

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2025-32-06>
УДК (UDC): 502/504

В. В. ГОЛОЛОБОВ¹,

аспірант кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: vadim.gololobov@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-0086-0303>

О. О. ГОЛОЛОБОВА¹, канд. с.-г. наук, доц.,

доцент кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: elena.gololobova@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

¹Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ У НАСАДЖЕННЯХ *AESCULUS HIPPOCASTANUM*

Мета. Визначення ефективності застосування інтегрованого біологічного захисту міських насаджень каштану (*Aesculus hippocastanum* L.), що уражаються каштановою мінуючою міллю (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) та іржею.

Методи. Польовий, лабораторний, метод фотофіксації результатів польового експерименту.

Результати. Встановлений позитивний вплив обробки біопрепаратами на фітосанітарний стан листя каштана, що підтверджено фотофіксацією та аналізом вмісту фотосинтетичних пігментів. У неуразеному обробленому листі вміст азоту майже вдвічі більший, ніж в листі необроблених каштанів, що є важливим фактором для росту і розвитку рослин. Посилення поглинання макроелементів (фосфору, калію) та мікроелементів (заліза, кобальту, міді, цинку) у необроблених дерев є механізмом адаптації до стресу, спричиненого шкідниками та хворобами.

Висновки. Завдяки поєднанню біопрепаратів фунгіцидної, інсектицидної та акарицидної дії можна ефективно знижувати і контролювати фітосанітарний стан міських насаджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: біологічний захист, зелена інфраструктура, фітопатологічний стан, хвороби рослин, шкідники, фотосинтетичні пігменти

Як цитувати: Гололобов В. В., Гололобова О. О. Застосування біопрепаратів у насадженнях *Aesculus hippocastanum*. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2025. Вип. 32. С. 89-100. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2025-32-06>

In cites: Gololobov, V. V., & Gololobova, O. O. (2025). Biopreparations application in *Aesculus hippocastanum* plantings. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (32), 89 - 100. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2025-32-06> (in Ukrainian)

Вступ

Зелена інфраструктура міст – це життєво необхідний кластер сучасного урбаністичного середовища. Зелена інфраструктура забезпечує широкий спектр екосистемних послуг від очищення повітря та води, збереження біорізноманіття, пом'якшення наслідків зміни клімату до створення комфортного простору для життя [1]. В той же час зелена інфраструктура зазнає значного тиску з боку як природних, так і антропогенних факторів, які часто діють у комплексі, посилюючи негативний вплив на стан зелених насаджень.

Останнім часом як природні так і міські зелені насадження відчують значний

негативний вплив з боку адвентивних видів лісових комах, які поширилися на території України. Велику небезпеку для деревних порід дерев, які складають основу міських лісопарків і парків, скверів, алеїних насаджень, створюють інвазійні молі-мінери (Lepidoptera: Gracillariidae), які пристосувалися до високого рівня техногенного забруднення, дефіциту вологи, дії інсектицидів, а також завдяки наявності в більшості декількох поколінь на рік.

Листя гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) пошкоджує каштановий мінер (*Cameraria ohridella*), уперше

zareestrovaniy u 1984–1985 pp. u prirodnykh lisakh biya ozera Ohryd u Makedonii, na meji z Albaniyu, yakii potim поширився u Zahidniy i Tsentralnyi Svropi. Shkidlivist mineriv obumovlena iynnoyu spromozhnistyu do utvorennia velikoi kilkosti min na listi, sho pryzvodyt do yogo peredchasnoho opadannya y oslablennia deriev [2].

V khodi doslidzhen, provedeniyh u 2021 r. na territorii «Parku veteraniiv» HNAU im. V.V. Dokuchaeva, vstanovleno, sho stupin shkodzhennia za shestibalnoyu shkaloyu listia kashtanu na pochatku vegetatsii (15 travnia) sklavav 1,11 bali; 29 travnia seredniy bal shkodzhennia sklavav 1,74, 19 chervnia – 2,4, 4 lipnia – 3,54, maksimalne shkodzhennia vidmichenе 18 lipnia – 4,22 bali [3].

Doslidzhenniamy provedenimi v Dendrologichnomu parku DBTU Kharkivskogo rayonu Kharkivskoi oblasti u 2023 r vstanovleno, sho rozvikot 1-i generatsii u 2023 r. prokhodiv vid 47 do 55, 2-i – vid 38 do 47 dib. U tretiiy dekadii serpnia pochalasя 3-я generatsiya, vikhid pershiyh gusenyts u 4 dekadii serpnia, zalaylivuvannya yakiy pochalosя v kintsi veresnia [4].

Zastosuvannya khimichnykh zakhodiv borotbи z kashtanovoyu minuuyochoyu millyu v umovakh naselennykh punktiv ta zon rekreatsii znachno обмежено через високу небезпечність. Серед запропонованих заходів – згрібання та компостування опалого листя [5], спалювання листя, адже зимуючою стадією шкідника є лялечка на опалому листі, використання стійких форм і гібридів рослин, застосування феромонних пасток, ін'єкції інсектицидів у стовбури дерев [2, 4, 6].

Nezvazhayuchi na karantinni i viniщувальni zakhodi, sho deyakoyu mіroyu strimuvали активність розповсюдження цих небезпечних організмів, продовжується зростання їх чисельності і шкідливості та експансія на нові придатні для існування території. Особливо небезпечні ці інвазійні види на рослинах, що використовуються для озеленення в умовах великого міста та в умовах ботанічних садів, дендропарків, у яких зібрані великі колекції рослин із різних родин [7]. На прикладі Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна Київського національного університету ім. Т. Шевченка автори публікації надають динаміку поширення інвазійних карантинних видів, зокрема, метелика американського білого – *Hyphantria cunea Drury*, трипса американського квіткового – *Frankliniella*

occidentalis Pergande та борошністої роси азалії – *Erysiphe azaleae* U. Braun [7, 8].

Na nash poglyad, viщepererahovani napryamki borotbи z invaziynnymi komakhami, khvorobami v umovakh misykykh landshaftiv potrebuyut aktivnoho iх dopovnennia vprovadzhenniamy biologichnykh metodiv zakhystu roslin. Vrahovuyuchi providnu rol y mikroorganizmiv u protsakh krugoobigu biogennykh elementiv, mineralnoho zhivlennia roslin ta reguluvanni fitosanitarnogo stanu ґruntu, roslin, zastosuvannya biopreparativ є neodminnym skladnikom kompleksu zakhodiv iz pidtrимання zdorov'я ta rodюchosti ґruntiv, zapobigannya iх visnachenniu, utrimanniu roslin v dobromu ekoлогичnomu stani. Neobkhidnyy perehид treba zdийснювати vprovadzhenniamy suchasnykh pidkhodiv, yakі, zokrema, peredbachayut zastosuvannya mikrobnykh preparativ, yakі optimizuyut mineralne zhivlennia roslin, biofungitsidiv, bioinsektitsidiv, destruktoryv [9].

Biopreparati, yakі виготовляють на основі мікроорганізмів, мають ряд переваг перед хімічними засобами захисту рослин. З екологічних позицій застосування мікробіопрепаратів є альтернативою хімічному методу захисту рослин [10]. Біопрепарати мають низку переваг над хімічними засобами захисту рослин (табл. 1).

Narazi shвидко зростає роль біологічного методу захисту рослин у практиці світового сільського господарства [11–15]. V Ukraїni останнім часом збільшуються темпи розвитку органічного землеробства, біологічний метод захисту польових культур від комплексу шкочинних організмів набуває все більшій актуальності [16–21]. V той же час частка біопрепаратів на ринку засобів захисту рослин v Ukraїni становить лише 8,3 % [9].

V Ukraїni biopreparati na osnovі agromіchno korisnykh mikroorganizmiv rozroblayut i viroblayut v Institutі sіl'skogospodarskoi mikrobiologii ta agroprumisl'ovogo virobnyctva NAAN, Institutі agroekologii i prirodoкористування NAAN, ITI «Bіotekhnika» NAAN, Institutі mikrobiologii i vіrusologii im. D. K. Zabolotnoho NAN Ukraїni, Institutі fiziologii roslin ta genetiki NAN Ukraїni, Natsionalnomu unіversitetі bіoresursiv i prirodoкористування Ukraїni, Institutі zoologii im. I.I. Shmalyauzena NAN Ukraїni.

Таблиця 1

Аналіз переваг біопрепаратів над хімічними засобами захисту рослин

Table 1

Analysis of the advantages of biological products over chemical plant protection products

Характеристика/ Characteristic	Хімічні засоби захисту рослин / Chemical plant protection products	Біопрепарати / Biological products
Вплив на довкілля / Environmental impact	Високий рівень токсичності, забруднення ґрунту і води	Низька токсичність, безпечні для довкілля
Вибірковість дії / Selectivity of action	Низька, часто впливають на корисних комах	Висока, діють вибірково на шкідників і збудників хвороб
Фітотоксичність / Phytotoxicity	Можуть пошкоджувати рослини	Не фітотоксичні
Стійкість шкідників / Pest resistance	Можливість розвитку резистентності	Низька вірогідність розвитку резистентності
Вплив на людину і тварин / Effects on humans and ani- mals	Можуть бути токсичними для людини і тварин	Безпечні для теплокровних тварин і людини
Термін очікування / Waiting period	Довший	Короткий
Накопичення токсичних ре- човин у довкіллі / Accumulation of toxic sub- stances in the environment	Не накопичуються	Акумулятивний ефект

За асортиментом продукції найбільшими вітчизняними виробниками біопрепаратів є ПП «БТУ-Центр» (21 препарат), ДП «Ензим» (15 препаратів), ТОВ «БІОНАСЕРВІС ПЛЮС» (15 препаратів), ПП НВП «Еко-Гарант», ТОВ «БІОНОРМА», ТОВ «Черкаський науково-виробничий центр по біологічному захисту рослин» (6 препаратів), Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (5 препаратів) [21].

Важко переоцінити необхідність екологічних прийомів, які підвищують стійкість рослин до абіотичних та біотичних стресових умов. На сьогодні в Україні екологічні, зокрема, біологічні методи захисту міських насаджень мають обмежене застосування. Інтегрування біопрепаратів в систему захисту повинно забезпечити добрий екологічний стан міських насаджень а також сприятиме біологічному оздоровленню ґрунтів урболандшафтів.

Впровадження ефективних та водночас безпечних для мешканців міських

територій прийомів підвищення стійкості міських зелених насаджень до несприятливих факторів міського середовища, можливість їх регулярного застосування вивчалася в дослідженнях, які проводилися упродовж 2015–2017 рр. на алеїних насадженнях каштану, розташованих на території ХНАУ імені В.В. Докучаєва. Для кремнієво-калійного листового підживлення використано інноваційний препарат «Квантум-АКВА-СИЛ», який містить 10% калію, 20% кремнію, а також 1% гумінових речовин для покращення засвоєння і проникнення активних речовин. Виявлено підвищення стійкості дерев каштану до біотичних несприятливих факторів середовища при дворазовій обробці листя каштану 0,5 % розчином кремнієво-калійного добрива. Використання препарату з вмістом кремнію та калію виявилося ефективним для зниження пошкодження шкідниками, але автори зазначили необхідність доповнення кремнієво-калійного підживлення додатковими заходами по знищенню каштанової молі [22, 23].

Методика, об'єкти та методи дослідження

Польові дослідження щодо вивчення ефективності інтегрованого догляду за деревними багаторічними рослинами урболандшафтів проводили із поєднанням біопрепаратів різного призначення, а саме, біопрепаратів, спрямованих на захист рослин від збудників хвороб та біопрепаратів, що мають інсектицидну та акарицидну дію.

Тест-рослиною обрано гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*). Польові дослідження проведені на зелених алейних насадженнях низькорослих форм каштану до 4–5 м, розташованих на території Державного біотехнологічного університету (с. Докучаєвське, Харківського району, Харківської області). Агроприйомом вибору стала листкова обробка насаджень каштану, яку проводили баковою сумішшю препаратів стандартним обприскуванням у вечірній час. Обробки проводилися постійно з початку вегетаційного сезону з інтервалом 10–12 днів.

Для проведення польового експерименту використовували біопрепарати біотехнологічної компанії VTU – українського виробника мікробіологічних препаратів для аграрної галузі та оздоровлення людей [24]. В якості препарату захисту рослин від хвороб обрано багатофункціональний, багатокомпонентний біофунгіцид МІКОХЕЛП та біопрепарат з інсектицидною та акарицидною дією АКТОВЕРМ® KE 1,8%. Робочий розчин суміші біопрепаратів готувався безпосередньо перед проведенням обробки, концентрація кожного компонента відповідала рекомендаціям виробника: витрати – 3,0 л/га, робочий розчин препарату – 300 л/га (в перерахунку на 10 л розчину). Препарати у

баковій суміші сумісні з прилиплювачами засобів для захисту та живлення рослин, в якості якого використовувався біоприлиплювач ЛППОСАМ® [16].

Мета: визначення ефективності інтегрованого біологічного захисту міських насаджень каштану (*Aesculus Hippocastanum* L.), що уражаються каштановою мінуючою мільєю (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) та іржею.

Об'єкт дослідження: гіркокаштан звичайний (*Aesculus Hippocastanum* L.) в зелених насадженнях м. Харкова

Предмет дослідження: фітопатологічний стан міських насаджень *Aesculus Hippocastanum* L.; вміст біогенних макро- і мікроелементів, вміст фотосинтетичних пігментів в листі *Aesculus Hippocastanum* L.

На початку серпня 2024 р. відібрані та підготовлені до лабораторного аналізу зразки листя каштану. Вміст загального азоту, фосфору, калію, мікроелементний склад визначено в лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів, стандартизації і метрології Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»; визначення вмісту фотосинтетичних пігментів проведено в Навчально-науковій лабораторії масових аналізів Уманського національного університету садівництва відповідно атестованих методик. У серпні проведена фотофіксація результатів дослідження щодо ефективності інтегрованого біологічного захисту міських насаджень каштану завдяки поєднанню біопрепаратів та фунгіцидної, інсектицидної та акарицидної дії.

Результати дослідження та обговорення

Фотофіксація результатів польового експерименту представлена на рис. 1–4. Листя каштану слугує індикатором здоров'я рослини, оскільки симптоми хвороби проявляються насамперед на листі. Листя каштана без обробки мають значну кількість некротичних ушкоджень, що проявляються у вигляді плям різного розміру та форми. Некрози займають значну площу листової поверхні, локалізуються переважно на краях та між жилками листової пластинки. Практично втрачений зелений колір листя, воно виглядає бурим та сухим (Рис. 1, 3).

На листі каштанів, які оброблювалися біопрепаратами, структура листя не пошкоджена, некротичні ушкодження відсутні, листкова пластинка зберігає зелений колір та тургор. На адаксіальній та абаксіальній поверхнях листя відсутні видимі ознаки ураження, відсутні ознаки грибкових, бактеріальних захворювань та пошкоджень, спричинених комахами-шкідниками (Рис.2, 4).

Результати обробки біопрепаратами на вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілу а, хлорофілу b, каротиноїдів) в листі каштану показали, що у необробленому



Рис. 1 – Фотофіксація фітосанітарного стану дерев каштану: без проведення обробок

Fig. 1 – Photographic recording of the phytosanitary condition of chestnut trees: without treatments



Рис. 2 – Фотофіксація фітосанітарного стану дерев каштану: інтегрований захист від хвороб та шкідників

Fig. 2 – Photographic recording of the phytosanitary condition of chestnut trees: integrated protection against diseases and pests



Рис. 3 – Фотофіксація фітосанітарного стану листя каштану: без проведення обробок

Fig. 3 – Photographic fixation of the phytosanitary condition of chestnut leaves: without treatment



Рис. 4 – Фотофіксація фітосанітарного стану листя каштану: проведений інтегрований захист від хвороб та шкідників

Fig. 4 – Photographic recording of the phytosanitary condition of chestnut leaves: integrated protection against diseases and pests

біопрепаратами листі вміст хлорофілу *a* знизився на 40,89%, вміст хлорофілу *b* знизився на 41,70%, втрата сумарного вмісту хлорофілу *a* і хлорофілу *b* склала 41,28% (табл. 2).

Фотосинтетичні пігменти є чутливим показником фізіологічного стану рослин, вони є активними агентами формування адаптивних реакцій рослин до дії стресу. Каротиноїди слугують захисними агентами, які є

важливими структурними компонентами фотосинтетичних комплексів і мембран, і відіграють важливу роль у механізмі збирання світла фотосинтезуючими рослинами. Захист від активних форм кисню, що реалізується шляхом гасіння синглетного кисню і збуджених станів фотосенсибілізуючих молекул, а також шляхом видалення вільних радикалів, є однією з основних біологічних

Таблиця 2

Вміст фотосинтетичних пігментів в листі каштану, мг/кг п. с. маси, 2024 р.

Table 2

Content of photosynthetic pigments in chestnut leaves, mg/kg air-dry weight, 2024

Варіант / Variant	Chla,	Chlb,	Chl(a+b),	Car	Chla/Chlb,	Chl(a+b)/Car
Без обробки / Without leaf treatment	0,159	0,319	0,478	0,218	0,50	2,19
Каштан з обробкою / With leaf treatment	0,269	0,545	0,814	0,128	0,33	6,36

функцій Car. Молекули Car допомагають у формуванні білкових субодиниць фотосинтетичних комплексів, склеюючи їхні білкові компоненти. На додаток до їхніх вищезазначених незамінних функцій, Car відіграють суттєву роль у формуванні та підтримці правильної клітинної архітектури, а також потенційно в захисті фотосинтетичного апарату в умовах стресу [25, 26]. Зменшення вмісту хлорофілу та одночасне збільшення вмісту каротиноїдів у листі є реакцією каштану на пошкодження, яке спричинено шкідниками і хворобою. Вміст каротиноїдів у листі каштану з обробкою складає 0,128 мг/кг сух. маси, без обробки він підвищився до 0,218 мг/кг сух. маси. Співвідношення Chl(a+b)/Car для листя каштану без обробки складає 2,19, з обробкою 6,36. Аналіз вмісту фотосинтетичних пігментів, розрахункових показників вказують на надзвичайно високий рівень стресу, який відчувають уражені хворою і шкідниками каштани.

Залежно від характеру та інтенсивності стресу, щоб зберегти свою життєздатність, рослини адаптуються на всіх організаційних рівнях. У відповідь на стресові умови включаються механізми транслокації заліза, які далі діють як регуляторний агент і захищають рослини. Залізо відіграє незамінну

роль у пом'якшенні стресу, активує рослинні ферментативні антиоксиданти, такі як каталаза (КАТ), пероксидаза та ізоформа супероксиддисмутази (СОД) [27]. Кобальт бере участь у регуляції росту і розвитку рослин, впливаючи на синтез гормонів, таких як ауксини і гібереліни, здатен покращувати фотосинтетичну активність рослин, збільшуючи вміст хлорофілу і покращуючи ефективність використання світла, в оптимальних дозах стимулює антиоксидантні ферменти, такі як супероксиддисмутаза, пероксидаза тощо [28].

Результати визначення мікроелементного складу листя оброблених і необроблених дерев каштану показали, що рослини посилили поглинання заліза, кобальту, міді та цинку у відповідь на стрес, спричинений шкідниками та хворобою. Це є механізмом їхньої адаптації та виживання в несприятливих умовах. Вміст заліза в необробленому листі у 13,65 разів більше, ніж у обробленому (табл. 3).

Можемо зробити припущення, що високий вміст заліза потрібен рослинам у захисті рослин від патогенів і відновленні пошкоджень. Воно необхідне не тільки для синтезу ферментів, які беруть участь в антиоксидантному захисті, а також для синтезу

Таблиця 3

Мікроелементний склад листя каштану, мг/кг п. с. м., 2024 р.

Table 3

Trace element composition of chestnut leaves, mg/kg air-dry weight, 2024

Варіант / Variant	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Без обробки / Without leaf treatment	0,62	0,20	6,02	212,14	51,53	0,34	6,80
Каштан з обробкою / With leaf treatment	0,27	0,33	3,07	15,54	72,49	0,36	6,05

фітоалексинів, речовин, що рослини синтезують у відповідь на зараження патогенами. Так, показано, що вплив високого вмісту заліза на рослини підвищує стійкість до зараження грибковим патогеном. Рівень експресії генів, що беруть участь у біосинтезі фітоалексинів, був вищим в оброблених залізом рослинах порівняно з контрольними рослинами [29, 30].

Встановлено вміст загального азоту, фосфору, калію. Обробка каштанів сумішню біопрепаратів комплексної захисної дії

забезпечило високий рівень азотного живлення, вміст загального азоту в листі каштанів, які оброблялися, складає 2 % проти 1,02% його вмісту в листі дерев, які не оброблялися. Достатній рівень азоту сприяє синтезу захисних сполук, зміцненню клітинних стінок та відновленню пошкоджених тканин. Тому високий вміст азоту в листі оброблених дерев є важливим показником позитивного впливу біопрепаратів на фізіологічний стан рослин та їх здатність протистояти стресу (табл. 4).

Таблиця 4

Вміст NPK у повітряно-сухій масі листя каштану, %, 2024 р.

Table 4

NPK content in the air-dry weight of chestnut leaves, %, 2024

Варіант / Variant	Загальні форми азоту, фосфору та калію MBB 31-497058-019-2005/ Common forms of nitrogen, phosphorus and potassium		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	масова частка, %/ mass fraction, %	масова частка, %/ mass fraction, %	масова частка, %/ mass fraction, %
Без обробки / Without leaf treatment	1,02	0,33	0,69
Каштан з обробкою / With leaf treatment	2,00	0,28	0,51

Фосфор, калій є важливими макроелементами, які беруть участь у багатьох фізіологічних і біохімічних функціях, які впливають на сприйнятливості рослин до хвороб. В огляді ролі фосфору, калію щодо контролю захворювань рослин, автори посилаються на значну кількість досліджень і доходять висновку, що більшість бактеріальних та грибкових захворювань зменшується зі оптимізацією фосфатного та калійного живлення [31].

Аналіз результатів вмісту загального фосфору і загального калію, а саме, його підвищення в листі каштанів, які не оброблювалися, наводять на думку, що у відповідь на

ураження патогенами і пошкодження тканин шкідниками рослини активують механізми, спрямовані на збільшення вмісту фосфору і калію в місцях ураження. У листі каштану без обробки вміст фосфору збільшився на 0,05 %, вміст калію – на 0,11 % (табл. 4)

Для досягнення максимальної ефективності біологічного захисту рекомендуємо поєднувати обробку біопрепаратами з іншими методами догляду за рослинами, такими як своєчасне видалення опалого листя. Здорові, неуражені листя дерев екологічно безпечно компостувати для створення ґрунтового субстрату по технології «in-situ» [32].

Висновки

Встановлено, що біологічний захист з використанням бакової суміші біопрепаратів Мікохелп та Актоверм®, які володіють фунгіцидними, інсектицидними та акарицидними властивостями є ефективним методом контролю фітосанітарного стану гіркокаштану звичайного в умовах урбанізованого середовища.

Фотофіксація наочно демонструє позитивний вплив обробки біопрепаратами на стан листя каштана. У необроблених дерев спостерігаються значні некротичні ушкодження, втрата зеленого кольору та тургору листя, що свідчить про сильне ураження шкідниками та хворобами. Натомість, листя оброблених дерев зберігає зелений колір, тургор та цілісність, що свідчить про ефективний захист від шкідників та хвороб.

Аналіз вмісту фотосинтетичних пігментів підтверджує позитивний вплив біопрепаратів на фізіологічний стан рослин. У листі оброблених дерев вміст хлорофілу *a* та *b* є значно вищим, ніж у необроблених, що свідчить про покращення фотосинтетичної активності. Збільшення вмісту каротиноїдів у необробленому листі свідчить про високий рівень стресу, який відчувають необроблені рослини.

Результати дослідження мікроелементного складу листя свідчать про те, що рослини, які не зазнали обробки, посилили поглинання заліза, кобальту, міді та цинку у відповідь на стрес, спричинений шкідниками та хворобами. Це є механізмом їхньої адаптації та виживання в несприятливих умовах. Високий вміст заліза в необробленому листі свідчить про його важливу роль у захисті рослин від патогенів та відновленні від пошкоджень.

Аналіз вмісту NPK показав, що обробка каштанів сумішшю біопрепаратів забезпечила умови для високого рівня азотного живлення. Підвищений вміст фосфору та калію в листі необроблених дерев свідчить про те, що у відповідь на ураження патогенами і пошкодження тканин шкідниками рослини активують механізми захисту, в яких необхідним є наявність цих елементів.

Для досягнення максимальної ефективності біологічного захисту рекомендуємо поєднувати обробку біопрепаратами з іншими методами догляду за рослинами, такими як своєчасне видалення опалого листя. Здорові, неуразжені листя дерев екологічно безпечно компостувати для створення ґрунтового субстрату по технології «in-situ».

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Вип. 31. С. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02>
2. Мешкова В. Л., Туренко В. П., Байдик Г. В. Адвентивні шкідливі організми в лісах України. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Фітопатологія та ентомологія»*. 2014. № 1–2. С. 112-121. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/20465>
3. Снідалов М. В. Каштанова мінуюча міль у «Парку ветеранів» с. Докучаєвське Харківський район Харківська область: кваліфікаційна робота бакалавра: спец. 202 – Захист і карантин рослин; наук. кер. Г. В. Байдик. Харків: ДБТУ, 2023. 56 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/50416>
4. Халепа К. Р. Каштанова мінуюча міль в Дендрологічному парку ДБТУ Харківського району Харківської області: кваліфікаційна робота бакалавра: спец. 202 – Захист і карантин рослин; наук. кер. Я. В. Кошеляєва. Харків: ДБТУ, 2024. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/58495>
5. Сонько С. П., Пушкарьова-Безділь Т. М., Суханова І. П., Василенко О. В., Гурський І. М., Безділь Р. В. Проблема утилізації опалого листя міст і відходів тваринницьких ферм та шляхи її вирішення. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 27. 2017. С. 143-154. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-27-16>
6. Evans H. E., Oszako T. (Eds.). *Alien Invasive Species and International Trade*. Published by Forest Research Institute, Sekocin Stary Poland. Warsaw, 2007. 179 pp. URL: <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/135534/edition/118497/content>

7. Чумак П. Я., Ковальчук В. П. Екологічно безпечний захист рослин від інвазійних шкідливих організмів в умовах міста. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. №17. С. 79-85. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologichno-bezpechniy-zahist-roslin-vid-invaziynih-shkidlivih-organizmiv-v-umovah-mista>
8. Чумак П. Я., Вигера С. М., Сикало О. О. Ехінотрипс американський (*Echinothrips americanus* Morgan, *Thysanoptera: Thripidae*) в оранжереях Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна та біологічні заходи обмеження його чисельності. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 12. С. 12-13.
9. Програма використання та охорони земель (грунтово-агрохімічні аспекти): за наук. ред. С. А. Балюка, М. М. Мирошніченка, Р. С. Трускавецького. Київ: Аграрна наука, 2023. 96 с.
10. Біологічні препарати для захисту рослин і технічні засоби їх застосування: навч. посіб. / С. В. Станкевич, В. М. Положенець, Л. В. Немерицька та ін. Житомир: Видавництво «Рута», 2022. 211 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/24133>
11. Wong, M.Y., Kwan, Y.M., Sathyapriya, H. Utilization of Biodiversity for Sustainable Plant Disease Management. In: Wong, M.Y. (eds) *Advances in Tropical Crop Protection*. Springer, Cham, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-59268-3_12
12. Sharma, M., Tarafdar, A., Ghosh, R., Gopalakrishanan, S. Biological Control as a Tool for Eco-friendly Management of Plant Pathogens. In: Adhya, T., Mishra, B., Annapurna, K., Verma, D., Kumar, U. (eds) *Advances in Soil Microbiology: Recent Trends and Future Prospects. Microorganisms for Sustainability*, vol 4. Springer, Singapore, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-7380-9_8
13. Jaiswal, D.K., Gawande, S.J., Soumia, P.S. et al. Biocontrol strategies: an eco-smart tool for integrated pest and diseases management. *BMC Microbiol*, 2022, 22, 324, DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02744-2>
14. Babbal, Adivitiya, Khasa, Y.P. Microbes as Biocontrol Agents. In: Kumar, V., Kumar, M., Sharma, S., Prasad, R. (eds). *Probiotics and Plant Health*. Springer, Singapore, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-3473-2_24
15. da Silva Folli-Pereira, M. et al. (2022). Microorganisms as Biocontrol Agents of Pests and Diseases. In: Arora, N.K., Bouizgarne, B. (eds). *Microbial BioTechnology for Sustainable Agriculture Volume 1. Microorganisms for Sustainability*, vol 33, 2022. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4843-4_4
16. Жуйков О. Г. Біологічний метод захисту рослин у сучасному органічному землеробстві України: історичні аспекти, тренди, перспективи. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 23-27. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.4>
17. Ковтун О., Тригуба І. Перспективи застосування біологічного методу в національних системах захисту рослин. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агрономія»*. 2024. №28. С.160-165. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.160>
18. Марковська О. Є., Дудченко В. В., Кривуцький Р. М. Продуктивність сортів гороху за використання біоінокулянтів та біопестицидів. *Захист і карантин рослин у XXI столітті: проблеми і перспективи*. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої ювілейним датам від дня народження видатних вчених-фітопатологів, професорів В. Ф. Пересипкіна та Ф. М. Марютіна (м. Харків, 17–18 жовтня 2024 р.). Житомир: Видавництво «Рута», 2024. С. 223–226. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/58593/1/Konf_Zakhyst_karantyn_roslyn_2024-223-226.pdf
19. Лапчинський В. В. Біологічні препарати, як крок до сталого розвитку в землеробстві. *Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice: International Scientific and Practical Conference Proceeding*, January 26, 2023. International Academy Applied Sciences in Lomza (Poland); State Biotechnological University (Ukraine). Publishing house: MANS w Łomży, Lomza, Poland, 2023. Part 2. P. 225–228. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/29424>
20. Світовий досвід застосування біологічного методу захисту рослин та перспективи в Україні. URL: <https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Biokontrol.-ITI-Biotehnika-NAAN-Ukrayiny.pdf> (дата звернення: 30.01.2025).
21. Біологічний метод захисту рослин як важливий інструмент переходу до органічного та екологічного землеробства: практика застосування і перспективи для України. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=6416 (дата звернення: 30.01.2025).
22. Гололобова О. О., Телегіна Н. Є., Толстякова В. В. Дія кремнієво-калійного листового підживлення на вміст біогенних елементів та детокс-ефект в міських зелених насадженнях. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. № 3-4. С. 103-109. URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/5563>
23. Gololobova O., Telegina N., Tolstyakova V. Detox Effect From Si-K Foliar Top-Dressing In Green Urban Plantations Of Aesculus Hippocastanum L. And Tilia Cordata Mill. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. Nitra. Slovakia. 2017. №. 1. URL: <https://agrobiodiversity.uniag.sk/scientificpapers/article/view/43>

24. BTU. URL: <https://btu-center.com/about/> (дата звернення: 30.01.2025)
25. Ішук Л. П., Ішук Г. П. Аналіз пігментного апарату листків деяких видів і культиварів родини *Salicaceae* Mirb. у зв'язку із забрудненням повітря в умовах м. Біла Церква. *Екологічні науки : науково-практичний журнал* 2020. № 5(32) С. 91-95. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.13>
26. Domonkos I, Kis M, Gombos Z, Ughy B. Carotenoids, versatile components of oxygenic photosynthesis. *Progress in Lipid Research*. 2013. 52(4). P. 539-561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2013.07.001>
27. Tripathi D., Singh S., Gaur S., Singh S., Yadav V., Liu S., Singh V., Sharma, S., Srivastava P., Prasad S., Dubey N., Chauhan D. & Sahi S. Acquisition and Homeostasis of Iron in Higher Plants and Their Probable Role in Abiotic Stress Tolerance. *Frontiers in Environmental Science*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00086>
28. Roychoudhury A., & Chakraborty S. Cobalt and molybdenum: Deficiency, toxicity, and nutritional role in plant growth and development. In *Plant Nutrition and Food Security in the Era of Climate Change*. Academic Press. 2022. pp. 255-270. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822916-3.00021-4>
29. Lorenzetti et al. Calcium, copper, manganese and zinc and plant diseases: a review. *Australian Journal of Crop Science*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.05.p2845>
30. Sánchez-Sanuy F., Mateluna-Cuadra R., Tomita K., Okada K., Sacchi G. A., Campo S., & San Segundo B. Iron Induces Resistance Against the Rice Blast Fungus *Magnaporthe oryzae* Through Potentiation of Immune Responses. *Rice*. 2022. 15:68. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12284-022-00609-w>
31. Ortel C. C., Roberts T. L., Rupe J. C. A review of the interaction between potassium nutrition and plant disease control. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2024. Is. 7, e20489. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20489>
32. Maksymenko N. V., Gololobova O. O., Sonko S. P., Stolov V. O., Shiyan D. V. Utilization of vegetative waste from green infrastructure of cities “in-situ”. ICSF-2024. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science* 1415. 012127. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012127>

Стаття надійшла до редакції 05.02.2025

Стаття рекомендована до друку 14.03.2025

V. V. GOLOLOBOV¹,

Postgraduate Student of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area
e-mail: vadim.gololobov@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-0086-0303>

O. O. GOLOLOBOVA¹, PhD (Agriculture),

Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area
e-mail: elena.gololobova@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5558-2114>

V. N. Karazin Kharkiv National University,
4, Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine

BIOPREPARATIONS APPLICATION IN AESCULUS HIPPOCASTANUM PLANTINGS

Purpose. To determine the effectiveness of integrated biological protection of urban chestnut (*Aesculus Hippocastanum* L.) plantations affected by chestnut borer and rust.

Methods. Field, laboratory, method of photofixation of the results of the field experiment.

Results. The positive effect of treatment with biological products on the phytosanitary condition of chestnut leaves was established, which was confirmed by photographic fixation and analysis of the content of photosynthetic pigments. In unaffected treated leaves, the nitrogen content is almost twice as high as in the leaves of untreated chestnuts, which is an important factor for plant growth and development. Increased absorption of macronutrients (phosphorus, potassium) and trace elements (iron, cobalt, copper, zinc) in untreated trees is a mechanism of adaptation to stress caused by pests and diseases.

Conclusions. Thanks to the combination of biological products with fungicidal, insecticidal and acaricidal action, it is possible to effectively reduce and control the phytosanitary condition of urban plantings.

KEY WORDS: *biological protection, green infrastructure, phytopathological condition, plant diseases, pests, photosynthetic pigments*

References

1. Maksymenko, N.V., & Burchenko, S.V. (2019). Theoretical Basis of the Green Infrastructure Strategy: International Experience. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (31), 16-25. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02> (in Ukrainian)
2. Meshkova, V.L., Turenko, V.P. & Baidyk H.V. (2014). Adventitious pests in the forests of Ukraine. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, (1-2), 112-121. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/20465> (in Ukrainian)
3. Snidalov, M.V. (2023). Chestnut mine moth in the "Park of Veterans" in the village of Dokuchaevske, Kharkiv district, Kharkiv region: bachelor's thesis: specialty 202 - Plant protection and quarantine; scientific supervisor G.V. Baidyk. Kharkiv: SBTU. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/50416> (in Ukrainian).
4. Khalepa, K.R. (2024). Chestnut moth in the Dendrological Park of the State Biodiversity Technical University of Kharkiv District, Kharkiv Region: bachelor's thesis: specialty 2024 - Plant protection and quarantine; scientific supervisor Y.V. Koshelyaeva. Kharkiv: DBTU. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/58495> (in Ukrainian).
5. Sonko, S.P., Pushkarova-Bezdi, T.M., Sukhanova, I.P., Vasilenko, O.V., Gursky, I.M. & Bezdi, R.V. (2017). The problem of utilization of felling leaves of cities and wastes of animal-farming farm and ways of its solutions. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (27), 143-154. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-27-16> (in Ukrainian).
6. Evans, H.E. & Oszak T. (Eds.). (2007). Alien Invasive Species and International Trade. Published by Forest Research Institute, Sekocin Stary Poland. Warsaw 2007. Retrieved from <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/135534/edition/118497/content>
7. Chumak, P.Y. & Kovalchuk, V.P. (2013). Ecologically safe protection of plants from invasive pests in urban areas. *Scientific Bulletin of the UNFU*, (17), 79-85. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologichno-bezpechniy-zahist-roslin-vid-invazyinih-shkidlivih-organizmiv-v-umovah-mista> (in Ukrainian).
8. Chumak, P.Y., Vigera, S.M. & Sykalo, O.O. (2005). American Echinothrips (Echinothrips americanus Morgan, Thysanoptera: Thripidae) in the greenhouses of the Fomin Botanical Garden and biological measures to limit its number. *Plant Quarantine and Protection*, (12), 12-13. (in Ukrainian).
9. Baliuk, S., Miroshnichenko, M. & Truskavetskyi, R. (2023). Land use and protection Program (soil and agrochemical aspects). Kyiv: Agrarna nauka. (in Ukrainian).
10. Stankevych, S.V., Polozhenets, V.M., Nemerytska, L. V., Zhuravska, I. A., & Baryshnikov, M. A. (2022). Biological preparations for plant protection and technical means of their application. Ruta Publishing House. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/24133> (in Ukrainian).
11. Wong, M.Y., Kwan, Y.M. & Sathyapriya, H. (2024). Utilization of Biodiversity for Sustainable Plant Disease Management. In: Wong, M.Y. (Ed.) *Advances in Tropical Crop Protection*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59268-3_12
12. Sharma, M., Tarafdar, A., Ghosh, R. & Gopalakrishanan, S. (2017). Biological Control as a Tool for Eco-friendly Management of Plant Pathogens. In: Adhya, T., Mishra, B., Annapurna, K., Verma, D., Kumar, U. (Eds.). *Advances in Soil Microbiology: Recent Trends and Future Prospects*. Microorganisms for Sustainability, vol 4. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7380-9_8
13. Jaiswal, D.K., Gawande, S.J., Soumia, P.S., Krishna, R., Vaishnav, A., & Ade A. B. (2022). Biocontrol strategies: an eco-smart tool for integrated pest and diseases management. *BMC Microbiol* 22, 324. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02744-2>
14. Babbal, Adivitiya & Khasa, Y.P. (2017). Microbes as Biocontrol Agents. In: Kumar, V., Kumar, M., Sharma, S., Prasad, R. (Eds.). *Probiotics and Plant Health*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3473-2_24
15. Da Silva Folli-Pereira, M. , Bertolazi, A.A., Garlet, J., Passamani L. Z., de Souza, S.B., Costa F. S.F. & Ramos, A.C. (2022). Microorganisms as Biocontrol Agents of Pests and Diseases. In: Arora, N.K., Bouizgarne, B. (Eds.). *Microbial BioTechnology for Sustainable Agriculture, 1. Microorganisms for Sustainability*, 33. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4843-4_4
16. Zhuykov, O.G. (2022). Biological method of plant protection in modern organic agriculture of Ukraine: historical aspects, trends, prospects. *Agrarian innovations*, (12), 23-27. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.4> (in Ukrainian).
17. Kovtun, O. & Triguba, I. (2024). Prospects for the application of the biological method in national plant protection systems. *Bulletin of Lviv National University of Life and Environmental Sciences. Series "Agronomy"*, (28), 160-165. <https://doi.org/10.31734/agronomy2024.28.160> (in Ukrainian).

18. Markovska, O.E., Dudchenko, V.V., Krivutskyi, R.M. (2024). Productivity of pea varieties with the use of bioinoculants and biopesticides Plant protection and quarantine in the XXI century: problems and prospects. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference dedicated to the anniversary dates of the birth of prominent phytopathologists*, (Kharkiv, October 17-18. Zhytomyr: Ruta Publishing House, 223-226. Retrieved from https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/58593/1/Konf_Zakhyst_karantyn_roslyn_2024-223-226.pdf (in Ukrainian).
19. Lapchynskiy, V.V. (2023). Biological preparations as a step towards sustainable development in agriculture. *Proceeding International Scientific and Practical Conference: Digital transformation and technologies for sustainable development all branches of modern education, science and practice*, January 26, 2023. International Academy Applied Sciences in Lomza (Poland); State Biotechnological University (Ukraine). Publishing house: MANS w Łomży, Lomza, Poland. Part 2, 225-228. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/29424>
20. Global experience in the use of biological plant protection and prospects for Ukraine. Retrieved from <https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Biokontrol.-ITI-Biotehnika-NAAN-Ukrayiny.pdf> (in Ukrainian).
21. Biological method of plant protection as an important tool for the transition to organic and ecological farming: application practice and prospects for Ukraine. Retrieved from http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=6416 (in Ukrainian).
22. Gololobova, O.O, Telegina, N.E. & Tolstyakova V.V. (2015). Effect of silicon- potassium foliar application on content of nutrients and the detox-effect in urban green areas. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (3-4), 103-109. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/humanenviron/article/view/5563> (in Ukrainian).
23. Gololobova, O., Telegina, N., & Tolstyakova, V. (2017). Detox Effect from Si-K Foliar Top-Dressing in Green Urban Plantations of *Aesculus Hippocastanum* L. and *Tilia cordata* Mill. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, (1). Retrieved from <https://agrobiodiversity.uniag.sk/scientificpapers/article/view/43>
24. BTU. Retrieved from <https://btu-center.com/about/> (in Ukrainian).
25. Ishchuk, L.P. & Ishchuk, G.P. (2020). Analysis of the pigment apparatus of leaves of some species and cultivars of the family Salicaceae Mirb. in connection with air pollution in the conditions of Bila Tserkva. *Ecological sciences: scientific and practical journal*, 5(32), 91-95. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.13> (in Ukrainian).
26. Domonkos, I., Kis, M., Gombos, Z. & Ughy, B. (2013). Carotenoids, versatile components of oxygenic photosynthesis. *Prog Lipid Res*, 52(4), 539-561. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2013.07.001>
27. Tripathi, D., Singh, S., Gaur, S., Singh, S., Yadav, V., Liu, S., Singh, V., Sharma, S., Srivastava, P., Prasad, S., Dubey, N., Chauhan, D. & Sahi, S. (2018). Acquisition and Homeostasis of Iron in Higher Plants and Their Probable Role in Abiotic Stress Tolerance. *Frontiers in Environmental Science*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00086>
28. Roychoudhury, A., & Chakraborty, S. (2022). Cobalt and molybdenum: Deficiency, toxicity, and nutritional role in plant growth and development. In *Plant Nutrition and Food Security in the Era of Climate Change*. Academic Press, 255-270. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822916-3.00021-4>
29. Lorenzetti E., Stangarlin, J. R., Carvalho, J. C., Hendges, C., ... Cecatto Júnior R. (2021). Calcium, copper, manganese and zinc and plant diseases: a review. *Australian Journal of Crop Science*, 15(05), 638- 642. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.05.p2845>
30. Sánchez-Sanuy, F., Mateluna-Cuadra, R., Tomita, K., Okada, K., Sacchi, G. A., Campo, S., & San Segundo, B. (2022). Iron Induces Resistance Against the Rice Blast Fungus *Magnaporthe oryzae* Through Potentiation of Immune Responses. *Rice*, 15, 68. <https://doi.org/10.1186/s12284-022-00609-w>
31. Ortel, C. C., Roberts, T. L., & Rupe, J. C. (2024). A review of the interaction between potassium nutrition and plant disease control. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 7, e20489. <https://doi.org/10.1002/agg2.20489>
32. Maksymenko, N.V., Gololobova, O.O., Sonko, S. P., Stolov, V.O., Shiyan, D.V. (2024). Utilization of vegetative waste from green infrastructure of cities “in-situ”. ICSF-2024. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 1415. 012127. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012127>

The article was received by the editors 05.02.2025

The article is recommended for printing 14.03.2025