перевищувала контроль. Це узгоджується з установленим нами низьким рівнем первинних продуктів ПОЛ.

Отже, серед досліджуваних видів лише насіння *A. platanoides* характеризувалось найвищими значеннями вмісту ГПЛ та ТБКАП порівняно з іншими об'єктами.

Відомо, що ТБК-активні продукти звичайно розглядаються як показник ступеня окисного стресу рослин і структурної цілісності мембран в умовах стресового впливу [26]. Виявлені нами коливання вмісту ТБК-активних продуктів пов'язані ймовірно з метаболічними перебудовами в насінні, які передують стану спокою. Зменшення кількості цих сполук у період досягання насіння досліджуваних видів свідчить про те, що 1) визначна роль у стабілізації процесів ліпопероксидації за дії стресорів належить багатокомпонентній антиоксидантній системі захисту; 2) а згідно з Ю. Є. Калашниковим [9] – про те, що дія стресів

(аерополютанти на фоні кліматичних умов) не вийшла за межі фізіологічного діапазону, в якому адаптивні механізми клітини ще повністю контролюють ситуацію.

Відомо, що показники інтенсивності процесів ПОЛ впливають на ініціювання мобілізації відповідних реакцій рослин, збільшуючи антиоксидантний потенціал організму [21].

Установлені нами зміни в інтенсивності ПОЛ супроводжувались перебудовами в захисній антиоксидантній системі насіння. Проведеними дослідженнями виявлено, що активність супероксиддисмутази (ферменту, який утилізує O_2^- , що перешкоджає ініціюванню ПОЛ) змінювалась у процесі досягання насіння. Так, у насінні серпневого відбору рослин, які зростали на дослідних ділянках, спостерігали більшу активність ферменту (11,99–18,62 одиниць оптичної густини / хв. \times г сухої ваги), порівняно з контрольним насінням (3,67–9,20 одиниць оптичної густини / хв. \times г сухої ваги).

У контрольному і дослідному насінні вересневого відбору порівняно з серпневим відмічено збільшення (у 1,4–9,0 раз) активності СОД, що забезпечувало зареєстроване нами зниження вмісту продуктів ПОЛ. У рослин *A. negundo* та *A. pseudoplatanus* із забрудненої території рівень активності ферменту перевищував контрольні рослини відповідно на 118 і 24 %. Достовірне зниження рівня СОД на 54 % відносно контрольних рослин виявлено у насінні *A. platanoides* і несуттєве у *Ailanthus altissima* – на 4 % (рис. 3).

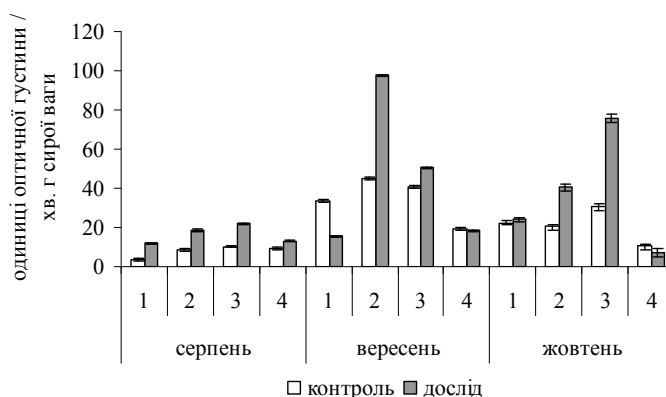


Рис. 3. Активність супероксиддисмутази у насінні деревних рослин в умовах антропогенного стресу: 1 – *A. platanoides* L.; 2 – *A. negundo* L.; 3 – *A. pseudoplatanus* L.; 4 – *Ailanthus altissima* Swingle

Насіння жовтневого відбору (повна стиглість) усіх контрольних рослин характеризувалось зниженням активності СОД (10,44–28,88 одиниць оптичної густини / хв. \times г сухої ваги) порівняно з вересневим відбором. У дослідного насіння *A. negundo* і *A. pseudoplatanus*, навпаки, фіксували зростання активності ферменту в 2,0 і 2,5 рази. Виняток складав *Ailanthus altissima*, у насінні якого зафіксовано зниження активності СОД на 30 % (рис. 3).

Оскільки літературні дані свідчать про роль СОД у захисті рослин від окисної деструкції [10], установлений нами збільшений рівень активності СОД у насінні більшості видів має пристосувальний характер і спрямований на руйнування супероксидного радикала. Відносно висока активність ензиму може бути результатом підвищеної експресії її гена.

У результаті реакції, яку каталізує СОД, утворюється пероксид водню, руйнування якого здійснюється системою, що включає каталазу та пероксидазу. Ці ферменти каталізують двоелектронне відновлення H_2O_2 до води, використовуючи як донора електрона пероксид водню у випадку каталази та різних відновників у випадку пероксидази [20].

Активність каталази у насінні серпневого відбору дослідних рослин (0,29–0,40 ммоль/ хв. × г сухої ваги) не відрізнялась від контрольних (0,30–0,39 ммоль/ хв. × г сухої ваги). Мінімальні значення активності ферменту притаманні *A. platanoides*.

У вересні фіксували зростання активності ферменту порівняно із серпнем у 1,1–1,2 раза. Дослідне насіння характеризувалось збільшеною активністю каталази відносно контрольних зразків в 1,7 раза у *A. negundo*, в 1,3 раза – *A. platanoides*, в 1,2 раза – *Ailanthus altissima* (рис. 4).

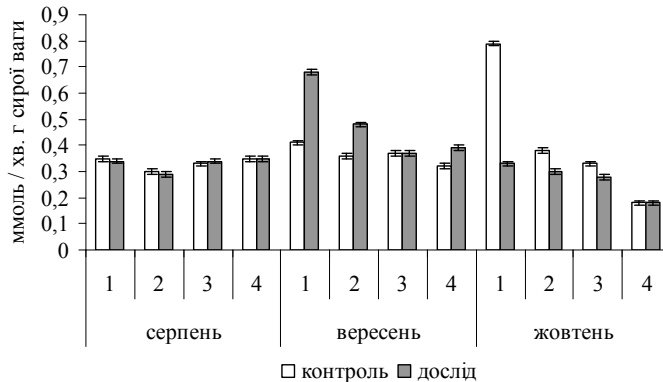


Рис. 4. Активність каталази у насінні деревних рослин в умовах антропогенного стресу: 1 – *A. platanoides* L.; 2 – *A. negundo* L.; 3 – *A. pseudoplatanus* L.; 4 – *Ailanthus altissima* Swingle

У стиглому насінні в жовтні реєстрували тенденцію до деякого зниження активності каталази в 1,2–1,3 раза порівняно з вереснем, що ймовірно пов'язано зі зниженням інтенсивності процесів дихання. У дослідному насінні активність достовірно знижена відносно контрольного в 1,2–1,3 раза у рослин *A. pseudoplatanus* та *A. platanoides* і в 2,4 раза у *A. negundo*, що свідчить про її активну участь у детоксикації пероксиду водню.

Оскільки одним з адаптивних механізмів реагування рослин на стрес в умовах урбофітоценозу, а також показником інтенсивності окисного стресу може бути активність пероксидази, ми досліджували динаміку змін активності даного ферменту. Так, у насінні, відібраному у серпні з дослідних ділянок, активність пероксидази порівняно з контрольним була збільшена в 1,1 раза у *A. negundo*; в 1,7 – у *A. pseudoplatanus* та *A. platanoides*, в 2,17 раза – у *Ailanthus altissima*. Мінімальні значення активності притаманні для *A. platanoides*.

У вересні спостерігали зниження активності пероксидази порівняно із серпнем у контрольного насіння від 1,1 до 7,6 раза, у дослідного – від 1,1 до 30 разів залежно від виду. Слід зазначити, що у насінні *A. negundo* L. і *A. pseudoplatanus* L. з ділянок з антропогенним навантаженням рівень активності вищий контролю в 1,1 та 1,5 раза. Для *Ailanthus altissima* характерно зниження цього параметр в 1,8 раза. Значення активності пероксидази насіння *A. platanoides* залишались найнижчими.

У стиглому насінні (жовтень) фіксували подальше зниження пероксидазної активності як у контрольних зразках, так і в дослідних, що вірогідно пов'язано зі зниженням інтенсивності дихання і переходом насіння до стану спокою. Але у дослідного насіння рівень ферментативної активності виявився зниженим відносно контрольного в 1,1 раза (у *A. negundo*), в 1,2 раза (у *A. pseudoplatanus*), в 1,7 раза (у *Ailanthus altissima*). Мінімальні значення активності відзначено у насінні *A. platanoides* (рис. 5).

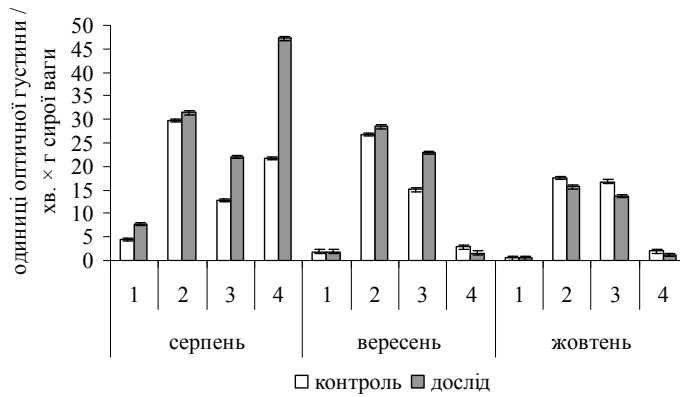


Рис. 5. Активність пероксидази у насінні деревних рослин в умовах антропогенного стресу: 1 – *A. platanoides* L.; 2 – *A. negundo* L.; 3 – *A. pseudoplatanus* L.; 4 – *Ailanthus altissima* Swingle

Виявлене пониження активності пероксидази впродовж етапів досягання насіння деревних порід свідчить про її активну участь у відновленні H_2O_2 до H_2O .

Таким чином, встановлено, що дія комплексного антропогенного забруднення на материнські рослини *A. platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. negundo* L., *Ailanthus altissima* Swingle викликала низку відповідних реакцій, які закріпились у їх насінній продукції. У насінні спостерігали адаптивні фізіолого-біохімічні зміни, які забезпечували збереження прооксидантно-антиоксидантної рівноваги на певному рівні, що проявлялось у такому: по-перше, у зниженні показників пероксидного окиснення ліпідів (ГПЛ та ТБК-активних продуктів); по-друге, у підвищенні активності ферментів СОД, каталази та коливанні рівня пероксидази. Синхронна дія цих ензимів пом'якшувала ушкоджувальний ефект стресу на репродуктивні органи рослин.

Висновки. Виявлено, що зміни динаміки первинних та вторинних продуктів ПОЛ – гідропероксидів ліпідів та ТБК-активних продуктів у репродуктивних органах досліджуваних деревних порід в умовах урбофітоценозу мали сигнальне значення. Знижений вміст цих сполук зумовлений перебудовами у метаболізмі насіння, спрямованими на включення антиоксидантних механізмів захисту.

З'ясовано, що в умовах хронічної дії аерополутантів на материнські рослини підтримка окисно-відновних процесів на певному рівні в насінні *A. pseudoplatanus* L. та *A. negundo* L. здійснюється за рахунок збільшення активності супероксиддисмутази, каталази та пероксидази. У насінні *A. platanoides* ймовірна визначна роль у стабілізації процесів ліпопероксидації належить неферментативній системі захисту та ферментам глутатіонового циклу.

Установлені закономірності можуть бути розглянуті як адаптивні реакції деревних порід на дію хронічного антропогенного стрес-фактора середовища в певному інтервалі його інтенсивності.

Найпотужнішим адаптаційним потенціалом володіє насіння *A. pseudoplatanus* L. та *A. negundo* L.

Бібліографічні посилання

1. **Барабой В. А.** Механизмы стресса и перекисное окисление липидов / В. А. Барабой // Успехи современной биологии. – 1991. – 111. – С. 923–931.
2. **Бессонова В. П.** Влияние тяжелых металлов на фотосинтез растений / В. П. Бессонова. – Днепропетровск : ДГАУ, 2006. – 208 с.
3. **Бессонова В. П.** Семенное возобновление древесных растений и промышленные поллютанты (SO_2 и NO_2) / В. П. Бессонова, Т. И. Юсыпова. – Запорожье : Запорож. гос. ун-т, 2001. – 193 с.

4. **Більчук В. С.** Вплив техногенного забруднення на активність і компонентний склад амінотрансфераз репродуктивних органів деревних рослин / В. С. Більчук // Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. «Сучасні проблеми фізіології та інтродукції рослин». – Д., 2005. – С. 6.
5. **Владимиров Ю. А.** Перекисное окисление липидов биологических мембран / Ю. А. Владимиров, А. И. Арчаков. – М. : Наука, 1972. – 252 с.
6. **Воронин В. И.** Действие серосодержащих эмиссий на пихту сибирскую в Южном Прибайкалье : автореф. дис. ... канд. биол. наук. : спец. 03.02.08. / В. И. Воронин. – Иркутск, 1989. – 19 с.
7. **Воскресенская О. Л.** Организм и среда: факториальная экология / О. Л. Воскресенская, Е. А. Скочилова. – Йошкар-Ола, 2005. – 175 с.
8. **Грицай З. В.** Насіннева продуктивність деревних рослин в умовах забруднення доквілля викидами металургійного підприємства / З. В. Грицай, О. Г. Динесенко // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Біологія. Екологія. – 2011. – Вип. 19, Т. 2. – С. 40–44.
9. **Калашников Ю. Е.** Действие почвенной гипоксии на активацию кислорода и систему защиты от окислительной деструкции в корнях и листьях ячменя / Ю. Е. Калашников, Т. И. Балахнина, Д. А. Закржевский // Физиология растений. – 1994. – Т. 41, № 4. – С. 583–588.
10. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Е. Л. Кордюм, К. М. Сытник, В. В. Бараненко и др. – К. : Наук. думка, 2003. – 270 с.
11. **Коршиков И. И.** Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой / И. И. Коршиков. – К. : Наук. думка, 1995. – 192 с.
12. **Курганова Л. Н.** Перекисное окисление липидов и антиоксидантная система защиты в хлоропластах гороха при тепловом шоке / Л. Н. Курганова, А. П. Веселов, Т. А. Гончарова // Физиология растений. – 1997. – Т. 44, № 5. – С. 725–730.
13. **Мерзляк М. Н.** Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительной клетки / М. Н. Мерзляк // Итоги науки и техники. Сер. Физиология растений. – 1989. – Т. 6. – 167 с.
14. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова, 3-е изд. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
15. **Мусієнко М. М.** Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М. М. Мусієнко, Т. В. Паршикова, П. С. Славний. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 200 с.
16. **Переслегина И. А.** Активность антиоксидантных ферментов слюны здоровых детей / И. А. Переслегина // Лабораторное дело. – 1989. – № 11. – С. 20–23.
17. **Плешков Б. П.** Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – М. : Колос, 1968. – 183 с.
18. **Половникова М. Г.** Активность компонентов антиоксидантной защиты и полифенолоксидазы у газонных растений в онтогенезе в условиях городской среды / М. Г. Половникова, О. Л. Воскресенская // Физиология растений. – 2008. – Т. 55, № 5. – С. 777–785.
19. **Попов В. Н.** Перекисное окисление липидов при низкотемпературной адаптации листьев и корней теплолюбивых растений табака / В. Н. Попов, О. В. Антипина, Т. И. Трунов // Физиология растений. – 2010. – Т. 57, № 1. – С. 153–156.
20. **Прайор У.** Свободные радикалы в биологии / У. Прайор. – М. : Мир, 1979. – Т. 2. – 240 с.
21. **Прокопьев И. А.** Влияние техногенного загрязнения пылью, содержащей тяжелые металлы, на семенное потомство лебеды раскидистой / И. А. Прокопьев, Г. В. Филиппова, А. А. Шеин // Физиология растений. – 2012. – Т. 59, № 2. – С. 238–243.
22. **Філонік І. О.** Вплив техногенного забруднення Дніпропетровська на показники білково-амінокислотного обміну і системи протеолізу у насінні гіркокаштана звичайного та клена гостролистого / І. О. Філонік // Матер. І Міжнар. наук.-практ. конф. «Рослини та урбанізація». – Д., 2007. – С. 159–160.
23. **Хромих Н. О.** Стан глутатіон-залежної системи *Aesculus hippocastanum* за умов антропогенного забруднення / Н. О. Хромих // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2012. – Вип. 58. – С. 265–270.

24. **Чиркова Т. В.** Физиологические основы устойчивости растений / Т. В. Чиркова. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2002. – 244 с.
25. **Шупранова Л. В.** Наслідки впливу комплексного забруднення міського середовища на стан генеративного потомства деревних рослин / Л. В. Шупранова // Матер. Всеукр. конф. «Екологічні питання співіснування: людина – рослина». – Д., 2009. – С. 283–286.
26. **Ян Гао.** Фитоэкстракция кадмия и физиологические изменения у *Solanum nigrum* как нового гипераккумулятора / Гао Ян, Чжоу Пэй, Мао Лян и др. // Физиология растений. – 2010. – Т. 57, № 4. – С. 538–546.
27. **Alonso A.** Chilling Stress Leads to Increased Cell-Membrane Rigidity in Roots of Coffee (*Coffea arabica* L.) Seedlings / A. Alonso, C. S. Queiroz, A. C. Magalhaes // Biochim. Biophys. Acta. – 1997. – V. 1323. – P. 75–84.
28. **Bolwell G. P.** Mechanisms for the generation of reactive oxygen species in plant defense – a broad perspective / G. P. Bolwell // Physiol. Mol. Plant Pathol. – 1997. – V. 51. – P. 347–366.
29. **Inzu D.** Oxidative stress in plants / D. Inzu, M. van Montague // Curr. Opin. Biotechnol. – 1995. – V 6. – P. 153–158.
30. **Merzlyak M. N.** Free radical metabolism, pigment degradation and lipid peroxidation in leaves during senescence / M. N. Merzlyak // Proc. Royal Soc. Edinburgh. – 1994. – V. 102. – P. 459–471.
31. **Zhang J.** Drought-stress induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species / J. Zhang, M. B. Kirkham // Plant Cell Physiol. – 1994. – V. 35. – P. 785–791.

Надійшла до редколегії 11.03.2013.

УДК 574.472.58.073

М. В. Вовк, Д. С. Ганжа

*Природний заповідник «Дніпровсько-Орільський»
49054, м. Дніпропетровськ, вул. Полетаєва, 2; e-mail: dopz@ukr.net*

ВПЛИВ СЕРЕДОВИЩЕТВІРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КОЛОНІАЛЬНИХ ПОСЕЛЕНЬ ЧАПЛИ СІРОЇ (*Ardea cinerea* L.) НА РОСЛИННІСТЬ ОСОКОРОВИХ ЛІСІВ

Досліджено вплив колоніальних поселень сірої чаплі на рослинний покрив. Використано коефіцієнт Жаккара для визначення спільності між рослинними угрупованнями, що утворились на місцях колишніх та сучасних колоній чапель.

Ключові слова: рослинний покрив, зоогенний фактор, коефіцієнт Жаккара.

Показаны результаты исследований влияния колониальных поселений серой цапли на растительный покров. Использован коэффициент Жаккара для определения сходства между растительными сообществами, которые образовались на местах бывшей и нынешней колоний.

Ключевые слова: растительный покров, зоогенный фактор, коэффициент Жаккара.

Article is devoted to researches of influence of colonial settlements of a gray heron. Zhakkar's factor was used for determination of similarity between vegetative groups, which were formed in places of the former and modern colonies of herons.

Key words: vegetation cover, Zoogenic factor, Jaccard coefficient.

Вступ. Питання, що стосуються вивчення колоніальних поселень птахів, здатності їх утворювати скупчення та впливати на біоценоз, актуальні вже досить