the vast majority of which are specimens of *A. platanoides* (24 pcs.). Dying trees in the area are represented by only 3 pcs. Fresh deadwood in plantations is missing, however there are 11 pcs. deadwood of past years. The roadside life index is 58.24, which characterizes it as weakened.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-04>

УДК 581.1

ДИНАМІКА АКТИВНОСТІ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ У НАСІННІ *SORBUS AUCUPARIA* L. В НАСАДЖЕННЯХ УРБООКОСИСТЕМИ

Легостаєва Т. В., Стариченко М. А., Озерян С. А.

Дніпровський національний університет

імені Олеся Гончара

tanyaleg1975@gmail.com

Вивчено вплив аерополітантів на активність антиоксидантного ферменту – супероксиддисмутази в насінні *Sorbus aucuparia* L. Встановлено, що при хронічному впливі викидів автотранспорту, в стиглому насінні *Sorbus aucuparia* L. відбувається активація супероксиддисмутази, що є адаптивною реакцією деревної рослини. Зміна активності ензиму залежить від місця зростання горобини звичайної і рівня аеротехногенного забруднення.

Урбоєкосистема, автомагістраль, Sorbus aucuparia L., насіння, активність супероксиддисмутази, адаптація, аерополітанти

Рослини, які зростають на урбанізованих територіях, зазнають постійного впливу техногенного забруднення [9]. За дії політантів у них відбувається індукція прояву і розвиток різних компенсаторних механізмів, що сприяє відновленню порушеної рівноваги і спрямоване на підтримку гомеостазу. При цьому активуються різні метаболічні процеси за участі ферментів [8].

Специфічним ферментом, який запобігає ушкоджуючому впливу супероксиданіон-радикалу кисню на біологічні структури, є супероксиддисмутаза (СОД), що перетворює цей радикал на пероксид водню [3, 4]. Активність СОД є показником неспецифічної резистентності рослинного

організму до стресових чинників. За впливу несприятливих факторів активність цього ферменту змінюється залежно від тривалості дії та напруженості стрес-чинників [7].

Вивченню активності супероксиддисмутази у рослинних організмах приділяється багато уваги [1, 3, 4, 7–9]. Відомо, що за умов техногенного забруднення атмосфери і ґрунту насіння деревних рослин здатне акумулювати надмірну кількість шкідливих хімічних речовин, що порушує метаболічні процеси, які відіграють значну роль у захисних механізмах при його проростанні [11]. Тому з'ясування механізмів захисту клітин і тканин від окисної деструкції у деревних порід, особливості функціонального стану репродуктивних органів потребує подальшого поглибленого вивчення.

Метою наших досліджень було оцінити активність супероксиддисмутази у насінні рослин *Sorbus aucuparia* L. в умовах урбанізованого середовища м. Дніпро.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктом досліджень обрано *Sorbus aucuparia* L., яка є складовою деревних насаджень у містах та селищах і широко застосовується в декоративному садівництві та озелененні. Відбір матеріалу проводили на п'ятьох моніторингових точках: на основних автомагістралях міста Дніпро з інтенсивним автомобільним рухом – проспекті ім. Олександра Поля, вулиці Донецьке шосе, бульварі Зоряному, парку ім. Лазаря Глоби, де серед політантів превалюють важкі метали (свинець, кадмій, мідь, цинк) [2] і чистій контрольній зоні (с. Першотравенка, близько 70 км від міста Дніпро), де концентрації забруднюючих речовин не перевищують гранично допустимі концентрації. Інтенсивність руху автомобільного транспорту на дослідних ділянках складає: с. Першотравенка (контроль) – 903; парк імені Лазаря Глоби – 1576; бульвар Зоряний – 2111; проспект імені Олександра Поля – 2083; вулиця Донецьке шосе – 2420 авт./год.

Для дослідження брали насіння з нижньої частини крони дерев віком 20–25 років по мірі його досягання (серпень, вересень і жовтень). На всіх дослідних ділянках для кожного виду проби плодів і насіння відбирали з декількох

модельних дерев згідно ДСТУ [5]. Дослідження активності СОД проводили за методикою І. О. Переслегиної [6]. Результати дослідів оброблено статистично [10].

Результати та їх обговорення

Враховуючи важливість супероксиддисмутази в механізмі адаптації рослин до дії аерополутантів, ми вивчали динаміку активності СОД у насінні дерев *Sorbus aucuparia* L., які зростали за хронічної дії викидів легкого та важкого автотранспорту міста Дніпро.

Згідно меті дослідження в умовах м. Дніпро у насінні *Sorbus aucuparia* L. серпневого відбору, яке формувалося на деревах дослідних ділянок, спостерігали вищу активність СОД – 8,25–12,05 ум.од./г сухої ваги хв., порівняно з контрольним насінням – 6,63 ум.од./г сухої ваги хв. У рослин горобини звичайної з парку імені Лазаря Глоби цей параметр збільшений відносно контролю на 25,1 %, бульвару Зоряний – на 54,3 %, проспекту імені Олександра Поля – на 69,2 %, вулиці Донецьке шосе – на 81,3 % (рис. 1).

Рисунок 1 – Активність супероксиддисмутази у насінні *Sorbus aucuparia* L. на ділянках з антропогенним забруднення: 1 – с. Першотравенка (контроль); 2 – парк ім. Лазаря Глоби; 3 – бульвар Зоряний; 4 – проспект ім. Олександра Поля; 5 – вулиця Донецьке шосе

Figure 1 – Activity of superoxide dismutase in seeds of *Sorbus aucuparia* L. in areas with anthropogenic pollution: 1 – v. Pershotravenka (control); 2 – Lazar Globa Park; 3 – Zoryany Boulevard; 4 – Alexander Pole Avenue; 5 – Donetsk highway

Біохімічними дослідженнями встановлено, що у контрольному і дослідному насінні *Sorbus aucuparia* L. вересневого відбору порівняно з серпневим відмічено збільшення активності супероксиддисмутази на 38,4 % (контрольне насіння) та 30,4–49,3 % (дослідне насіння). У рослин з дослідних ділянок – бульвар Зоряний, проспект імені Олександра Поля, вулиця Донецьке шосе рівень активності ферменту найбільший і перевищує контроль на 56,2; 59,1 і 83,3 % відповідно. Мінімальні значення активності СОД зареєстровані у насінні, відібраному у парку імені Лазаря Глоби (35,2 % вище за контроль) (рис. 2).

Рисунок 2 – Активність супероксиддисмутази у насінні *Sorbus aucuparia* L. на ділянках з антропогенним забруднення: 1 – с. Першотравенка (контроль); 2 – парк ім. Лазаря Глоби; 3 – бульвар Зоряний; 4 – проспект ім. Олександра Поля; 5 – вулиця Донецьке шосе

Figure 2 – Activity of superoxide dismutase in seeds of *Sorbus aucuparia* L. in areas with anthropogenic pollution: 1 – v. Pershotravenka (control); 2 – Lazar Globa Park; 3 – Zoryany Boulevard; 4 – Alexander Pole Avenue; 5 – Donetsk highway

Аналіз експериментальних даних показав (рис. 3), що насіння жовтневого відбору (повна стиглість) характеризувалося зниженням активності СОД у контрольних рослин на 17,4 % відносно попередньої фази вегетації, у дослідних рослин на 21,4–24,2 %, оскільки зниження активності супероксиддисмутази при переході рослин у фазу

настання фізіологічного спокою можна пояснити зниженням здатності рослинної тканини знешкоджувати активні форми кисню. Але відносно контролю, у рослин з моніторингових точок фіксували зростання супероксиддисмутази активності на 25,4 % (парк імені Лазаря Глоби), на 45,3 % (бульвар Зоряний), на 53,3 % (проспект імені Олександра Поля) і на 69,1 % (вулиця Донецьке шосе).

Рисунок 3 – Активність супероксиддисмутази у насінні *Sorbus aucuparia* L. на ділянках з антропогенним забруднення: 1 – с. Першотравенка (контроль); 2 – парк ім. Лазаря Глоби; 3 – бульвар Зоряний; 4 – проспект ім. Олександра Поля; 5 – вулиця Донецьке шосе

Figure 3 – Activity of superoxide dismutase in seeds of *Sorbus aucuparia* L. in areas with anthropogenic pollution: 1 – v. Pershotravenka (control); 2 – Lazar Globa Park; 3 – Zoryany Boulevard; 4 – Alexander Pole Avenue; 5 – Donetsk highway

Оскільки літературні дані свідчать про роль СОД у захисті рослин від окисної деструкції [1], то встановлена нами інтенсифікація активності супероксиддисмутази порівняно з попередньою фазою активності СОД у насінні *Sorbus aucuparia* L. носить пристосувальний характер і спрямований на руйнування супероксидного радикалу. Відносно висока активність ензиму може бути результатом підвищеної експресії його гену, або за рахунок активації латентних форм ферменту.

Результати роботи розширюють наукові уявлення про реакцію ферментів-детоксикаторів вільних радикалів насіння на вплив аерополутантів та можуть бути використані при розробці тест-методів для визначення стійкості деревних рослин до антропогенного забруднення.

Висновки

1. Активація СОД в насінні *Sorbus aucuparia* L. за дії викидів автотранспорту може свідчити про інтенсивний перебіг реакцій знешкодження активних форм кисню: в 1,5–1,8 рази порівняно з контрольними значеннями. Рівень зростання активності ферменту у насінні визначався ступенем забруднення дослідних ділянок.
2. У насінні горобини звичайної із антропогенно забруднених ділянок у процесі досягання виявлено зростання активності супероксиддисмутази в серпні та вересні і зниження її активності у жовтні.
3. Показники активності СОД можна з великим ступенем достовірності використовувати для оцінки стану *Sorbus aucuparia* L. у стресових умовах та їх стійкості до аеротехногенного забруднення.

Література:

1. Бараненко В. В. Супероксиддисмутаза в клетках растений. Цитология. 2006. Т. 48. С. 465–474.
2. Екологічний паспорт міста Дніпро. Департамент екологічної політики Дніпровської міської ради. 2018. 67 с.
3. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Активные формы кислорода и стрессовый сигналинг у растений. Украинский биохимический журнал. 2014. Т. 86, № 4. С. 18–35.
4. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Формирование адаптивных реакций растений на действие абиотических стрессоров. Киев : Основа, 2010. 352 с.
5. Насіння дерев та кущів. Методи відбирання проб, визначення чистоти, маси 1000 насінин та вологості: ДСТУ 5036:2008. Введ. 01.01.2009. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 50 с.

6. Переслегина И. А. Активность антиоксидантных ферментов слюны здоровых детей. Лабораторное дело. 1989. № 11. С. 20–23.
7. Поберезкина Н. Б., Осинская Л. Ф. Биологическая роль супероксиддисмутазы. Украинский биохимический журнал. 1989. Т. 61, № 2. С. 14–27.
8. Половникова М. Г. Экофизиология стресса. Санкт-Петербург : Изд-во Марийск. ун-та, 2010. 256 с.
9. Половникова М. Г., Воскресенская О. Л. Активность компонентов антиоксидантной защиты и полифенолоксидазы у газонных растений в онтогенезе в условиях городской среды. Физиология растений. 2008. Т. 55, № 5. С. 777–785.
10. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк : Юго-Восток, 1999. 210 с.
11. Шупранова Л. В., Кучма В. М. Видові особливості змін деяких показників насіння деревних порід в умовах міського середовища. Матеріали III міжнародної наукової конференції «Інтродукція, селекція та захист рослин». 2012 р., Донецьк. С. 265.

DYNAMICS OF SUPEROXIDE DISMUTASE ACTIVITY IN SEEDS OF *SORBUS AUCUPARIA* L. AT PLANTATION OF URBOECOSYSTEM

Legostaeva T. V., Starichenko M. A., Ozerian S. A.

Oles Honchar Dnipro National University

tanyaleg1975@gmail.com

Plants that grow in urban areas are subject to constant exposure to man-made pollution. SOD activity is an indicator of non-specific resistance of the plant organism to stress factors.

The purpose of our research was to find out the changes in the activity of the antioxidant enzyme (superoxide dismutase) in the seeds of *Sorbus aucuparia* L. plants under the conditions of the urbanized environment of the Dnipro City.

The object of research is *Sorbus aucuparia* L., which is a part of tree plantations in cities and villages and is widely used in decorative gardening and landscaping. The selection of the material was carried out at five monitoring points: on the main

highways of the city of Dnipro with intensive automobile traffic – Alexander Pole Avenue, Donetsk highway, Zoryany Boulevard, Lazar Globa Park, where heavy metals predominate among polluters (lead, cadmium, copper, zinc) and a clean control zone (from Pershotravenska, about 70 km from the city of Dnipro), where the concentration of pollutants does not exceed the maximum permissible concentrations. The intensity of road transport in the experimental areas is: v. Pershotravka (control) – 903; Lazar Globa Park – 1576; Zoryany Boulevard – 2111; Alexander Pole Avenue – 2083; Donetsk highway – 2420 car/hour. For the study, seeds were collected from the lower part of the crown of trees aged 20–25 in August, September, October 2018. For each species, fruit and seed samples were taken from several model trees on all experimental sites in accordance with DSTU. Investigations of SOD activity were performed using the method of Pereslegina. The results of the experiments were processed statistically. According to the purpose of the study in the conditions of the Dnipro City in the *Sorbus aucuparia* L. seed of August selection, which was formed on experimental sites, a higher activity of 8,25–12,05 s.u./g dry weight min. was observed compared to the control seed 6,63 s.u./g dry weight min. In plants of *Sorbus aucuparia* L. from Lazar Globa Park, this parameter is increased with respect to control by 25.1 %, Zoryany Boulevard – by 54.3 %, Alexander Pole Avenue – by 69.2 %, Donetsk highway – by 81.3 %. In the control and experimental seeds of *Sorbus aucuparia* L. in September selection, in comparison with August, an increase in the activity of superoxide dismutase was noted for 38.4% (control seed) and 30.4–49.3 % (experimental seed). In plants from experimental sites – Zoryany Boulevard, Alexander Pole Avenue, Donetsk highway, the level of activity of the enzyme is highest and exceeds control by 56.2; 59.1 and 83.3 % respectively. The minimum values of SOD activity are registered in the seeds selected in Lazar Globa Park (35.2 % higher than control). The seeds of October selection (complete maturation) were characterized by a decrease in the activity of SOD in control plants by 17,4 % compared with September selection, in experimental plants by 21.4–24.2 %. But in relation to control plants, in experimental the growth of superoxide dismutase activity was 25.4 % (Lazar Globa Park), 45.3 % (Zoryany

Boulevard), 53.3 % (Aleksandr Pole Avenue) and 69.1 % (Donetsk highway).

Since the literature data indicate the role of SOD in protecting plants from oxidative degradation, the established level of activity of SOD in the seeds of *Sorbus aucuparia* L. has an adaptive nature and is aimed at the destruction of the superoxide radical. Relatively high activity of the enzyme may be the result of increased expression of its gene, or by activating latent forms of the enzyme.

So, the adaptation of *Sorbus aucuparia* L. wood species to the action of pollutants occurs due to the activation of SOD, which may indicate an intense course of neutralization of reactive oxygen species: 1.5–1.8 times as compared with control values. The level of growth of the enzyme activity in the seeds was determined by the degree of contamination of the experimental sites. In the seeds of *Sorbus aucuparia* L. of anthropogenically polluted areas in the process of ripening, the growth of superoxide dismutase activity in August and September and the decrease of its activity in October were detected. Indicators of activity of SOD can be used with a high degree of reliability to assess the state of plants in stressful conditions and their resistance to aerotechnogenic contamination.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-05>

УДК 581.2

АНАТОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПАГОНА *PICEA PUNGENS* ENGELM. У ТЕХНОГЕННИХ УМОВАХ МІСТА ДНІПРО

Юсупіва Т. І., Полякова Є. О.

Дніпровський національний університет

імені Олеся Гончара

JusupivaTatjana@i.ua

Вивчено вплив техногенного забруднення на гістологічні характеристики стебла однорічних пагонів *Picea pungens* Engelm. *f. viridis* Regel. в умовах урбосередовища (м. Дніпро). Показано зменшення товщини перидерми в стеблах осей II та III порядків, первинної кори в пагонах подовження скелетних гілок, епідерми та пізньої деревини в пагонах галуження, збільшення радіусу ранньої деревини та діаметра внутрішньої серцевини у стеблах обох типів бічних пагонів. Запропоновано інформативні тест-параметри для фітоіндикації техногенного забруднення середовища.