

## ЗБАГАЧЕННЯ ФЛОРИСТИЧНОГО СКЛАДУ ТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЙ ЗА РАХУНОК ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ ҐРУНТОПОКРИВНИХ РОСЛИН

Н.В. МАРТИНОВА, Ю.В. ЛИХОЛАТ, доктор біологічних наук;  
В.Ф. ОПАНАСЕНКО, кандидат біологічних наук  
Ботанічний сад Дніпропетровського національного університету  
імені Олеся Гончара

### Вступ

Значний вплив на сучасний стан природних комплексів має господарська діяльність людини, в результаті якої відбувається знищення природної рослинності та заміна її рудеральними видами. На малопродуктивних еродованих землях процес автогенезу відбувається досить повільно. Важливим резервом збагачення флористичного складу для відновлення рослинного покриву на техногенних територіях є ґрунтопокривні рослини колекції ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара. Для цієї групи рослин характерна висока вегетативна рухливість, що сприяє прискоренню заростання порушених земель. Крім того, використання даного типу рослин продиктоване їх невибагливістю в культурі, довговічністю в насадженнях, стійкістю до шкідників та хвороб, низьких і високих температур, а також умов комплексного забруднення довкілля, яким є, зокрема, агломераційне виробництво.

### Об'єкти і методи досліджень

З метою збагачення біорізноманіття рослинного покриву техногенних територій нами проведено добір ґрунтопокривних рослин на основі їх фізіолого-біохімічного статусу. Об'єктами дослідження стали 12 видів ґрунтопокривних рослин: *Anemone sylvestris* L., *Asarum europaeum* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Potentilla anserina* L., *Sedum acre* L., *Sedum reflexum* L., *Sedum spurium* Bieb., *Sedum kamtschaticum* Fisch., *Dendranthema arcticum* (L.) Tzvel., *Stellaria holostea* L., *Viola alba* Bess., *Campanula poscharskyana* Degen. Добір вихідного матеріалу для дослідження проводився з урахуванням ботаніко-географічного походження та екологічних особливостей. Серед представників європейської флори було обрано 8 видів, далекосхідних – 2 види, 1 кавказький вид та 1 представник флори Балканського півострова. За екоморфним аналізом досліджувані види поділяються на мегатрофи – 2 види, мезотрофи – 4 види, інші види – оліготрофи; мезофітів – 5 видів, інші – ксерофіти; сціофітів – 1 вид, геліофітів – 2 види, інші види частково вимогливі до умов освітлення. За структурою пагонових утворень підземної та наземної сфери та типами вегетативної рухливості ґрунтопокривні рослини поділяються на довгокореневищні вегетативно рухливі (*Asarum europaeum*, *Euphorbia cyparissias*, *Sedum acre*, *S. kamtschaticum*, *S. reflexum*, *S. spurium*, *Stellaria holostea*), короткокореневищні вегетативно рухливі (*Potentilla anserina*) та короткокореневищні маловеgetативно рухливі (*Anemone sylvestris*, *Campanula poscharskyana*, *Dendranthema arcticum*, *Viola alba*).

Дослідна ділянка була розташована в зоні прямого впливу емісій Гірничозбагачувального комбінату м. Орджонікідзе. Обсяги викидів цього підприємства складають 12908,887 тонн на рік, у тому числі тверді речовини – 880,8, оксиди азоту – 448,231, діоксид сірки – 454,637, оксид вуглецю – 10027,833. Найбільш фітотоксичним компонентом, що викидається при агломерації, є сірчистий газ, сполуки вуглецю та окисли важких металів: марганцю, цинку та міді [5]. Рослини контрольного варіанту зростали в умовно чистій зоні м. Дніпропетровська – на колекційних ділянках ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара. Ця територія знаходиться на досить значній відстані від промислових підприємств, не має ознак забруднення та характеризується оптимальними екологічними умовами для зростання рослин.

Дослідження впливу чинників забруднення на стан ферментативної антиоксидантної системи проводили впродовж двох років у листках ґрунтопокривних рослин. Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за ступенем інгібування відновлення нітросинього тетраозолу в присутності нікотинамідаденіндинуклеотиду та феназинметасульфату. Кількісні параметри реакції визначали шляхом вимірювання оптичної густини реакційної суміші при довжині хвилі 540 нм. [10]. Активність каталази визначали титриметричним методом, заснованим на урахуванні кількості розкладеного перекису водню під дією ферментного препарату [9]. Активність пероксидази визначали за методом Бояркіна [6], який базується на визначенні швидкості реакції окиснення бензидину до утворення синього продукту. Інтенсивність забарвлення вимірювали при довжині хвилі 590 нм. Активність поліфенолоксидази (ПФО) визначали за колориметричним методом Бояркіна [2]. Вимірювання проводили при жовто-зеленому світлофільтрі. Інтенсивність процесів перекисного окиснення ліпідів визначали вимірюванням ТБК-активних речовин методом, в основу якого покладено визначення концентрації забарвленого комплексу, який утворюється в результаті реакції МДА з двома молекулами ТБК у кислому середовищі при температурі 99–100°C [7].

### Результати та обговорення

Аналіз впливу стресових факторів на активність СОД у листках ґрунтопокривних рослин показав, що динаміка активності протягом вегетаційного сезону зберігається аналогічною контролю в 11 видів, а у *Sedum kamtschaticum* активність СОД у рослин, що зростали на території комбінату, постійно знижувалася від початку до кінця вегетації, тоді як у контролі максимум активності припадав на середину вегетації.

Відомо, що під впливом несприятливих факторів активність супероксиддисмутази змінюється по-різному: в одних випадках відмічається її збільшення, в інших – зменшення, що залежить від напруженості дії стресового фактора, а також від сприйнятливості організму, стадії розвитку рослини тощо [1, 12]. Це підтверджено й нашими дослідженнями. Було виявлено, що показники активності супероксиддисмутази у рослин дослідної ділянки вищі за контрольні значення у 9 видів. У дослідних рослин *Viola alba*, *Stellaria holostea* та *Sedum kamtschaticum* у фазах активного або/та вторинного зростання активність ферменту спостерігалася нижча за контрольну.

Зміна активності каталази і пероксидази в тих самих видів часто пов'язують з різними умовами зростання рослин і застосовують при визначенні рівня забруднення у методі фітоіндикації. В процесі проведення наших досліджень було з'ясовано, що динаміка активності каталази у листках ґрунтопокривних рослин дослідної ділянки збігається з динамікою у контролі. Стосовно пероксидази у деяких видів дослідної ділянки динаміка активності протягом вегетаційного сезону суттєво відрізняється від контрольної. Так, у *Campanula poscharskyana* зниження активності пероксидази припадає на середину вегетації з подальшим її підвищенням, тоді як у контролі виявлено поступове підвищення активності протягом сезонного розвитку. Інша картина спостерігається для *Viola alba* та *Anemone sylvestris*: якщо у контролі активність ферменту підвищується у фазі вторинного зростання й потім знижується, то в рослинах дослідної ділянки активність пероксидази знижується від початку до кінця вегетації.

Аналіз даних стосовно показників активності каталази і пероксидази виявив як підвищення, так і зниження показників відносно контрольних значень. Вважаємо, що найбільше навантаження на антиоксидантну ферментативну систему ґрунтопокривних рослин припадає на фази вторинного зростання та фізіологічного спокою, тому що у середині вегетації до дії полютантів додається вплив несприятливих погодних умов, а саме, висока температура повітря на фоні малої кількості опадів, а ближче до кінця вегетації, можливо, збільшується тенденція накопичення солей важких металів та інших токсичних речовин у рослинних клітинах. Тому, скоріше за все, сумарна дія усіх перелічених факторів пригнічує активність каталази і пероксидази у деяких видів. Особливо це стосується таких

ксеромезофітів, як *Anemone sylvestris* та мезофітів *Viola alba*, *Asarum europaeum* і *Campanula poscharskyana*.

Активність поліфенолоксидази (ПФО) поряд з іншими дихальними ферментами має значення при переміщенні рослин у нові умови існування й тісно пов'язана з адаптаційними процесами. Тому її визначення може слугувати одним з показників стійкості рослин до несприятливих факторів [8, 13].

В ході даного експерименту для 9 видів була виявлена однакова динаміка зміни активності поліфенолоксидази протягом вегетаційного сезону в листках контрольних та дослідних ґрунтопокривних рослин. У 3 видів ця динаміка у досліді деяким чином відрізняється від такої у контролі. Якщо у рослин ботанічного саду активність ферменту набувала максимальних значень у фазу вторинного зростання й потім знижувалася, то у деяких видів рослин дослідної ділянки спостерігалось підвищення активності від початку до кінця вегетації (*Sedum kamtschaticum*), або зниження активності у фазу вторинного зростання з подальшим підвищенням у фазі фізіологічного спокою (*Dendranthema arcticum*, *Stellaria holostea*).

При порівнянні показників активності ПФО між контрольними та дослідними значеннями виявлено, що лише у 5 видів активність ферменту протягом вегетаційного сезону в листках рослин дослідної ділянки була вища за контрольну. Це *Viola alba*, *Campanula poscharskyana*, *Sedum acre*, *Sedum kamtschaticum* та *Sedum reflexum*. Невеликі зменшення активності в порівнянні з контролем у середині вегетації відмічено у *Anemone sylvestris*, *Euphorbia cyparissias*, *Sedum spurium*, *Potentilla anserina*, *Dendranthema arcticum*. Менші за контрольні значення на початку та у середині вегетації спостерігалися у *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*.

Дія негативних чинників призводить до перебудови метаболізму рослин, а зміщення проантиоксидантної рівноваги у напрямку активації ПОЛ є сигналом запуску стрес-реакції [3, 4]. Багатьма дослідженнями доведено, що видова детермінація стійкості рослин до дії стресорів відображається динамікою перекисного окиснення ліпідів, більша інтенсифікація якої характерна для чутливих видів, тоді як для стійких видів характерне незначне підвищення вмісту ТБК-активних речовин, як кінцевих продуктів даного процесу. При цьому у більш стійких видів також спостерігається швидка стабілізація рівня ПОЛ [11].

У ході досліджень було з'ясовано, що динаміка інтенсивності ПОЛ протягом вегетаційного сезону у рослин дослідних ділянок зберігається аналогічно контролю у 7 видів (*Sedum kamtschaticum*, *Sedum reflexum*, *Sedum acre*, *Sedum spurium*, *Potentilla anserina*, *Asarum europaeum*, *Dendranthema arcticum*). В інших видів вона відрізняється від контрольної.

Показники інтенсивності перекисного окиснення ліпідів були вищі за контрольні значення в усіх видів.

В ході експерименту було виявлено, що для вічнозелених видів дослідних ділянок найбільше навантаження на антиоксидантну систему припадало на весняний період. У цей час у них було відмічено незначне збільшення або навіть пригнічення активності ферментів в порівнянні з контролем з одночасною інтенсифікацією процесів ПОЛ. У подальшому деякі види нормалізували стан своїх антиоксидантних систем. Для мезофітів несприятливим періодом виявлено середину вегетації, коли до дії промислових викидів додавалися висока температура повітря на фоні мінімальної кількості опадів.

Проведений аналіз градієнтів активності антиоксидантних ферментів та інтенсивності ПОЛ показав, що деякі види дуже успішно справляються з навантаженням негативного впливу різноякісного забруднення. На основі даного аналізу досліджувані види ґрунтопокривних рослин за критеріями зміни проантиоксидантної рівноваги можна поділити на три групи. У першу групу (I) були виділені види, у яких стан ферментативної антиоксидантної системи залишався стабільним у стресових умовах, а градієнти активності ферментів мали позитивні значення в порівнянні з контролем і переважали над градієнтами інтенсивності ПОЛ: *Sedum reflexum*, *S. spurium*, *S. kamtschaticum*, *S. acre*, *Euphorbia*

*suparissias*, *Campanula poscharskyana*. Другу групу (II) склали рослини, у яких періодично виявлялося інгібування активності деяких ферментів на фоні високих градієнтів інтенсивності процесів ПОЛ: *Dendranthema arcticum*, *Anemone sylvestris*, *Potentilla anserina*, *Stellaria holostea*, *Asarum europaeum*. У третю групу (III) увійшли види з ознаками порушення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги (градієнти інтенсивності ПОЛ були значно вищими ніж градієнти активності ферментів антиоксидантного захисту протягом усього періоду вегетації): *Viola alba*.

### Висновки

Отже, комплексне забруднення довкілля стимулює процеси пероксидного окиснення, свідченням чого є висока концентрація МДА у вегетативних органах усіх досліджуваних об'єктів. При цьому, чим вища концентрація полютантів у довкіллі, тим більша величина показника. Поряд з цим, спостерігалася реалізація антиоксидантної відповіді, яка пов'язана з активацією захисних ферментативних систем (супероксиддисмутази, пероксидази, каталази, та поліфенолоксидази), що реєструвалась нами при проведенні дослідження.

Таким чином, в результаті дослідження біологічних особливостей ґрунтопокривних рослин виділено 6 видів декоративних ґрунтопокривних рослин, які характеризувалися високою толерантністю до умов агломераційного виробництва та розроблено біологічно обґрунтований асортимент рослин, стійких до комплексного забруднення довкілля степової зони Придніпров'я.

### Список літератури

1. Бараненко В.В. Супероксиддисмутаза в клетках растений // Цитология. – 2006. – Т. 48, № 6. – С. 465-474.
2. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин. – Д.: РВВ ДДАУ, 2006. – 316с.
3. Вадов Д.Л., Брилкина А.А., Веселов А.П. Активность антиоксидантных ферментов и содержание продуктов перекисного окисления липидов при действии кратковременного засоления на растения, различающиеся по содержанию // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2008. – № 1. – С. 73-76.
4. Демура Т.А., Гришко В.М. Зміни про-антиоксидантної рівноваги у проростків кукурудзи за різного рівня накопичення кадмію та нікелю // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2008. – Вип. 1(13). С. 22-29.
5. Екологічний паспорт Дніпропетровській області за 2005 рік / Державне управління екології та природних ресурсів в Дніпропетровській області. – Д., 2006 – 83с.
6. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. 3-е изд. – Л.: Агропромиздат, 1982. – 430 с.
7. Мусієнко М.М., Паршикова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин – К: Фотосоціоцентр, 2001. – 200 с.
8. Петровская-Баранова Т.П. Физиология адаптации и интродукция растений. – М.: Наука, 1983. – 152 с.
9. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1968. – 183 с.
10. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутаза в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах // Лабораторное дело. – 1985. – № 11. – С. 678-681.
11. Чиркова Т.В., Новицкая Л. О., Блохина О. Б. Перекисное окисление липидов и активность антиоксидантных систем при аноксии у растений с разной устойчивостью к недостатку кислорода // Физиология растений. – 1998. – Т. 45, № 1. – С. 65-73.
12. Bowler C., Van Montagu M., Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1992. – Vol. 43.– P. 83-116.
13. Kara M., Mishra D. Catalase, Peroxidase, Polyphenoloxidase Activities during Since Leaf Senescence // Plant Physiol. – 1976. – V. 54. – P. 315-319.