

УДК 547.56:504.054:581.14

## **РІВЕНЬ ФЕНОЛЬНИХ РЕЧОВИН У ЛИСТІ КАШТАНУ КІНСЬКОГО У РІЗНІ ПЕРІОДИ РОЗВИТКУ ЗА ЕКОЛОГІЧНОГО СТРЕСУ**

**Н. Б. СВИДЗІНСЬКА, Е. М. ПОПОВА, О. В. ВІНІЧЕНКО**

Національний авіаційний університет, м. Київ

*Встановлено зміну накопичення фенольних речовин у листі каштану кінського *Aesculus hippocastanum* L. у різні періоди розвитку за екологічного стресу в районі проспекту Перемоги м. Києва.*

**Ключові слова:** *Aesculus hippocastanum* L., фенольні речовини, екологічний стрес, етапи розвитку.

**Вступ.** Останніми роками інтенсивне зростання антропогенного та техногенного навантаження на довкілля спричиняє забруднення навколишнього середовища, зокрема атмосфери, води, ґрунту. У зв'язку із розвитком промислової галузі в Україні спостерігається великий викид в атмосферу токсичних речовин, які пагубно впливають на навколишнє середовище.

Зараз загально визнано, що найбільш сильно забруднює повітря саме промислове виробництво. Джерела забруднень - теплоелектростанції, які разом з димом викидають у повітря сірчистий і вуглекислий газ; металургійні підприємства, особливо кольорової металургії, які викидають у повітря оксиди азоту, сірководень, хлор, фтор, аміак, сполуки фосфору, частинки й сполуки ртуті й миш'яку; хімічні й цементні заводи. Шкідливі гази попадають у повітря у результаті спалювання палива для потреб промисловості, опалення осель, роботи транспорту, спалювання й переробки побутових і промислових відходів.

Атмосферні забруднювачі поділяють на первинні (поступають безпосередньо в атмосферу) і вторинні (є результатом перетворення останніх). Так, сірчистий газ, що надходить в атмосферу, окислюється до сірчаного

ангідриду, який взаємодіє з парами води й утворює крапельки сірчаної кислоти [5].

Оксид вуглецю у повітря попадає у результаті спалювання твердих відходів, з вихлопними газами й викидами промислових підприємств. Ці сполуки активно реагують зі складовими частинами атмосфери й сприяють підвищенню температури на планеті і формуванню парникового ефекту [4].

Сірчистий ангідрид виділяється у процесі згоряння сірковмісного палива або переробки сірчистих руд. При окислюванні сірчистого ангідриду утворюється сірчаний ангідрид. Кінцевим продуктом реакції є аерозоль або розчин сірчаної кислоти у дощовій воді, що підкислює ґрунт, загострює захворювання дихальних шляхів людини. Випадання аерозолу сірчаної кислоти з димових труб хімічних підприємств відбувається за низької хмарності й високої вологості повітря. Листові пластинки рослин, що виростають на відстані менш 11 км. від таких підприємств, зазвичай густо засіяні дрібними некротичними плямами, що утворюються у місцях осідання крапель сірчаної кислоти [7].

Одним із численних проявів токсичного впливу забруднювальних речовин на організм рослини є зростання у тканинах рослин вмісту сполук фенольної природи. До основних фенольних сполук можна віднести вторинні метаболіти, а саме рутин, хлорогенова кислота та гіперозид, що відзначаються досить високою антиоксидантною активністю. Фенольні сполуки неоднорідні за хімічною будовою, в рослинах зустрічаються у вигляді мономерів, димерів та полімерів. Фенольні речовини є досить великою і неоднорідною групою сполук, біологічна активність яких формується у залежності як від виду рослин, так і від місцевості, на якій вона зростає.

Фенольні сполуки беруть участь у забезпеченні стійкості рослин до екстремальних умов навколишнього середовища. Зокрема, досліджено їх властивості як ендогенних регуляторів фізіологічних процесів за дії несприятливих чинників довкілля. Тому серед механізмів забезпечення

стійкості рослин до дії поллютантів привертає увагу метаболізм різних фенольних сполук [3].

З літератури відомо, що будь-яка рослина проходить декілька періодів розвитку під час яких вміст фенольних речовин змінюється. У каштана розрізняють такі основні фази: розпускання бруньок, бутонізація, махрове цвітіння, розвиток і дозрівання плодів, листопад.

Розпускання бруньок – це перший період розвитку каштану навесні, що частіше спостерігається при середньодобовій температурі повітря 13 – 18°C.

Бутонізація спостерігається, коли суцвіття відокремлюються від бутонів. Фаза розвитку рослини, що характеризується утворенням бутонів припадає на початок травня.

Махрове цвітіння – це період, який починається з розпускання квіток. Початок процесу цвітіння у каштанів найбільш часто спостерігається в другій - третій декадах травня при середньодобовій температурі повітря 10 – 12°C і триває 15 – 20 днів.

Ріст і дозрівання плодів – цей період розвитку рослини починається після процесу цвітіння. На місцях квіток, які обсипалися з'являється зав'язь, яка починає рости.

В період листопаду дерево починає переходити в стан глибокого спокою, зовнішніми ознаками якого є листопад. Листя жовтіє і починає опадати з кінця жовтня, а масове падіння починається з початку листопаду [11].

З огляду на це метою роботи було вивчення зміни кількісного вмісту фенольних сполук у листі каштану кінського *Aesculus L.* у різні періоди розвитку за зміни концентрації забруднювальних речовин.

**Матеріали та методи дослідження.** Проведено порівняльний аналіз накопичення фенольних речовин у листі каштану кінського звичайного у м. Києві. У якості об'єкта дослідження використовували листя каштану кінського *Aesculus hippocastanum L.*

Дослідні рослини зростали на території проспекту Перемоги, для більшої достовірності було взято зразки листя з трьох дерев упродовж різних періодів

розвитку. Вміст фенольних сполук в листі кожного дерева було визначено протягом таких періодів розвитку:

- I період – розпускання бруньок;
- II період – бутонізації;
- III період – махрового цвітіння;
- IV період – ріст і дозрівання плодів;
- V період – листопад.

Для оцінки загального вмісту фенольних сполук зразки листя відбирали з декількох дерев каштану віком 40–45 років в різні періоди розвитку та висушували до постійної ваги. Висушену рослинну сировину подрібнювали до розмірів 0,25 см та відбирали вказану фракцію для екстрагування. Фенольні речовини екстрагували 70 % етиловим спиртом із зворотнім холодильником на водяній бані. Екстракт фільтрували та визначали оптичну густину згідно методики. Визначення вмісту фенольних сполук полягає в окисненні реактивом Фоліна-Чокальте (до складу якого входить вольфрамат натрію і фосфомолібдат натрію) з утворенням блакитного комплексу, що має максимум поглинання при довжині хвилі 760 нм. Концентрацію фенольних речовин виражали в мг/г сухої речовини [6].

З літератури відомо, що деревні рослини накопичують найбільшу кількість фенольних речовин в період цвітіння, а у нас спостерігається зростання вторинних метаболітів в період брунькування і для цього є вагомі підстави [9]. Це можна пояснити тим, що в період брунькування каштану спостерігається найвищий рівень пилу, що свідчить про різку реакцію рослин на екологічний стрес [8]. За відомості, які ми маємо про рівень забруднення повітря, представлені в таблиці 1, ми вдячні Геофізичній обсерваторії м. Києва.

Вміст поліфенолів у випарених екстрактах визначали фотометричним методом при 760 нм з використанням реактиву Фоліна-Чокальте. У мірній колбі на 100 см<sup>3</sup> екстракт (1 см<sup>3</sup>) перемішували з дистильованою водою приблизно 60 см<sup>3</sup> та реактивом Фоліна-Чокальте 5 см<sup>3</sup>. Після п'яти хвилин відстоювання додавали 15 см<sup>3</sup> 20 % розчину Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Загальний об'єм суміші

доводили до  $100 \text{ см}^3$  дистильованою водою та ретельно перемішували. Розчин урівноважували впродовж двох годин за кімнатної температури. Визначення оптичної густини проводили при  $760 \text{ нм}$  у кюветі товщиною  $10 \text{ мм}$ . У якості контрольного розчину використовували дистильовану воду, додаючи усі реагенти [12].

**Результати та їх обговорення.** Для спостереження накопичення фенольних речовин у листі каштану, які знаходилися на території проспекту Перемоги м. Києва, відбирали зразки листя рослини на різних стадіях розвитку. Концентрація забруднювальних речовин у повітрі представлена в таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Концентрація забруднювальних речовин у повітрі на проспекті  
Перемоги у різні періоди ( $\text{см}/\text{м}^3$ )**

Період розвитку Екологічні фактори	Розпускання бруньок	Бутонізація	Махрове цвітіння	Ріст і дозрівання плодів	Листопад
Пил	0,15	0,13	0,11	0,15	0,2
Двоокис сірки	0,024	0,016	0,013	0,014	0,017
Окис вуглецю	2,6	1,6	1,9	2,6	1,5
Двоокис азоту	0,2	0,11	0,11	0,14	0,1
Хлористий водень	0,08	0,06	0,06	0,09	0,1
Аміак	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Формальдегід	0,02	0,008	0,009	0,017	0,009

У результаті проведених досліджень встановлено різний рівень накопичення у листі каштану сполук фенольної природи. Так, вміст фенолів у

листі каштану кінського зростає у залежності від рівня забруднення навколишнього середовища. Ми спостерігали, що період розпускання бруньок характеризується досить високим накопиченням фенольних речовин, після чого в періоди бутонізації та махрового цвітіння цей показник дещо зменшувався, але в періоди росту плодів та листопаду зменшувався (табл. 2). Високий рівень фенолів в період розпускання бруньок залежить від найвищої концентрації майже усіх забруднювальних речовин, а саме діоксиду вуглецю ( $0,024 \text{ см/м}^3$ ), окису вуглецю ( $2,6 \text{ см/м}^3$ ), формальдегіду ( $0,02 \text{ см/м}^3$ ) та ін..

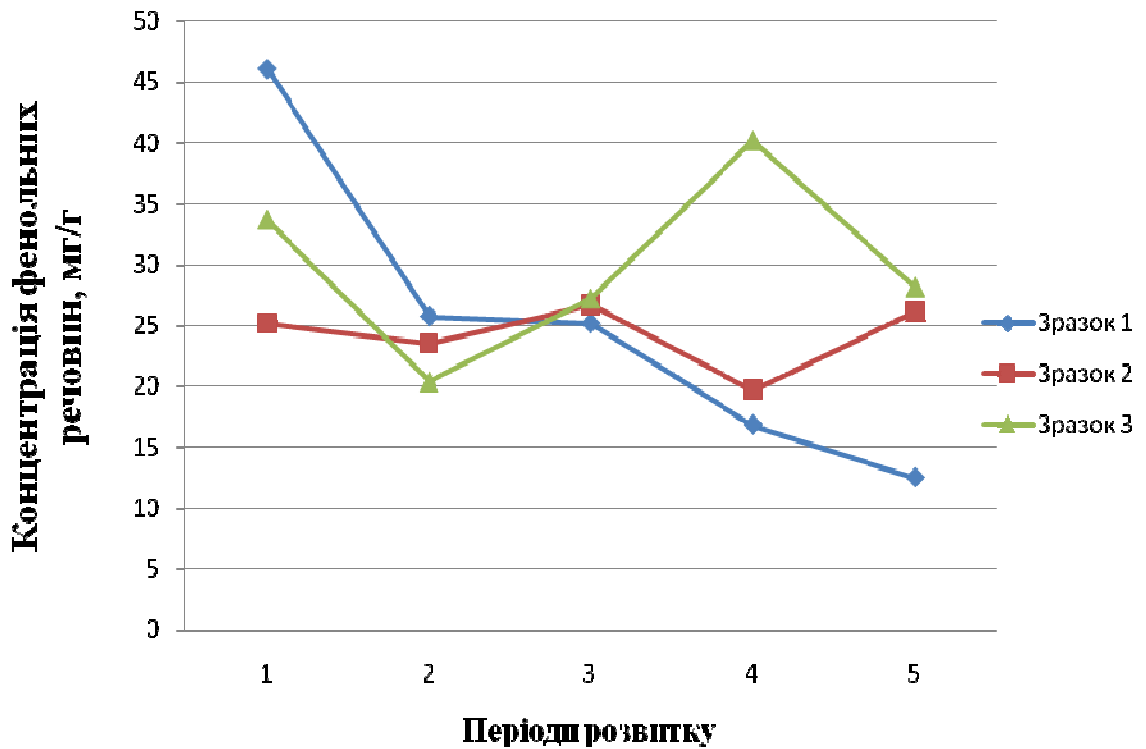
Таблиця 2

**Вміст фенольних речовин у листі каштану на проспекті Перемоги на різних етапах розвитку**

		Концентрація фенольних речовин, мг/г				
№ зразка	Періоди розвитку	1	2	3	4	5
	1		46,09	25,72	25,16	16,79
2		25,14	23,46	26,64	19,64	26,07
3		33,71	20,34	27,18	40,21	28,14

Динаміку вмісту фенольних речовин на різних етапах розвитку представлено на рис. 1.

Отримані результати аналізували і зіставляли з даними літератури щодо складу фенольних речовин у досліджуваних об'єктах. Встановлено, що у листі кінського каштану звичайного *Aesculu shippocastanum L.*, що зростає на досліджуваній території, спостерігався найбільший синтез фенольних речовин в період розпускання бруньок, що становить в середньому 33,71 мг/г.



**Рис. 1. Вміст фенольних речовин у листі каштану кінського у різні періоди розвитку за екологічного стресу**

У період махрового цвітіння вміст фенольних речовин у листі трьох дерев знову зростав порівняно з попереднім періодом. Це можна пояснити впливом деяких присутніх у повітрі забруднювальних речовин, концентрація яких підвищується порівняно з попереднім місяцем, це наприклад окис вуглецю та формальдегід. Якщо звернути увагу на період листопаду, то можна побачити також значну зміну вмісту фенольних речовин. У листі відбулося зменшення вмісту фенолів, що можливо пояснити зменшенням концентрації окису вуглецю та формальдегіду у повітрі у період листопаду порівняно з попередніми.

Отримані результати свідчать про те, що показник вмісту фенольних речовин у листі каштану кінського може слугувати індикатором рівня забрудненості території.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз результатів досліджень поллютантів показав, що концентрація забруднювальних речовин у повітрі впродовж періодів розвитку каштану суттєво змінюється. Було встановлено, що в період розпускання бруньок повітря містить найбільшу концентрацію забруднювальних речовин. У періоди бутонізації та махрового цвітіння цей показник значно зменшується, що характеризується зменшенням концентрації забруднювачів.

2. Встановлено, що найбільш високе накопичення фенольних сполук у листі каштану, що становить в середньому 33,71 мг/г спостерігається на території проспекту Перемоги у період розпускання бруньок рослини, який характеризується найбільш високою концентрацією поллютантів у повітрі.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бандюкова В. А. Фенолокислоты растений, их эфиры и гликозиды. Химия природных соединений / В. А. Бандюкова. – М.: Высш. шк., 1983. – 263 с.

2. Булыгин Н. Е. Дендрология. Фенологические наблюдения над листовыми древесными растениями: Пособие по проведению учеб.–науч. исследований для студентов лесхоз. фак. / Н. Е. Булыгин. – Л.: РИОЛТА, 1976. – 70 с.

3. Долгова Л. Г. До питання про біологічне очищення атмосфери в умовах коксохімічних підприємств / Л. Г. Долгова, Ж. Т. Козюкіна // Укр. бот. журн. – 1972. – Т. 29, № 2. – С. 172–175.

4. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 272 с.

5. Запрометов М. Н. Основы биохимии фенольных соединений / М. Н. Запрометов. – М.: Высш. шк., 1974. – 213 с.



6. Запрометов М. Н. Биохимические методы в физиологии растений / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1971. – 191 с.
7. Запрометов М. Н. О функциональной роли фенольных соединений в растениях / М. Н. Запрометов. – 1992. – Т. 39, № 6. – С. 119–207 с.
8. Зайцев Г. Н. Фенология древесных растений / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1981. – 120 с.
9. Кунаева Р. М. Ферментативное расщепление фенольных соединений / Р. М. Кунаева, Г. Р. Балтабаева. – М.: Наука, 1979. – 75 с.
10. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин / М. М. Мусієнко. – К.: Либідь, 2005. – 808 с.
11. Лапин П. И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции / П. И. Лапин // Бюл. Главн. бот. сада. – 1967. – С. 13–18.
12. Singleton V. L. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent / Singleton V. L., Orthofer R. P., Lamuela-Raventos R. M. // *Methods in Enzymology*. – 1999. – № 299. – P. 152–178.
13. Свідзінська Н. Б. Вплив антропогенного навантаження на синтез фенольних речовин у листі каштана *Aesculus L.* / Н. Б. Свідзінська, А. В. Чепурко // *Проблеми екологічної біотехнології*. – 2014. – №1. – Режим доступу: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/6749/7560>
14. Кобилецька М. Вплив іонів кадмію на вміст фенольних сполук та вільного проліну в рослинах кукурудзи / М. Кобилецька, О. Терек // *Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна*. – 2002. – Вип. 28. – С. 311–216.

**УРОВЕНЬ ФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛИСТЬЯХ КАШТАНА КОНСКОГО  
В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СТРЕССЕ**

*Н. Б. СВИДЗИНСКАЯ, Э. М. ПОПОВА, А. В. ВИНИЧЕНКО*

*Национальный авиационный университет, г. Киев*

*Установлено изменение накопления фенольных веществ у листьях каштана конского *Aesculus hippocastanum* L. в разные периоды развития за экологического стресса в районе проспекта Победы г. Киева.*

*Ключевые слова: *Aesculus hippocastanum* L., фенольные вещества, экологический стресс, этапы развития.*

**PHENOLIC COMPOUNDS LEVEL IN LEAVES OF CHESTNUT HORSE  
IN DIFFERENT PERIODS OF ENVIRONMENTAL STRESS DEVELOPMENT**

*N. B. SVIDZINSKA, E. M. POPOVA, A. V. VINICHENKO*

*National Aviation University, Kyiv*

*The changes accumulation of phenolic compounds in the leaves of horse chestnut *Aesculus hippocastanum* L. in different periods of environmental stress on Victory Avenue near the city. Kyiv.*

*Keywords: *Aesculus hippocastanum* L., phenolic substances, environmental stress, stages of development.*