

Environmental stresses and adaptation processes of woody plants in the current urbanized environment

Olga A. Opalko, Nataliia M. Kucher, Alla V. Konopelko, Anatoly I. Opalko✉
National dendrological park "Sofiyivka" of NAS of Ukraine, Uman
e-mail: opalko_o@ukr.net; ORCID ID: 0000-0003-3081-0648
e-mail: natalochka_sof@ukr.net; ORCID ID: 0000-0002-3004-9476
e-mail: konopelko_alla@ukr.net; ORCID ID: 0000-0002-5214-6170
e-mail: opalko_a@ukr.net; ORCID ID: 0000-003-0664-378X

✉ opalko_a@ukr.net

Abstract.

Aims. The need to understand the adaptability strategies of perennial woody plants in urbanization, in particular their potential not only for survival but also for performing sanitary and hygienic functions of air purification from dust and smoke, from vehicle exhaust gases, and protection of citizens from various types of noise, while maintaining decorative effect for many years, led to the study of representatives of native and introduced flora used in landscaping, and also searching for means to reduce anthropogenic loads on plants and searching for the plants' selection criteria that can adapt and withstand these loads without significantly reducing their decorative and sanitary-hygienic functionality. **Materials and Methods.** In the process of studying the sources of environmental stresses and mechanisms of post-traumatic regeneration that promote the adaptation of woody plants to biotic and abiotic factors of urbanized areas, we analyzed relevant publications by scientists from different scientific schools and other publicly available scientific sources. The information obtained was studied using the methods of theoretical analysis, systematization, comparison, and generalization, and the authors used their methodological developments. The empirical observations with woody plants cultivated in cityscape streets and other green spaces were performed according to generally accepted methods. **Results and Discussion.** The widespread use in the middle of the preceding century of *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus pumila*, *Ulmus laevis*, and other trees with strong apical dominance for urban street landscaping, which

were often planted in the city electricity network's immediate vicinity, led to the introduction of the erroneous practice of radical pruning of skeletal branches touching the wires. Improper pruning of street trees, especially if it is carried out using topping technologies, can significantly reduce the total leaf surface area of pruned trees, distort their growth pattern, weaken their ability to improve the microclimate, and significantly reduce the resistance of plantations to major anthropogenic pollutants, with a simultaneous increase in the number of plants affected by pathogens, damaged by pests, and various abiotic environmental stress factors. The article discusses the prospects of using plants with limited apical dominance, in particular *Corylus avellana* 'Pendula', *Morus alba* f. *pendula*, *Robinia pseudoacacia* f. *umbraculifera*, and other ornamental woody plants in street gardening and of the design of entrance areas to various institutions. **Conclusions.** A current shift is imminent in the emphasis of the approaches to understanding stress tolerance, and the mechanisms of their synergy must be tested in plants. The future work must include more emphasis on the woody plants' adaptability studies in urbanized environments.

Key words: green urbanism, landscape design, ornamental plants, plant adaptability, sexual dimorphism.

Середовищні стреси і процеси адаптування деревних рослин у сучасному урбанізованому довкіллі

Ольга А. Опалко, Наталія М. Кучер, Алла В. Конопелько, Анатолій І. Опалко[✉]

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, м. Умань

e-mail: opalko_o@ukr.net; ORCID ID: 0000-0003-3081-0648

e-mail: natalochka_sof@ukr.net; ORCID ID: 0000-0002-3004-9476

e-mail: konopelko_alla@ukr.net; ORCID ID: 0000-0002-5214-6170

e-mail: opalko_a@ukr.net; ORCID ID: 0000-003-0664-378X

[✉]opalko_a@ukr.net

Реферат.

Мета. Необхідність розуміння стратегій адаптивності деревних рослин в умовах урбанізації, зокрема їхніх потенціалів не лише щодо виживання, а й виконання санітарно-гігієнічних функцій очищення повітря від пилу й диму, від вихлопних газів автотранспорту та захисту містян від різних видів шуму, зберігаючи протягом багатьох років декоративність, зумовила дослідження використовуваних в озелененні представників місцевої та інтродукованої флори, а також пошук способів зменшення антропогенних навантажень на рослини, й критеріїв підбору рослин спроможних адаптуватися й витримувати ці навантаження без суттєвого зменшення декоративності й санітарно-

гігієнічної функціональності. **Матеріали і методи.** У процесі вивчення джерел середовищних стресів й механізмів посттравматичної регенерації, що сприяють адаптуванню деревних рослин до біотичних й абіотичних чинників урбанізованих територій були проаналізовані відповідні публікації науковців різних наукових шкіл та інші загальнодоступні наукові джерела. Отримувану інформацію вивчали методами теоретичного аналізу, систематизації, порівняння й узагальнення та використовували власні методичні напрацювання. Польові дослідження дерев вирощуваних на міських вулицях та інших об'єктах озеленення виконували за загальноприйнятими методиками. **Результати та обговорення.** Повсюдне використання у середині минулого сторіччя для озеленення міських вулиць *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus pumila*, *Ulmus laevis* та інших дерев з сильним апікальним домінуванням, які досить часто висаджувалися у безпосередній близькості від ліній міських електромереж, призвело до впровадження хибної практики радикального обрізування скелетних гілок, що дотикалися проводів. Неправильна обрізка дерев вуличних насаджень, особливо якщо вона проводиться за топінговими технологіями, може суттєво зменшити загальну площу листової поверхні обрізаних дерев, спотворити характер їхнього росту, ослабити їхню здатність покращувати мікроклімат, а також суттєво знижувати стійкість насаджень щодо основних антропогенних забруднювачів з рівнобіжним збільшенням кількості рослин уражених збудниками хвороб, пошкоджених шкідниками й різними абіотичними чинниками середовищного стресу. Обговорюються перспективи використання видів і форм з обмеженим апікальним домінуванням в озелененні вулиць та в оформленні вхідних зон до різних установ, зокрема *Corylus avellana* 'Pendula', *Morus alba* f. *pendula*, *Robinia pseudoacacia* f. *umbraculifera* та інших декоративних деревних рослин. **Висновки.** Нині відбувається зміна акцентів у підходах до розуміння стресостійкості, і механізми їхньої синергії повинні бути перевірені на рослинах. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вивчення адаптивності деревних рослин в умовах урбанізованого середовища.

Ключові слова: зелений урбанізм, ландшафтний дизайн, декоративні рослини, адаптивність рослин, статевий диморфізм.

Вступ/Introduction. Флора урбанізованих територій включає всі форми спонтанної й культивованої рослинності у міських зелених насадженнях, парках, скверах, вздовж вуличних доріг і тротуарів та у дворах багатоповерхівок й офісів, а також рослинність на занедбаних територіях та пустирях й різних локаціях, що потребують рекультивації. Більшість сучасних міських зелених зон створювалися в процесі забудови за проектами ландшафтних дизайнерів, однак чимало з них були засаджені й нині стихійно засаджуються мешканцями новобудов. І в професійному, і в аматорському

озелененні використовуються не лише місцеві, а й екзотичні рослини, які іноді потребують особливого догляду. Сортимент і стан міської флори зазвичай віддзеркалює вплив людини на її природний розвиток і тому може бути використаний як загальний індикатор стану всього міського середовища. Адже міста з найдавніших часів виникали як цілком новий тип середовища, призначеного передусім для задоволення потреб людини, а не для рослин, тварин чи будь-яких інших форм життя. Вони розвивалися як центри переважно промислового виробництва, політичної, соціальної та економічної влади й культури (Smith, 2020; Sukopp & Werner, 1983). Йдеться не лише про промислово-розвинені держави Європи й Північної Америки, а й африканські держави, де стрімка урбанізація викликає занепокоєння через її вплив на місцевий клімат, зокрема на прояви ефектів міського теплового острова зі зменшенням вологості й підвищенням температури повітря й ґрунту (Oyelami et al., 2025). При цьому на підсвідомому рівні мешканці сучасних міст, а особливо урбанізованих мегаполісів, що нині найбільше потерпають від прогресуючої глобалізації, ностальгують за лісом і степом, і відчуючи постійну потребу у спілкуванні з природою, отримують задоволення від рослин у міських умовах. У непростих пошуках компромісу між потребами концентрації виробництва і сучасними екологічними тенденціями нині поступово формується розуміння можливості й практичної здійсненності альтернативного міського майбутнього, в якому принципи зеленого урбанізму перетворюються з дивної для похмурого обивателя утопії у природні компоненти способу життя (Beatley, 2012; Kosenko et al., 2020b).

Значення адаптивності усіх рослин, а насамперед деревних, а також їхніх потенціалів не лише щодо виживання, а й виконання санітарно-гігієнічних функцій очищення повітря від пилу й диму, від вихлопних газів автотранспорту та захисту містян від різних видів шуму, зберігаючи протягом багатьох років декоративність (Opalko et al., 2024), рівнобіжно зростає зі збільшенням кількості населення й щільності забудови. Адже людство не може добровільно відмовитися від усіх принад технічного прогресу задля забезпечення оптимальних умов для росту і розвитку використовуваних в озелененні представників природної флори, тож компроміс маємо шукати і у зменшенні антропічних навантажень на рослини, і у підборі рослин спроможних адаптуватися й витримувати ці навантаження без суттєвого зменшення декоративності й санітарно-гігієнічної функціональності.

Прояви посттравматичної регенерації як одного з компонентів адаптування деревних рослин в умовах всезростаючої урбанізації детермінуються межами еволюційно сформованої норми реагування на травми досліджуваного виду, різновиду, сорту чи форми, а також залежать від віку та фізіологічного стану кожної рослини. При цьому природні травми (в тому числі тяжкі) можуть бути нормальною і необхідною фазою розвитку індивідууму з розривами і навіть відмиранням окремих частин. Травми, так само, як і інші місцеві пошкодження,

трапляються в усіх рослин, а особливо в багаторічних, впродовж усього життя. Тому в процесі еволюції у них виробилися пристосувальні механізми захисту від травм, тобто здатність до гоєння. Зокрема у судинних рослин при пошкодженні тканин виділяється рідина, так звана пасока (Zamorskyi & Naychenko, 2012), що запобігає проникненню мікроорганізмів. У місці пошкодження клітини швидко розмножуються та/або ростуть (гіпертрофія та гіперплазія) й заповнюють спричинену травмою тканинну прогалину. Після її заповнення клітини на поверхні травми тверднуть, створюючи бар'єр, а в кінцевому підсумку витісняються клітинами здорової тканини, що формуються в процесі гоєння рани (Cremaldi & Bhushan, 2018). Це одна з адаптивних модифікацій, ступінь прояву якої пропорційний силі й тривалості дії природного чи штучного травматичного чинника. При цьому адаптивність модифікації настає лише тоді, коли сила і тривалість цього травматичного чинника не виходить за певні межі, визначені минулою еволюційною історією. В умовах перевищення звичної сили і тривалості травматичного впливу можуть виникати неадаптивні зміни й неадекватні реагування і рослина може навіть загинути (Opalko et al., 2014, 2015).

Ідентифікування диференційно експресованих генів, пов'язаних з розвитком квіток і статевим диморфізмом рослин та неоднакова стійкість жіночих і чоловічих генеративних органів гермафродитних і моноеційних рослин щодо різноманітних середовищних стресів, а також жіночих і чоловічих особин у диєційних рослин обговорюються багатьма авторами (Álvarez-Cansino et al., 2012; Chen et al., 2023; Correia & Diaz-Barradas, 2000; Juvany et al., 2014; Juvany & Munné-Bosch, 2015; Letts et al., 2008; Rakocovic et al., 2009; Rozas et al., 2009; Xu et al., 2022), однак вивчення феноменів вторинного статевого диморфізму у проявах посттравматичної регенераційної спроможності деревних рослин наразі не завершене.

Видоспецифічність проявів спроможності відновлюватися після обрізки дає підстави очікувати на вдосконалення технологій міського озеленення починаючи з проєктування й підбору деревних порід відповідного габітусу, з екологічною пластичністю й толерантністю щодо обрізки та виконання обрізки кваліфікованими працівниками в оптимальні строки (Comin et al., 2025), а також використання видів і форм з достатніми посттравматичними регенераційними потенціями й обмеженим апікальним домінуванням.

Повідомлення щодо внутривидових відмінностей у проявах регенераційних потенцій у деревних рослин різної статевої організації (Álvarez-Cansino et al., 2012; Vessella et al., 2015), а також неоднакова спроможність адаптування жіночих і чоловічих особин до середовищних стресів (Bürli et al., 2022; Liao et al., 2025; Liu et al., 2023; Nakagawa et al., 2015; Rabska et al., 2020; Yu et al., 2023) спонукають до більш докладного аналізу цих феноменів, що і стало метою цієї роботи.

Матеріали і методи/Materials and Methods. Зважаючи на важливість видового й сортового асортименту декоративних деревних рослин для озеленення селітебних територій та їхньої здатності адаптуватися до середовищних стресів сучасного урбанізованого довкілля й беручи до уваги дані, отримані в експериментальних і теоретичних дослідженнях, виконаних науковцями різних наукових шкіл (Álvarez-Cansino et al., 2012; Bürli et al., 2022; Chen et al., 2023; Cremaldi & Bhushan, 2018; Juvany & Munné-Bosch, 2015; Kisvarga et al., 2023; Lüttge & Buckeridge, 2023; Opalko & Opalko, 2015; Rissanen et al., 2025), були проаналізовані відповідні публікації та інші загальнодоступні наукові джерела. Отримувану інформацію вивчали методами теоретичного аналізу, систематизації, порівняння й узагальнення, що вживаються при оцінюванні адаптивності рослин до стресів довкілля та механізмів регенерації (Nargis & Singh, 2024), та використовували власні методичні напрацювання стосовно написання оглядових статей.

При цьому було застосовано метод групової вибірки, що дало змогу відвіяти сумнівні публікації, застосувавши критерії цитування у фахових рецензованих виданнях та надаючи перевагу дослідженням виконуваним за міжнародними програмами. У процесі аналізу наукових публікацій використовували гіпотетико-дедуктивний метод (Popper, 1962), враховуючи, що тільки живі системи характеризуються взаємопов'язаними і взаємозумовленими процесами індивідуального й історичного розвитку (Opalko & Opalko, 2019). Зв'язки між елементами структури природних популяцій та особливостями їхньої взаємодії з середовищем у нерівноважних умовах досліджували з урахуванням тенденцій синергізму (Cedergreen, 2014; Zargar & Zargar, 2018). Польові дослідження дерев вирощуваних на міських вулицях та інших об'єктах озеленення виконували за загальноприйнятими методиками.

Результати та обговорення/Results and Discussion. Аналізуючи джерела подразнень, що можуть індукувати запуск регенераційних процесів у рослин, їх можна класифікувати на природні й штучні чинники, нормальні й аномальні (напр. щеплення живця у перевернутому вигляді), з порушенням цілісності окремих частин або відокремленням їх від рослини (у тім числі з наступним аналізом регенераційних потенцій і відокремленої частини, і тих частин, що залишились), зі зрощуваннями частин рослини (структурними, фізіологічними, змішано-факторіальними), з переміщенням окремих елементів власне рослини і введенням невластивих їй елементів та з іншими змінами фрагментів рослини (під впливом земного тяжіння, тертя та інших природних чинників, а також при згинанні, скручуванні, центрифугуванні та інших штучних впливах). В узагальненому вигляді всі чинники середовищних стресів як індуктори регенерації можуть бути зведені у шість основних груп (рис. 1).

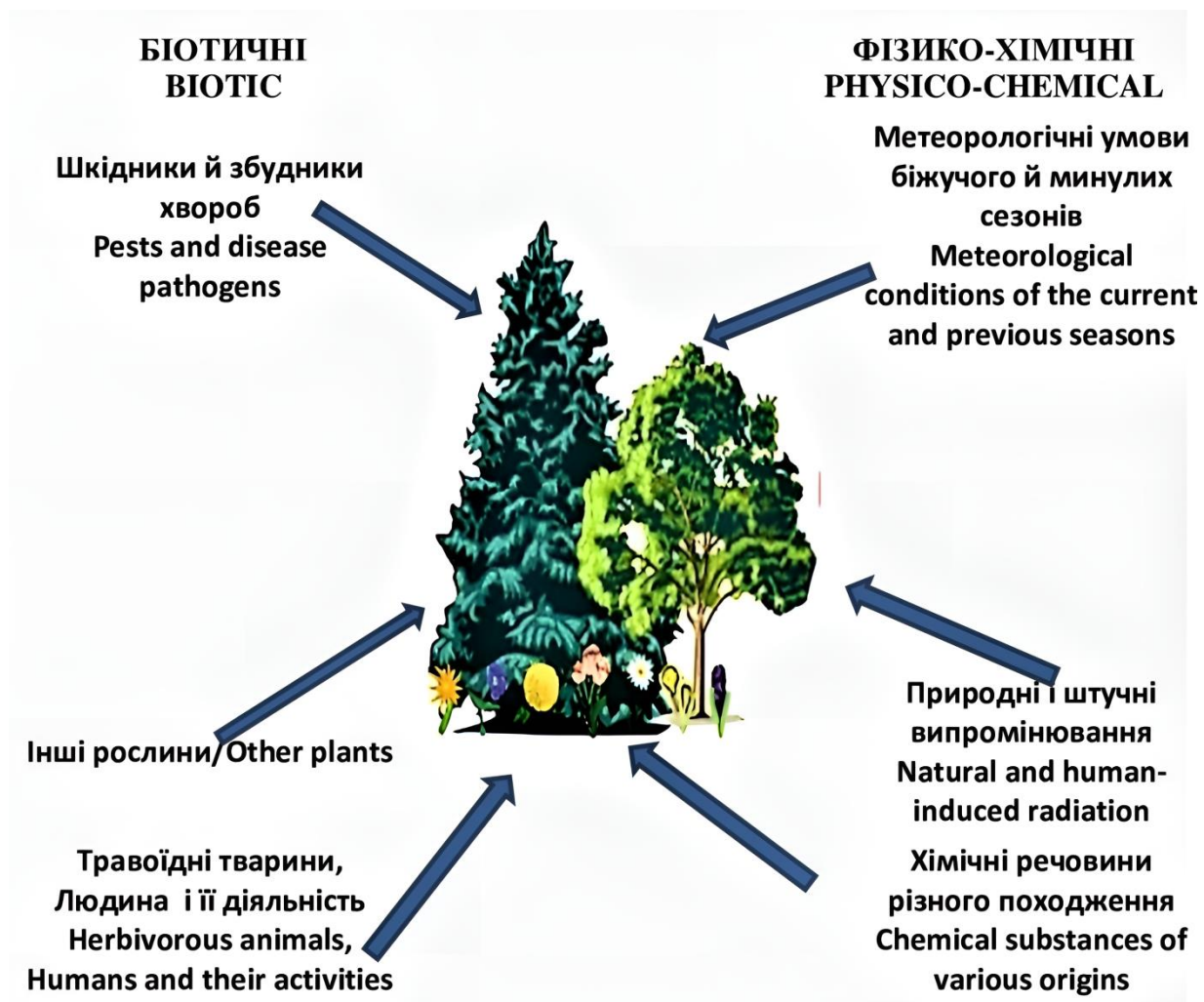


Рисунок 1. Класифікація чинників середовищного стресу як індукторів регенерації

Figure 1. Classification of environmental stress factors for plants regeneration promoters

Деревні рослини здебільшого характеризуються великими розмірами і тривалим ювенільним періодом, що впливає на і результативність селекції, і на ефективність розмноження відібраних рослин. Тривалість ювенільного періоду та прояви апікального домінування для більшості з них вважаються серйозними проблемами для садівництва (Basheer-Salimia, 2007).

Виживання й технології розмноження всіх рослин зумовлюються особливостями їхнього росту і розвитку. У рослин з сильним апікальним домінуванням пробудження сплячих пазушних бруньок після втрати верхівки й наступний ріст і розвиток нових пагонів з них є абсолютною умовою завершення життєвого циклу рослини, оскільки у таких рослин здебільшого саме на верхівці пагону формуються суцвіття, плоди й насіння. Натомість, рослини зі слабким апікальним домінуванням, або без нього, набагато менше реагують на втрату верхньої частини пагону або верхівкової бруньки.

Внаслідок природної модуляції галуження та саморегулювання сезонного росту структура крони оптимізується відповідно до умов середовища, зокрема й урбанізованого, навіть у неушкоджених рослин, завдяки чому максимізуються їхні можливості отримувати ресурси живлення через покращення фотоморфогенезу й ефективніше перехоплення світла (Barbier et al., 2017; Peterson & Moran, 2019).

У плодовництві врожайність здебільшого тісно корелює з архітектонікою крони рослин, а отже, з галуженням пагонів. Окрім того від архітектоніки дерев залежить їхня стійкість проти шкідників і збудників хвороб, оскільки структура крони впливає на повітряний потік (Barbier et al., 2017), а значить на чисельність й швидкість розповсюдження патогенів.

Модульна архітектоніка дерев плодкових, лісових та садово-декоративних рослин значною мірою визначається природним філотаксисом, а також коригується в процесі формувальної обрізки. Обмеження сили росту, компактний габітус крони й скороплідність багатьох плодкових дерев досягаються завдяки використанню ефективних клонових підщеп, що дає змогу висаджувати такі дерева густіше. Відповідно збільшена щільність насаджень невеликих за розмірами дерев забезпечує підвищення врожайності плодкових садів на таких підщепах (Nithya et al., 2021).

Значення зелених насаджень для формування повноцінних міських екосистем загальновідома. До основних особливостей рослинності в умовах урбанізованого й техногенного середовища варто віднести її поліфункціональність. Адже міські насадження окрім естетичної привабливості відіграють важливу санітарно-гігієнічну роль, зокрема щодо поліпшення якості повітря й захисту містян від різних видів шуму, що особливо актуально для міських вулиць зі жвавим рухом; прихищають мешканців мегаполісів від літньої спеки, а також виконують інженерно-захисні й рекреаційні функції та забезпечення комфортного для життя людини середовища (Korányi & Markó, 2022). Зелені насадження також спроможні поглинати токсичні гази й зменшувати силу вітру, на їхньому листі осідають часточки пилу, рослини багатьох видів характеризуються бактерицидними властивостями.

Фізіологічні й психологічні переваги зелених насаджень для підтримання здоров'я й благополуччя людини, зокрема стосовно забезпечуваного ними рекреаційного комфорту, а також завдяки гіротермічним, акустичним та фільтрувальним (щодо якості повітря) функціям, окрім зазначених екологічних переваг, сприятимуть відродженню біофілії як психологічно зорієнтованої емпатії до всього живого, до гармонізації взаємин між людиною та біосферою (Barbiero & Berto, 2021; Roös, 2021), що є важливою складовою етичного та відповідального поводження кожної людини. Про намагання ще на зорі цивілізації використовувати рослинність для задоволення вродженої потреби людини у спілкуванні з природою повідомляють ряд авторів (Anderson, 2005; Li & Zhang, 2024; Roös, 2021; Soga & Gaston, 2022), а дерево завжди було

фундаментальним символом в усіх релігіях стародавнього світу (Cusack, 2011).

Визнане для дерева центральне місце в політеїстичній релігійній, політичній та соціальній організації зумовлюється тим, що дерева можуть функціонувати як гомологи власне людини, так і всього фізичного всесвіту, уособлення тотальності космосу. Професор індології та порівняльного релігієзнавства Оксфордського університету Гевін Флуд (Gavin Flood) зазначає, що термін *religia* походить від латинського *religio*, що було утворене від двох латинських дієслів: *relegere*, котре за Марком Цицероном (Marcus Tullius Cicero, 106–43 pp. до н.е.) означає перечитувати, у розумінні зберігати традиції, та *religare* — пов'язувати, що за Лактанцієм (Lucius Caecilius Firmianus Lactantius, 250–325 pp.) означає пов'язувати людей один з одним, а народ з державою і богами (Cusack, 2011; Flood, 1999, 2012).

Такі трактування дещо розширили сприйняття поняття сакральності, однак теорія Флуда отримала низку критичних зауважень, і не лише релігієзнавців (Hedges, 2024). Та все ж, слід погодитися, що релігія тісно пов'язана з віковими традиціями й знаннями, які передаються з покоління в покоління, і включає в себе колективну ідентичність людей насамперед у зв'язку з їхніми спільними богами. Дерево й символіка дерев є частиною цих традицій, а самі дерева часто функціонують як місця зустрічі з божественним, що загалом відповідає обома етимологічним критеріям поняття «релігія». Фундаментальна природа сакральної символіки дерева відображає історичну реальність, адже люди завжди взаємодіяли з деревами і багато в чому залежали від них у своєму виживанні. Ще для печерної людини дерева були однією з найдавніших форм прихистку, часто росли поряд з людьми, а збирачам горіхів, плодів і ягід надавали засоби до існування, водночас рятуючи від голоду після невдалого полювання і мисливців (Cusack, 2011).

В античні часи ліси й гаї також сприймалися як простір заселений божествами, а поклоніння перед окремими божествами поширювалося і на всю природу, і на рукотворні її копії — сади. Однак вже в античні часи почали загострюватися неоднозначні взаємини між людиною й рослинністю внаслідок посилення експлуатації природних ресурсів і необхідністю збереження довкілля (Thommen, 2012).

У біблійних та інших релігійних текстах постійно натрапляємо на садівничі метафори, як-от перебування Адама і Єви в Едемському саду недалеко від «дерева пізнання»; опис оливкової гілки як символу миру, а також щодо культивування Ноєм винограду як свого першого творчого акту після всесвітнього потопу. Майже десять тисяч років тому наші предки опанували багато секретів садівництва, вони розв'язували проблеми вирощування рослин для їжі, оздоблення житла й навколишніх територій, для лікування багатьох хвороб, виготовлення тканин для одягу та укриття. Накопичені знання про вдосконалення усно передавалися передусім дітям й онукам у сім'ях, а також від ремісника й рослинника до учня, а секрети ремесел, рослинництва й

садівництва та отримувані навички ставали частиною людської культури, проявами народної мудрості, окремі з яких зберігаються через легенди (Ingels, 2010; Janick, 2007).

Окрім релігійних текстів, в історії садівництва задокументовані записи про вирощуванні понад 5000 років тому сади стародавніх єгиптян і шумерів. Попри те, що головною метою культивування стародавніх садів було забезпечення продовольством, проте саме єгиптяни були представниками однієї з найбільш ранніх цивілізацій, які почали культивувати рослини через їхню естетичну привабливість (Ingels, 2010; Janick, 2014; Kosenko et al., 2020a).

Садівництво розвивалося і у доколумбовій Північній та Південній Америці. Зокрема, сади ацтеків були священними місцями, наповненими декоративними, ароматичними та лікарськими рослинами, що символізували богів та різноманітні міфи про них, а не харчовими рослинами. Іспанські документи 12 і 13 сторіч свідчать, що ацтеки мали ботанічні сади з організованими у своєрідній ботанічній системі рослинами багатьох місцевих природних видів (Baeyer, 2019).

Сучасні тенденції реінкарнації рослинного тотемізму можна розглядати як один з проявів постгуманізму, завдяки чому, у соціальному уявленні, немовби можна досягнути примирення людського й нелюдського світів (Paura, 2020). Однак існування священних гаїв на Глобальному Півдні, більшість населення якого дотепер вірить, що божества живуть у цих гаях і виконують у них свою святу функцію захисту, побічно сприяє збереженню лісових масивів з багатим біорізноманіттям, що слід підтримувати. Завдяки соціокультурним і релігійним цінностям, а також корінним системам вірувань, нині священні гаї стають неформальними центрами збереження біорізноманіття (Imarhiagbe & Ogwu 2022).

Натомість перманентний тісний взаємозв'язок еволюції гомінінів (*Hominini* Gray) з еволюцією рослин та залежність ранніх *Homo* L. й інших предків *Homo sapiens* L. від світу рослин простежується впродовж послідовних змін ресурсних ландшафтів (Potts et al., 2020) як усієї планети, так і окремих її екологічних локалітетів. Відповідно дослідження рослин, що у різних частинах світу віками використовуються місцевими етносами, а також народні знання про ці рослини, котрі з подачі Джона Харшбергера (Harshberger, 1896) наприкінці 19 сторіччя отримали термін «етноботаніка», також зародилися тисячі років тому з переходом людини від інстинктивного вибору певних рослин для споживання в їжу й лікування та/або для задоволення інших потреб у виживанні до усвідомленого зацікавлення їхніми особливостями й намагання фіксації отримуваних знань та передавання їх прийдешнім поколінням у формі легенд, вірувань, різних магічних практик й ритуалів, разом з іншими етнобіологічними знаннями (Padhy et al., 2015). Нині етноботаніка визнана прародителькою сучасної наукової ботаніки (Opalko & Opalko, 2021) й стала одним з мостів, що зв'язують наукову й народну ботаніку.

За схожим сценарієм з відомих ще стародавнім цілителям тих часів властивостей садівництва щодо зняття стресу й емоційної напруги та загального оздоровлення розвинулося терапевтичне садівництво, яке зародилося на зорі цивілізації (Simson & Straus, 2024). Свідчення про використання садівництва для зняття стресу та емоційної напруги датовані двома тисячами років до нашої ери. У Стародавній Месопотамії приблизно 500 р. до н. е. древні перси вже створювали сади, щоб заспокоюватися, залучаючи красу, аромати, текучу воду та прохолодну температуру паркового середовища (Derevianko & Khoroshkov, 2020; Ishchuk et al., 2024).

Віковий досвід єднання з природою в умовах техногенної урбанізації нині частково втрачений, що зумовлює відчуття ізоляції та відокремленості містян не лише в мегаполісах, а й у відносно невеликих містах. Тож запровадження ідеології біофільного дизайну може стати ефективним способом стимуляції вродженої прихильності до зеленої рослини й повернення людям, що живуть у міському середовищі, можливості підтримувати контакти з природою й відновлювати активні життєві сили (Kosenko et al., 2020b).

Ботаніки й фітодизайнери пропонують використовувати для різних об'єктів озеленення різні види з урахуванням їхньої функціональності й витривалості щодо біотичних, абіотичних й антропогенних навантажень. Зокрема рекомендують використовувати в урбанізованих ценозах *Abies alba* Mill., *Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Armeniaca vulgaris* Lam. (нині класифікується як *Prunus armeniaca* L.), *Betula pendula* Roth, *Juglans regia* L. та інші *Juniperus* spp., *Padus avium* Mill. (нині визнається синонімом *Prunus padus* L.), *Pinus* spp., *Populus* × *canadensis* Moench (гібридний вид, отриманий від схрещування *P. deltoides* W.Bartram ex Marshall з *P. nigra* L.), *P. pyramidalis* Rozier, (вважається синонімом *Populus nigra* f. *italica* (Münchh.)), *Quercus robur* L. та *Q. rubra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Salix alba* L., *Sorbus aucuparia* L., *Tilia cordata* Mill., *Ulmus pumila* L. й *U. laevis* Pall. та інші види (Klymenko, 2020; Meshkova et al., 2023; Bakewell-Stone, 2023; Karl et al., 2009; Karlic & Pittenger, 2012; Korányi & Markó, 2022; Tenche-Constantinescu et al., 2024).

Загалом погоджуючись зі згаданими рекомендаціями, маємо зазначити, що дерева каштану кінського (*Aesculus hippocastanum* L.) вже понад два десятиріччя в Україні потерпають від масового пошкодження каштановою мінуючою міллю (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic), що дало нам підстави запропонувати використовувати ліщину турецьку (*Corylus colurna* L.) для заміни каштана кінського і в солітерних, і в групових насадженнях, а також при озелененні доріг, вулиць і бульварів та при створенні паркових алей (Opalko et al., 2024).

Донедавна каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L., родини *Sapindaceae* Juss.) вважався однією з найкращих декоративних порід в Україні. Високодекоративні й гарно квітучі дерева кінського каштана навіть стали

символом Києва, а листок каштана — його логотипом (Shapoval et al., 2023). Однак оскільки хімічна обробка в населених пунктах заборонена, пошкодження листя кінського каштана мінуючою міллю щороку протягом червня-серпня спотворює ці красиві дерева (Peterken, 2023; Shavanova et al., 2012).

Поступово ознаки пошкодження мінуючою міллю починають також з'являтися на листі інших дерев, зокрема деяких видах клену, *Acer* L., родини *Sapindaceae* Juss., та платану, *Platanus* L., родини *Platanaceae* T.Lestib. (Freise et al. 2004, Heitland et al. 2005), тож толерантність рослин *C. colurna* (рис. 2), спонукає зробити вибір саме на ліщині турецькій (Opalko et al., 2024), що на відміну від рослин більшості кущових видів *Corylus* росте у формі великого дерева.

*Рисунок 2. Пошкоджене мінуючою міллю *Cameraria ohridella* листя *Aesculus hippocastanum* в середині літа (на передньому плані) на тлі зеленого листя *Corylus colurna* (м. Умань, провулок Максима Залізняка, за Opalko et al., 2024)*

*Figure 2. Leaves of *Aesculus hippocastanum* damaged by the leaf miner *Cameraria ohridella* in mid-summer (in the foreground) against the backdrop of green leaves of *Corylus colurna* (Uman City, Maksym Zaliznyak lane, according to Opalko et al., 2024)*



Міські зелені насадження, окрім *C. colurna*, можна доповнювати деревами *C. chinensis* Franch., з дуже ефектними весняними сережками й декоративним червоним листя та високою урбаностійкістю (Yang et al., 2024), та не менш декоративними — *C. fargesii* (Franch.) C.K.Schneid., котрі окрім красивої крони приваблюють ще й рисунком кори (Aiello & Dillard, 2007).

Ліщина турецька — *Corylus colurna*, відома в Україні ще під назвами ведмежий горіх і ліщина деревовидна, вивчається у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України вже понад пів сторіччя (Kosenko, 1991, 2005, 2015; Kosenko et al., 2008; Tarasenko et al., 2016). Результати багаторічних досліджень свідчать, що дерева ліщини турецької не лише непогано витримують стресові навантаження від природних і штучних джерел урбанізованого середовища, а й мають досить привабливий вигляд не лише влітку, а й протягом усього року (рис. 3).

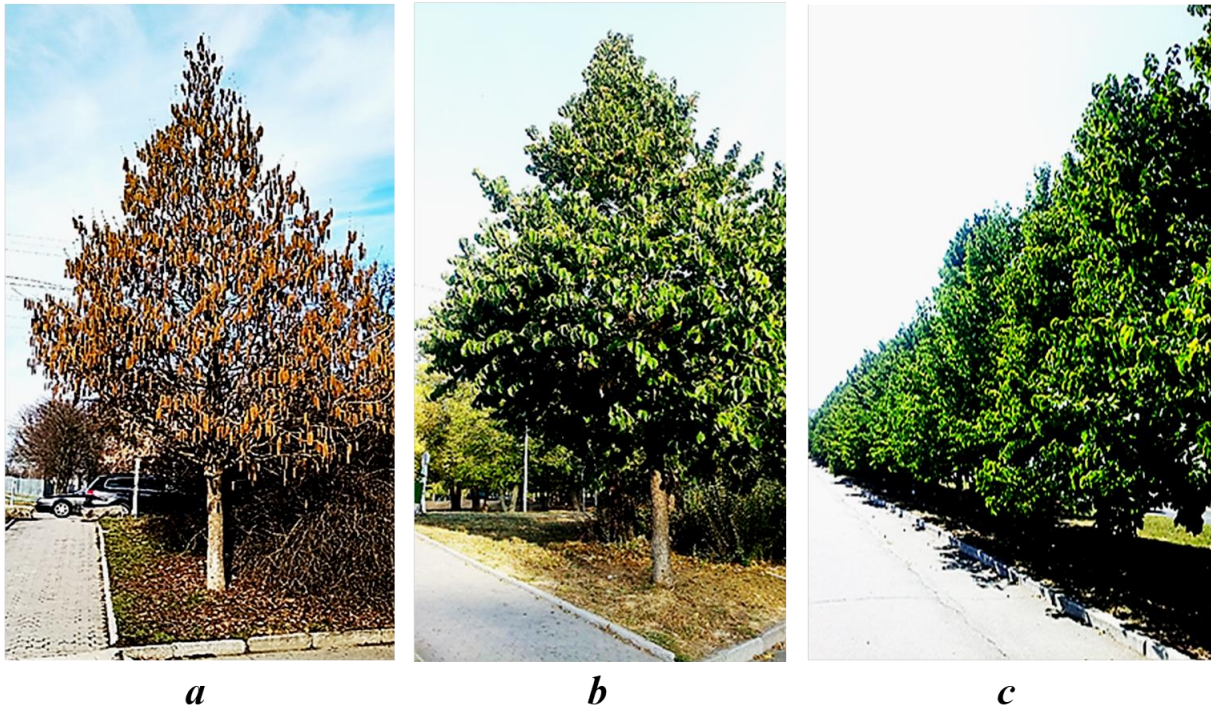


Рисунок 3. Древа *Corylus colurna*: **a** — під час березневого цвітіння; **b** — зеленисті рослини у жовтні; **c** — міська алея восени (м. Умань, вул. Київська, за Opalko et al., 2024)

Figure 3. *Corylus colurna* trees: **a** — during March flowering; **b** — green-leaved plants in October; **c** — city alley in autumn (Uman City, Kyivska Street, according to Opalko et al., 2024)

Використані 40–50 років тому для озеленення міських вулиць Умані високорослі дерева з сильним апікальним домінуванням: *A. platanoides*, *Ae. hippocastanum*, *T. cordata*, *U. pumila* та *U. laevis* тощо, досить часто висаджувалися у безпосередній близькості від ліній міських електромереж та стовпів вуличного освітлення. Вони швидко доростали до електропроводів, зумовлюючи проблеми їхнього захисту від контактів з гілками дерев.

Щоб запобігти пошкодженню електромереж, комунальні служби нині вдаються до радикальних способів обрізування таких дерев, зокрема широко застосовують топінг, за якого у дерев спилують усі скелетні гілки, залишаючи лише цілком позбавлений крони стовбур і видаляючи щороку всі пагони, що утворюються після такого обрізування або намагаючись підрізати лише ті, що дотикаються до проводів.

Таке невибіркове обрізування скелетних гілок дерев, а тим більше спилування верхньої частини стовбура (рис. 4) засуджується Міжнародною асоціацією арбористів (Paganová & Vyhňáliková, 2018). Українським законодавством також заборонено видалення всіх гілок крони (Osipov et al., 2020).



a



b



c

Рисунок 4. Радикально обрізані дерева на вулицях м. Умань:
a — Acer saccharinum L., вул. Шевченка, березень 2025 року;
b — Acer platanoides, вул. Шевченка, червень 2025 року;
c — Aesculus hippocastanum на вул. Тищика в середині літа 2024 року
 (фото Анатолія Опалка)

Figure 4. Radically pruned trees on the Uman City streets:
a — Acer saccharinum L., Shevchenko Street, March 2025;
b — Acer platanoides, Shevchenko Street, June 2025;
c — Aesculus hippocastanum, Tyschika Street in mid-summer 2024
 (photo by Anatoly Opalko)

Однак хибна практика знищення крони міських дерев поширюється все стрімкіше внаслідок низької кваліфікації працівників комунального служб. Тож топінг, хоча й дає змогу короткострокового вирішення проблеми захисту повітряних ліній електропередач, призводить до порушення природного росту дерев, послаблення їхньої життєздатності, та зниження ефективності надання

екосистемних послуг обрізаними в такий спосіб рослинами. Інфікування зрізів, ураження дерев патогенними грибами й мікроорганізмами, вигнивання внутрішньої частини стовбурів, а також загроза відламування обростаючих гілок для перехожих — це лише частина ймовірних небезпечних наслідків топінгу (Voiko & Voiko, 2024; Opalko et al., 2025; Osipov et al., 2020). Доведено, що радикальна, так звана *омолоджуюча* обрізка, спричинює зниження стійкості щодо різних біотичних та абіотичних стресорів. Натомість регулярна санітарна обрізка сприяє кращій життєздатності деревних рослин та виконанню ними своїх екологічних функцій у місті.

Один зі способів уникнення негативних наслідків топінгу, як для рослин, так і для мешканців міст — використання у міському озелененні видів і форм з обмеженим апікальним домінуванням. Спосіб позитивно зарекомендував себе і у вуличних насадженнях й в оформленні вхідних зон до різних установ і закладів. Зокрема йдеться про плакучу форму ліщини *Corylus avellana* ‘Pendula’ (рис. 5), а також декоративні форми *Morus alba* L. f. *pendula* Dipp. та *Robinia pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC.) Rehder (рис. 6) та інших декоративних дерев.



Рисунок 5. Понад 20-річне дерево плакучої форми ліщини *C. avellana* ‘Pendula’ (щепленої біля кореневої шийки на *C. colurna*), перед входом у “Софіївку” з вул. Київська, Умань (фото Ольги Опалко, 2025 рік)

Figure 5. A weeping hazel tree, *C. avellana* ‘Pendula’ (grafted near the root collar onto *C. colurna*), over 20 years old, in front of the entrance to "Sofiyivka" Park from Kyivska Street, Uman City (photo by Olga Opalko, 2025)

При цьому варто зазначити, що ліщина звичайна — *Corylus avellana*, вважається традиційним для України представником роду *Corylus* у нашій природній флорі (Kosenko et al., 2016), а шовковиця біла — *Morus alba*, на терени нинішньої України ймовірно потрапила з Китаю у часи Великої грецької колонізації у VIII–VI ст. до н. е. (Rudnyk-Ivashchenko & Sukhomlyn, 2017), хоча

є припущення, що вона росла тут значно раніше, ще за часів трипільської культури (Vitenko, 2011). Натомість робінія псевдоакація, відома широкому загалу під назвою біла акація — *R. pseudoacacia* — відносно нова для нас рослина.



a



b

Рисунок 6. Древа з обмеженим апікальним домінуванням у вуличних насадженнях м. Умань:

- a** — понад 60-річне дерево кулястої форми робінії псевдоакації *Robinia pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC.) Rehder. (щепленої на штабмі) на вул. Андрія Кизила;
b — понад 20-річне дерево плакучої форми шовковиці *Morus alba* L. f. *pendula* Dipp. на розі вул. Тищика й Київська
 (фото Анатолія Опалка, 2025 рік)

Figure 6. The trees with limited apical dominance in Uman City's street plantings:

- a** — over 60-year-old spherical tree *Robinia pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC.) Rehder. (grafted on a stem) on Andriy Kyzyl Street;
b — a weeping mulberry tree over 20 years old *Morus alba* L. f. *pendula* Dipp. on the corner of Tyshchika and Kyivska Streets
 (photo by Anatoly Opalko, 2025)

З території південно-атлантичних штатів США *R. pseudoacacia* була ввезена в Європу на початку 1700-х років, а свою родову назву — *Robinia* L., отримала від Карла Ліннея на вшанування її інтродукторів — Жана Робена і його сина Веспас'єна (Jean and Vespasien Robin), котрі завезли й культивували це дерево у Європі (Sitzia et al., 2016). Невдовзі цей вид натуралізувався й став інвазійним у багатьох європейських країнах (Vítková et al., 2017) й зокрема в

Україні. *R. pseudoacacia* швидко росте й формує щільну крону, виснажує ґрунти й пригнічує ріст і розвиток інших видів рослин. Унаслідок цього осередки з участю *R. pseudoacacia* характеризуються значно нижчим фітоценотичним різноманіттям (Onyshchuk et al., 2024).

Натомість виявлена у 1813 році в Австрії її садова форма з кулястою формою крони *R. pseudoacacia* 'Umbraculifera' росте повільніше, не утворює ні квіток, ні плодів, ані насіння, тож не засмічує прилеглі території. Її листя дрібніше й довше залишається зеленим, аніж у первинного виду, що посприяло використанню щепленої на штабмі кулястої *R. pseudoacacia* в озелененні. Однак такі дерева потребують регулярного догляду й можуть через 25–30 років втрачати декоративність, а гілки ставати схильними до обламування (Szabó et al., 2025). Окрім згаданих нині відомо багато інших видів деревних рослин, декоративні форми яких використовуються в сучасних містах, задля зменшення негативних наслідків урбанізації для містян.

Однією з ключових властивостей рослин, що сприяють підтриманню життєздатності міських зелених насаджень, має їхня здатність до регенерації. Це універсальна властивість усього живого, реалізація якої у вищих організмів зазвичай відбувається за рахунок недиференційованих клітин, тоді як у нижчих може проходити і з диференційованих, однак після їх дедиференціювання. Зазвичай під терміном **регенерація** розуміють відновлення цілісності травмованого організму, зокрема гоєння ран та відновлення втрачених органів (Polishchuk et al., 2022), утворення окремих тканин, органів або цілих організмів унаслідок морфогенезу в культурі ізолюваних тканин або клітин, а також відновлення втрачених або пошкоджених органів і тканин або цілого організму з його частини (Maienschein & MacCord, 2022). Інші автори (Carlson, 2007; Vorontsova & Liosner, 1968) додають до тлумачення терміну **регенерація** ще одне визначення — **форма безстатевого розмноження**, що загалом збігається з вище згаданим поняттям **відновлення ... цілого організму з його частини**, однак має більш конкретизоване прикладне значення.

Усі зазначені визначення охоплюють широкий спектр природних явищ з різними механізмами реалізації.

З прагматичних позицій головне значення посттравматичної регенерації полягає насамперед у відновленні багаторічних рослин після різноманітних природних і штучних пошкоджень, що неминуче виникають впродовж онтогенезу кожного живого організму. Щодо багаторічних рослин йдеться про травми під час формування крони і виконання господарчого обрізування та інших операцій догляду в садах, парках, скверах, рекреаційних зонах, бульварах тощо; відновлення після спричинених морозами, вітрами й буревіями травм (Liang et al., 2023; Li et al., 2023). Усвідомлюючи, що на відмову від технології топінгу та інших радикальних способів обмеження росту вуличних дерев у найближчому майбутньому очікувати не варто, важливість оцінювання регенераційної здатності рослин, що використовуються в садівництві, садово-

парковому господарстві та фітомеліорації неухильно зростає.

Для успішного виконання вегетативного розмноження деревних рослин, зокрема живцями й щепленням (Kosenko et al., 2008; Hartmann et al., 2014), а також при плануванні оптимальних параметрів рослин, що підбираються для впровадження в ландшафтний дизайн з елементами топіарного мистецтва (Mahesh et al., 2025), об'єктивне оцінювання їхніх регенераційних потенцій не менш важливе.

Відомі факти спонтанного зрощення окремої гілки чи навіть стовбура дерева з неживою матерією (металевою огорожею, прив'язаним дротом тощо). Помилки при проєктуванні та/або внаслідок стихійного озеленення прибудинкових територій без урахування особливостей росту і розвитку дерев призводять до небажаного обростання металевих конструкцій, наприклад садової лавки, тканинами стовбура (рис. 7).



Рисунок 7.

Обростання елементів
садової лавки тканинами
стовбура понад 60-річного
дерева *Sorbus aucuparia* L.
в Умані, у дворі
багатоповерхівки
на вул. Тищика, 15
(фото Анатолія Опалка, 2025 рік)

Figure 7.

Overgrowth of elements of
a garden bench by the bark of a
tree over 60 years old, *Sorbus*
aucuparia L.
in Uman-City, in the courtyard
of a high-rise building at
15 Tyshchika Street
(photo by Anatoly Opalko, 2025)

Однак, хоча при цьому при цьому справжнього зрощування не відбувається, а тканини дерева лише обволікають елемент неживої матерії, стрес від травми, спричиненої нездоланною перешкодою росту рослини індукує запуск регенераційних процесів, що починаються з утворення неорганізованого скупчення клітин, відомих як калюс (Ikeuchi et al. 2013), і в цих випадках. Вивчення механізмів формування калюсу саме по собі має величезну цінність у сфері дослідження регенерації та адаптації рослин, сприяє глибшому розумінню фундаментальної біології відновлення плюрипотентності й

осмисленню епігенетичних процесів, як *in vitro*, так і *in vivo*, що мають вирішальне значення для розробки оптимізованих стратегій соматичного розмноження рослин.

Теоретично всі методи соматичного розмноження забезпечують можливості успадкування не лише контрольованих генами ознак, а й епігенетичних, що проявилися в фенотипі, і які могли б не зберегтися за статевого розмноження (Lee et al., 2024). Є також повідомлення (Karazoglou et al., 2021) про епігенетичні зміни та транскрипційне перепрограмування при щепленні, що надзвичайно важливо для створення та добору покращених генотипів деревних рослин й передачі нових індукованих щепленням ознак наступним поколінням.

За будь-яких умов темпи посттравматичного гоєння визначаються камбіальною активністю. Диференціація камбіальної меристеми зумовлює розвиток вертикальної й радіальної транспортних систем стебел і коренів з найбільш ранніх етапів розвитку судин ксилеми, флоєми і променів (Barlow, 2005; Larson, 2012; Wilczek et al., 2011). Однак камбіальна активність, як і загальна спроможність щодо репарації й регенерації, від чого залежить і потенційна продуктивність, і екологічна адаптованість рослин, контролюються переважно генотипом (Chelli-Chaabouni, 2014), так само, як і механізми їхньої гормональної регуляції (Ursache et al., 2013). Тож висаджуючи рослини в садах і парках слід обов'язково враховувати видові, формові й сортові відмінності у їхній спроможності до репарації й регенерації, що впливає і на потенційну продуктивність, і на екологічну пристосованість, і на естетичну привабливість рослин (Muniandi et al., 2023; Shen et al., 2022). Саме тому здатність рослин до самовідновлення травмованих органів й пошук способів підвищення загальної регенераційної здатності привертає все більшу увагу всіх рослинників, а особливо садівників (Harmer & Morgan, 2007; Zhang H. et al., 2023; Zhang Y. et al., 2023).

Загальновідомо, що рослинні клітини тотипотентні, тобто за певних умов спроможні повністю реалізувати свою генетичну програму і дати початок новій рослині, практично як зигота. Тому після поранення стебла, кореня, листка чи будь-якої іншої частини рослини або введення відокремленої її часточки (експланта) на живильне середовище *in vitro*, унаслідок проліферації у місці поранення формується недиференційована маса клітин — калюс, з якого можуть регенеруватися нові пагони або коріння; тобто на шляху до регенерації нової рослини клітини дедиференціюються (Kunakh, 2005; Krishnamurthy et al., 2015; Raven et al., 2013; Sugimoto et al., 2011).

Однак, на відміну від цього відомого способу регенерації рослин з'являються повідомлення про можливість прямого регенерування пошкоджених тканин без дедиференціації їхніх клітин (Sena et al., 2009). Тобто калюс є організованою і диференційованою тканиною, що не генерується з усіх рослинних клітин, а переважно від спеціалізованої популяції первинних стовбурових клітин з плюрипотентними потенціями (Atta et al., 2009; Sugimoto

et al., 2010).

Всі живі організми закономірно переходять з ювенільної фази розвитку у дорослу й старіють. Щодо багаторічних деревних рослин це стосується і окремого сіянцю, й цілого клону. Вважається, що довгоживучі клони винограду й плодових дерев здебільшого зберігають свою спадковість, однак їхні теперішні властивості не завжди збігаються з описами давніших помологів. Ряд характерних фізіологічних, анатомічних і навіть морфологічних ознак і властивостей ранніх періодів життя рослини можуть ставати менш вираженими, натомість з'являються інші. Окрім багатьох відмінностей молодих сіянців від дорослих дерев у розмірах, формі листків і зазубреності країв листових пластинок, наявності колючок у молодих і відсутності їх у дорослих дерев, змін морфології й кутів відходження бічних пагонів від стовбура тощо, молоді сіянці мають здебільшого кращі регенераційно-морфогенні потенції, аніж дорослі, а тим більше старі дерева (Day et al., 2002). Завершення ювенільної фази онтогенезу зазвичай пов'язують з формуванням квіткових бруньок, однак при цьому нижня частина крони молодого дерева може залишатись у ювенільній фазі, коли у верхній її частині вже формуються квітки і сіянець вступає у дорослу фазу плодоношення.

Різницю в здатності до морфогенної регенерації між ювенільними і дорослими рослинами пояснюють анатомо-фізіологічними особливостями маточних рослин, а також пов'язують з біохімічними чинниками ендогенної природи. З віком зменшується інтенсивність обміну речовин, активність ферментативного апарату, водопоглинальної здатності тощо, що в сумі ініціює зміни фізіологічного стану дерев і зменшує їхню регенеративну спроможність (Heide, 2019; Zhang et al., 2020). У процесі адаптування до середовищних стресів зрілі диференційовані клітини спеціалізованих тканин можуть набувати різною мірою стовбуровості, ставати дедиференційованими, а значить частково повертатися до ювенільного стану (Kanne et al., 2022). На плин і результативність такого клітинного перепрограмування, що сприяє клітинам набувати плюрипотентності, суттєво впливає аутофагія, як клітинний катаболічний процес, що бере участь у переробці внутрішньоклітинних компонентів (Petersen et al., 2024).

До різких змін умов росту й розвитку соматичні клітини можуть адаптуватися завдяки тимчасовому перепрограмуванню внаслідок індукування аутофагії. Аутофагія необхідна для своєчасного розпаду попередніх клітинних станів і для налаштування протеома для адаптації до нових умов. Показано, що у рослин є прямий зв'язок між аутофагією й отриманням рани. У модельних дослідях з *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. з'ясувалося, що аутофагія активується протягом 30 хвилин після обробки молодих рослин імітаторами поранення, зокрема пептидом сигналу пошкодження PER1 і може функціонувати як внутрішній компонент у тимчасовому перепрограмуванні соматичних клітин (Rodriguez et al., 2020).

На противагу згаданим й іншим негативам прогресуючої урбанізації, належний менеджмент, особливо контроль за наслідками топінгу, грамотний підбір сортименту деревних порід з врахуванням їхньої естетичної цінності й адаптивного потенціалу, забезпечення відповідного догляду за насадженнями, можуть зробити міста більш сприятливим середовищем для росту і розвитку дерев. Для досягнення бажаної мети слід продовжувати інтенсивні дослідження щодо можливості вдосконалення системи міських зелених насаджень і покращення функцій дерев в умовах урбанізації, що стане можливим через розробку та дотримання практичних рекомендацій для містобудівників і садових дизайнерів.

Висновки/Conclusions. З вищезазначених позицій та зважаючи не те, що цитовані нові результати необов'язково заперечують можливість регенерації рослин з диференційованих клітин після їхньої дедиференціації з наступним морфогенезом, а також те, що клітини калюсу не завжди диференційовані, актуальність проблеми подальшого вивчення особливостей регенерації у вищих деревних рослин набуває особливої значущості. Нині відбувається зміна акцентів у підходах до розуміння стресостійкості, а отже механізми їхньої синергії повинні бути перевірені на багаторічних рослинах. Майбутня робота має бути більш акцентованою на дослідженнях деревних рослин в умовах міських екосистем.

Подяки/Acknowledgement. Дослідження, результати яких частково викладені у статті, виконувалися у рамках наукової тематики «Теоретичні й прикладні основи збереження та розширення ресурсного потенціалу декоративних і плодових рослин, актуальних для використання в селітебних зонах України» (№ 110/15/24-26/П від 03.05.2023 р.). Автори також висловлюють подяки всім колегам-учасникам наукового семінару «Автохтонні й інтродуковані рослини», котрі внаслідок обговорення матеріалів статті посприяли її підготовленню до друку.

Список посилань/References

Álvarez-Cansino, L., Barradas, M. C. D., Zunzunegui, M., Esquivias, M. P., & Dawson, T. E. (2012). Gender-specific variation in physiology in the dioecious shrub *Corema album* throughout its distributional range. *Functional Plant Biology*. Vol. 39. No 12. P. 968–978. <https://doi.org/10.1071/FP12131>.

Anderson, E. (2005). *Plants, man and life*. Mineola, New York: Doer Publications. 251 p.

Atta, R., Laurens, L., Boucheron-Dubuisson, E., Guivarc'h, A., Carnero, E., Giraudat-Pautot, V., ... & Chriqui, D. (2009). Pluripotency of Arabidopsis xylem pericycle underlies shoot regeneration from root and hypocotyl explants grown *in vitro*. *The Plant Journal*. Vol. 57. No 4. P. 626–644. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2008.03715.x>.

Baeyer, E. (2019). *Down the Garden Path: A Guide to Researching the History of a Garden or Landscape*. Los Gatos: Smashwords Edition. 142 p.

Bakewell-Stone, P. (2023). *Populus nigra* (black poplar). *CABI Compendium*. 43535. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.43535>.

Barbier, F. F., Dun, E. A., & Beveridge, C. A. (2017). Apical dominance. *Current Biology*. Vol. 27. No 17. P. R864–R865.

Barbiero, G., & Berto, R. (2021). Biophilia as evolutionary adaptation: An onto- and phylogenetic framework for biophilic design. *Frontiers in Psychology*. Vol. 12. Art. 700709. P. 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.700709>.

Barlow, P. W. (2005). From cambium to early cell differentiation within the secondary vascular system. *Vascular Transport in Plants*. [Eds.: N. Michele Holbrook and Maciej A. Zwieniecki]. Burlington; San Diego; London: Academic Press. Part IV, Development, structure, and function. Ch. 14. P. 279–306. <https://doi.org/10.1016/B978-012088457-5/50016-2>.

Basheer-Salimia, R. (2007). Juvenility, maturity, and rejuvenation in woody plants. *Hebron University Research Journal*. Vol. 3. No 1. P. 17–43.

Beatley T. Green urbanism learning from European cities. Washington; Covelo: Island press, 2012. 512 p.

Boiko, T. O., & Boiko, P. M. (2024). Analysis of the influence of the use of deep pruning techniques on the condition of woody plants in the city of Kherson. *Taurida Scientific Herald*. No 136. Part. 1. P. 273–279. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.33>. (in Ukrainian).

Bürli, S., Pannell, J. R., & Tonnabel, J. (2022). Environmental variation in sex ratios and sexual dimorphism in three wind-pollinated dioecious plant species. *Oikos*. Vol. 6. Art. e08651. P. 1–13. <https://doi.org/10.1111/oik.08651>.

Carlson, B. M. 2007. An Introduction to Regeneration. *Principles of regenerative biology*. Amsterdam et al.: Academic Press, Ch. 1. P. 1–29.

Cedergreen, N. (2014). Quantifying synergy: a systematic review of mixture toxicity studies within environmental toxicology. *PloS one*. Vol. 9. № . 5. P. e96580. <http://doi:10.1371/journal.pone.0096580>.

Chelli-Chaabouni, A. (2014). Mechanisms and adaptation of plants to environmental stress: a case of woody species. *Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants Under Changing Environment* [Eds.: Parvaiz Ahmad & Mohd Rafiq Wani]. New York: Springer. Vol. 1. Ch. 1. P. 1–24. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8591-9_1.

Chen, F., Gong, Y., Liu, S., Wang, Y., Luo, L., Zhu, G., & Zhao, H. (2023). More effective protection supports male better than female siblings over water deficit in artificially bred poplar hybrids. *Forests*. Vol. 14. No 5. Art. 995. P. 1–17. <https://doi.org/10.3390/f14050995>.

Comin, S., Fini, A., Napoli, M., Frangi, P., Vigevani, I., Corsini, D., & Ferrini, F. (2025). Effects of severe pruning on the microclimate amelioration capacity and on the physiology of two urban tree species. *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 103. Art. 128583. P. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128583>.

Correia, O., & Diaz Barradas, M. C. (2000). Ecophysiological differences

between male and female plants of *Pistacia lentiscus* L. *Plant Ecology*. Vol. 149. P. 131–142. <https://doi.org/10.1023/A:1026588326204>.

Cremaldi, J. C., & Bhushan, B. (2018). Bioinspired self-healing materials: lessons from nature. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. Vol. 9. No 1. P. 907–935. <https://doi.org/10.3762/bjnano.9.85>.

Cusack, C. M. (2011). Methodology: the meanings of sacred trees. *The Sacred Tree: Ancient and Medieval Manifestations*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing. Ch. 1. P. 1–25.

Day, M. E., Greenwood, M. S., & Diaz-Sala, C. (2002). Age-and size-related trends in woody plant shoot development: regulatory pathways and evidence for genetic control. *Tree physiology*. Vol. 22. No 8. P. 507–513. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.8.507>.

Derevianko, N., & Khoroshkov, L. (2020). Project proposals for garden therapy location on the basis of Khortytsia National Academy. *Path of Science: International Electronic Scientific Journal*. Vol. 6. No 9. Section "Biology and environmental sciences". P. 4001–4005. <http://dx.doi.org/10.22178/pos.62-5>. (in Ukrainian).

Flood, G. (1999). *Beyond Phenomenology: Rethinking the Study of Religion*. New York: Cassell, 320 p.

Flood, G. (2012). Religion and religions. *The Importance of Religion: Meaning and Action in Our Strange World*. Oxford: John Wiley & Sons, Inc. P. 12–14.

Harmer, R., & Morgan, G. (2007). Development of *Quercus robur* advance regeneration following canopy reduction in an oak woodland. *Forestry*. Vol. 80. No 2. P. 137–149. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm006>.

Harshberger, J. W. (1896). The purposes of ethno-botany. *Botanical gazette*. Vol. 21. No. 3. P. 146–154. <https://doi.org/10.1086/327316>.

Hartmann, H. T., Kester, Dale E., Davies Jr., F. T., & Geneve, R. L. (2014). *Plant Propagation: Principles and Practices* (Eighth Ed.). Harlow: Pearson Education Limited. 922 p.

Hedges, P. (2024). Multi-Devotionalism and Mono-Devotionalism: Beyond the Problems of Polytheism and Monotheism. *Journal of the American Academy of Religion*. Vol. 92. No. 2. P. 221–236. <https://doi.org/10.1093/jaarel/lfae078>.

Heide, O. M. (2019). Juvenility, maturation and rejuvenation in plants: Adventitious bud formation as a novel rejuvenation process. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. Vol. 94. No 1. P. 2–11. <https://doi.org/10.1080/14620316.2018.1482795>.

Ikeuchi, M., Sugimoto, K., & Iwase, A. (2013). Plant callus: mechanisms of induction and repression. *The plant cell*. Vol. 25. No 9. P. 3159–3173. <https://doi.org/10.1105/tpc.113.116053>.

Imarhiagbe, O., & Ogwu, M. C. (2022). Sacred groves in the Global South: A panacea for sustainable biodiversity conservation. *Biodiversity in Africa: Potentials, Threats and Conservation* [Ed.: Sylvester Chibueze Izah]. Springer, Singapore. Series: Sustainable Development and Biodiversity. Vol 29. P. 525–546. https://doi.org/10.1007/978-981-19-3326-4_20.

Ingels, J. E. (2010). *Ornamental Horticulture: Science, Operations, and Management*. Delmar: Cengage Learning. 712 p.

Ishchuk, L., Hrabovyj, V., & Ishchuk, H. (2024). Prerequisites and Prospects for the Creation of a Therapeutic Garden at the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 20. P. 33–50. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.20.2024.318652>. (in Ukrainian).

Janick, J. (2007). The origins of horticultural technology and science. *Acta Horticulturae*. Vol. 759. P. 41–60. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.759.3>.

Janick, J. (2014). Horticulture and art. *Horticulture: Plants for People and Places* [Eds.: Geoffrey R. Dixon & David E. Aldous]. Trilogy. Heidelberg: Springer Science and Business Media. Vol. 3: Social Horticulture. Ch. 36. P. 1197–1223. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8560-0_10.

Juvany, M., & Munné-Bosch, S. (2015). Sex-related differences in stress tolerance in dioecious plants: a critical appraisal in a physiological context. *Journal of experimental botany*. Vol. 66. No 20. P. 6083–6092. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv343>.

Juvany, M., Müller, M., Pintó-Marijuan, M., & Munné-Bosch, S. (2014). Sex-related differences in lipid peroxidation and photoprotection in *Pistacia lentiscus*. *Journal of experimental botany*. Vol. 65. No 4. P. 1039–1049. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert446>.

Kanne, J. V., Ishikawa, M., Bressendorff, S., Ansbøl, J., Hasebe, M., Rodriguez, E., & Petersen, M. (2022). Overexpression of ATG8/LC3 enhances wound-induced somatic reprogramming in *Physcomitrium patens*. *Autophagy*. Vol. 18. No 6. P. 1463–1466. <https://doi.org/10.1080/15548627.2021.1975913>.

Kapazoglou, A., Tani, E., Avramidou, E. V., Abraham, E. M., Gerakari, M., Megariti, S., ... & Doulis, A. G. (2021). Epigenetic changes and transcriptional reprogramming upon woody plant grafting for crop sustainability in a changing environment. *Frontiers in plant science*. Vol. 11. Art. 613004. P. 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.613004>.

Karl, M., Guenther, A., Köble, R., Leip, A., & Seufert, G. (2009). A new European plantspecific emission inventory of biogenic volatile organic compounds for use in atmospheric transport models. *Biogeosciences*. No 6. P. 1059–1087. <https://doi.org/10.5194/bg-6-1059-2009>.

Karlic, J. F., & Pittenger, R. D. (2012). Urban trees and ozone formation: a consideration for large scale plantings. University of California Agricultural and Natural Resources. No 3. P. 1–9. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8484>.

Kisvarga, S., Horotán, K., Wani, M. A., & Orlóci, L. (2023). Plant responses to global climate change and urbanization: Implications for sustainable urban landscapes. *Horticulturae*. Vol. 9. No 9. 1051. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091051>.

Klymenko, A. (2020). Analysis of plantings and landscaping state of Popudrenko Park in Kyiv. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 16. P. 74–

86. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.16.2020.219817>. (in Ukrainian).

Korányi, D., & Markó, V. (2022). Host plant identity and condition shape phytophagous insect communities on urban maple (*Acer* spp.) trees. *Arthropod-Plant Interactions*. Vol. 16. P. 129–143. <https://doi.org/10.1007/s11829-022-09887-z>.

Kosenko, I. (2005). Collection funds of the genus *Corylus* L. in the Sofiyivka National Dendrological Park as a valuable base for filbert breeding. *Acta Horticulturae*. Vol. 686. P. 587–602. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.686.79>.

Kosenko, I. S. (1991). *Corylus colurna* v Ukraini. Kyiv: Naukova dumka. 106 s. (in Ukrainian).

Kosenko, I. S. (2015). Genetic resources of the genus *Corylus* L. in the National Dendrological Park “Sofiyivka” of NAS of Ukraine. *Ecological Consequences of Increasing Crop Productivity: Plant Breeding and Biotic Diversity* [Eds. Anatoly I. Opalko, Larissa I. Weisfeld, Sarra A. Bekuzarova et al.]. Toronto; New Jersey: Apple Academic Press. Ch. 16. P. 155–166.

Kosenko, I. S., Opalko, A. I., Balabak O. A., & Shulga S. M. (2016). *Corylus* spp. genetic resources use in hazelnuts *Corylus domestica* Kos. et Opal. improvement. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 12. P. 120–136. <https://doi.org/10.37555/.12.2016.173390>. (in Ukrainian).

Kosenko, I. S., Opalko, O. A., & Opalko, A. I. (2008). Posttraumatic regeneration processes at plants. *Avtokhtonni ta introdukovani roslyny*. Vol. 3–4. P. 10–15. (in Ukrainian).

Kosenko, I. S., Opalko, O. A., Zagoruiko, L. O., & Opalko, A. I. (2020a). Dendrological park “Sofiyivka”: Its history and botanic collection. *The International Journal of Plant Reproductive Biology*. Vol. 12. No 1. P. 25–33. <https://doi.org/10.14787/ijprb.202012.1>.

Kosenko, I. S., Hrabovyi, V. M., Opalko, O. A., Muzyka, H. I. & Opalko, A. I. (2020b). Current trends in Green Urbanism and peculiarities of multifunctional complexes, hotels and offices greening. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 226–236. https://doi.org/10.15421/2020_36.

Krishnamurthy, K. V., Bahadur, B., John Adams, S., & Venkatasubramanian, P. (2015). Development and organization of cell types and tissues. *Plant Biology and Biotechnology* [Eds: B. Bahadur et al.]. Vol. I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement. New Delhi: Springer. P. 73–111. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2286-6_3.

Kunakh, V. A. (2005). Biotechnology of medicinal plants. Genetic, physiological and biochemical bases. Kyiv: Logos. 730 p. (in Ukrainian).

Larson, P. R. (2012). Defining the cambium. *The vascular cambium: development and structure*. Berlin et al.: Springer Science & Business Media. Ch. 4. P. 33–98.

Lee, S., Park, Y. S., Rhee, J. H., Chu, H., Frost, J. M., & Choi, Y. (2024). Insights into plant regeneration: Cellular pathways and DNA methylation

dynamics. *Plant Cell Reports*. Vol. 43. No 5. Art. 120. P.1–15.
<https://doi.org/10.1007/s00299-024-03216-9>.

Letts, M. G., Phelan, C. A., Johnson, D. R., & Rood, S. B. (2008). Seasonal photosynthetic gas exchange and leaf reflectance characteristics of male and female cottonwoods in a riparian woodland. *Tree Physiology*. Vol. 28. No 7. P. 1037–1048.
<https://doi.org/10.1093/treephys/28.7.1037>.

Li, H., & Zhang, G. (2024). How can plant-enriched natural environments benefit human health: A narrative review of relevant theories. *International Journal of Environmental Health Research*. Vol. 34. No 3. P. 1241–1254.
<http://dx.doi.org/10.1080/09603123.2023.2170990>.

Li, S., Lu, S., Wang, J., Chen, Z., Zhang, Y., Duan, J., ... & Guo, J. (2023). Responses of physiological, morphological and anatomical traits to abiotic stress in woody plants. *Forests*. Vol. 14. No 9. Art. 1784. P. 1–26.
<https://doi.org/10.3390/f14091784>.

Liang, Y., Heyman, J., Lu, R., & De Veylder, L. (2023). Evolution of wound-activated regeneration pathways in the plant kingdom. *European journal of cell biology*. Vol. 102. No 2. Art. 151291. P. 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2023.151291>.

Liao, D., Lei, J., Wang, Y., Bao, Y., Zhang, X., & Wang, J. (2025). Sex-specific responses of sexual reproduction, clonal reproduction, and vegetative growth to environmental (biotic and abiotic) factors in the clonal dioecious plant *Acer barbinerve*. *Plants*. Vol. 14. No 4. Art. 596. P. 1–14.
<https://doi.org/10.3390/plants14040596>.

Liu, G., Wang, Y., Lian, B., Ma, Z., Xiang, X., Wu, J., ... & Zhang, J. (2023). Molecular responses to salinity stress in *Salix matsudana* (Koidz) females and males. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 14. Art. 1122197. P. 1–9.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1122197>.

Lüttge, U., & Buckeridge, M. (2023). Trees: structure and function and the challenges of urbanization. *Trees*. Vol. 37. No 1. P. 9–16.
<https://doi.org/10.1007/s00468-020-01964-1>.

Mahesh, M. P., Masoodi, N. H., Altaf, Q., Poojitha, M. D., & Nagaraju, M. V. (2025). *Landscape Gardening and Ornamental Horticulture*. Chyren Publication. 227 p.

Maienschein, J., & MacCord, K. (2022). Mechanisms of regeneration. *What is regeneration?* Chicago & London: University of Chicago Press. Ch. 3. P. 55–99.

Meshkova, V., Pyvovar, T., & Kuznetsova, O. (2023). The age structure of *Ulmus* L. stands in the eastern regions of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. No 25. P. 29–38.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15421/412302>. (in Ukrainian).

Muniandi, S. K., Muhammad, N., Md Ariff, F. F., & Taheri, Y. (2023). Coppicing abilities of decapitated elite tree trunks of selected *Acacia* species genotypes in mixed-species plantation. *Forests*. Vol. 15. No 1. Art. 9. P. 1–11.
<https://doi.org/10.3390/f15010009>.

Nakagawa, M., Isogimi, T., Inanaga, M., Abe, K., Okada, T., Yoichi, W., ... & Matsushita, M. (2015). Inter-specific and sexual differences in architectural traits of two dioecious *Lindera* species (*Lauraceae*). *Plant Ecology*. Vol. 216. P. 99–109. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0419-7>.

Nargis, K., & Singh, H. (2024). Tree species suitability for adapting to urban air pollution and climate change. *Urban Forests, Climate Change and Environmental Pollution*. [Ed.: Hukum Singh]. Cham: Springer. Ch. 6. P. 121–142. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67837-0_6.

Nithya, N., Amrutha, E. A., & Girija, T. (2021). Plant architecture: evolution diversity, regulation and scope. *Plant Growth Responses for Smart Agriculture*. London: CRC Press Ch. 6. P. 57–76. <https://doi.org/10.1201/9781003245742-6>.

Onyshchuk, I. P., Vasylenko, O. M., & Leshchenko, N. O. (2024). Vplyv Robinia pseudoacacia na roslynne riznomanittia v ekosystemakh Ukrain'skoho Polissia. Turyzm. Heohrafiia. Ekolohiia: innovatsii, osvita, biznes: mater. I Mizhnar. nauk.-prakt. onlayn-konf. (m. Zhytomyr, 23–24 travnia 2024 r.). Zhytomyr: ZhDU im. Ivana Franka. S. 94–95. (in Ukrainian).

Opalko, A. I., & Opalko, O. A. (2019). Biodiversity as the fundamental of plant population viability. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 15. P. 77–98. <https://doi.org/10.37555/.15.2019.184904>. (in Ukrainian).

Opalko, A. I., & Opalko, O. A. (2021). Evolution of ethnobotany in Ukraine: suggestions for future inquiry. *Ethnobotanical Traditions in Agronomy, Pharmacy and Garden Design: Proceedings of the Third International Scientific Conference, dedicated to the 30th Anniversary of Independence of Ukraine* (Uman, July 5–7, 2021) [Editorial board.: I. Kosenko (Editor-in-Chief) and others]. Uman: Publisher “Sochinskiy M. M.”. P. 163–182. (in Ukrainian).

Opalko, A. I., Kucher, N. M., & Opalko, O. A. (2014). Regeneration potential of pear cultivars and species (*Pyrus* L.) from the collection of the National dendrological park “Sofiyivka”, in Ukraine. *Journal of Information, Intelligence and Knowledge*, (JIIK). Vol. 6. No 3. P. 231–241.

Opalko, A. I., Kucher, N. M., & Opalko, O. A. (2015). Method for evaluation of regeneration potential of pear cultivars and species (*Pyrus* L.). *Ecological Consequences of Increasing Crop Productivity: Plant Breeding and Biotic Diversity* [Eds. Anatoly I. Opalko et al.]. Toronto; New Jersey: Apple Academic Press. Ch. 15. P. 141–154.

Opalko, O., Grabovy V., & Opalko A. (2025). Evaluation of the topping practice on the urban trees adaptability. *Science, Technology and Innovative Technologies in the era of the Revival of the new epoch of the powerful state*. Abstracts of papers of the International Scientific Conference, dedicated to the widely celebrated Science Day (Ashgabat, June 12–13, 2025). Aşgabat: Ylym. Vol. 1. P. 368–370.

Opalko, O., Hrabovyi, V., & Opalko A. (2024). Motivation for horse chestnut replacement by Turkish hazel. *Genetics, Physiology and Plant Breeding*. (8-th Edition): Materials Proceedings International Scientific Conference (Chisinau, October 7–8, 2024). Chişinău: S. n. P. 391–397.

<https://doi.org/10.53040/gppb8.2024.68>.

Osipov, M. Y., Velychko, Y. A., Maslovata, S. A., & Palivoda, N. L. (2020). Topping as a phenomenon in Ukrainian realities: obvious mistakes in its implementation and their harmful consequences for green plantings. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 30. No 5. P. 9–14. <https://doi.org/10.36930/40300501>. (in Ukrainian).

Oyelami, S. M., Idowu, T. M., & Akinremi, M. (2025). Analysing the Environmental Consequences of Urbanization on Climate Change in Kaduna State, Nigeria. *Journal of Spatial Information Sciences*. Vol. 2. No 2. P. 103–118. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15670828>.

Padhy, S., Dash, S. K., & Mohapatra, R. (2015). Ethno-biology: The science of a common man to explore the traditional ecology, biodiversity and philosophy of conservation: A review. *Journal of Biodiversity*. Vol. 6. No ½. P. 9–21.

Paganová, V., & Vyhnáliková, M. (2018). Pruning urban trees-type and quality according to Arborist Union Standards. *Plants in Urban areas and landscape*. P. 29–34. <https://doi.org/10.15414/PUAL/2018.29-34-36>.

Paura, R. (2020). Plant totemism. Toward a new maginary of the plants in the Anthropocene. *Im@go. A Journal of the Social Imaginary*. Vol. 15. P. 185–205. <https://doi.org/10.7413/22818138172>.

Peterken, G. (2023). *Trees and woodlands*. London & Dublin Bloomsbury Publishing Plc. 416 p.

Petersen, M., Ebstrup, E., & Rodriguez, E. (2024). Going through changes—the role of autophagy during reprogramming and differentiation. *Journal of Cell Science*. Vol. 137. No 4. Art. jcs261655. <https://doi.org/10.1242/jcs.261655>.

Peterson, B. J., & Moran, R. E. (2019). Plant growth and development. *Stress Physiology of Woody Plants*. Boca Raton: CRC Press. Ch. 2. P. 15–47. <https://doi.org/10.1201/9780429190476-2>.

Polishchuk, V. V., Opalko, A. I., Balabak, A. F., Opalko, O. A., Mykolayko, V. P., Kozachenko, I. V. (2022). *Bioekolohiia. Terminolohichnyy slovnyk-dovidnyk: Navchal'nyy posibnyk* [Za red. prof. V. V. Polishchuka]. Uman': UNUS. 472 s. (in Ukrainian).

Popper, K. (1962). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. London: Routledge, 410 p.

Potts, R., Dommain, R., Moerman, J. W., Behrensmeyer, A. K., Deino, A. L., Riedl, S., ... & Uno, K. (2020). Increased ecological resource variability during a critical transition in hominin evolution. *Science Advances*. Vol. 6. No. 43. P. eabc8975 (1–14). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc8975>.

Rabska, M., Pers-Kamczyc, E., Żytkowiak, R., Adamczyk, D., & Iszkuło, G. (2020). Sexual dimorphism in the chemical composition of male and female in the dioecious tree, *Juniperus communis* L., growing under different nutritional conditions. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 21. No 21. Art. 8094. P. 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijms21218094>.

Rakocevic, M., Medrado, M. J. S., Martim, S. F., & Assad, E. D. (2009). Sexual

dimorphism and seasonal changes of leaf gas exchange in the dioecious tree *Ilex paraguariensis* grown in two contrasted cultivation types. *Annals of Applied Biology*. Vol. 154. No 2. P. 291–301. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00298.x>.

Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2013). Recombinant DNA technology, plant biotechnology, and genomics. *Biology of Plants*. [Eighth edition]. NY: W.H. Freeman Publishers. Ch. 10. P. 192–208.

Rissanen, K., Vitali, V., Kneeshaw, D., & Paquette, A. (2025). Vessel anatomy of urban *Celtis occidentalis* trees varies to favour safety or efficiency depending on site conditions. *Trees*. Vol. 39. No 1. Art. 29. P. 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00468-025-02603-3>.

Rodriguez, E., Chevalier, J., Olsen, J., Ansbøl, J., Kapousidou, V., Zuo, Z., ... & Petersen, M. (2020). Autophagy mediates temporary reprogramming and dedifferentiation in plant somatic cells. *The European Molecular Biology Organization Journal*. Volo. 39. No 4. P. e103315 (1–19). <https://doi.org/10.15252/emboj.2019103315>.

Roös, P. B. (2021). Interconnections between people and their natural environments. *Regenerative-Adaptive Design for Sustainable Development: A Pattern Language Approach*. Cham: Springer Nature Switzerland. Ch. 6. P. 77–85. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53234-5_6.

Rozas, V., DeSoto, L., & Olano, J. M. (2009). Sex-specific, age-dependent sensitivity of tree-ring growth to climate in the dioecious tree *Juniperus thurifera*. *New phytologist*. Vol. 182. No 3. P. 687–697. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02770.x>.

Rudnyk-Ivashchenko, O. I., & Sukhomlyn, L. V. (2017). Mulberry (*Morus* L.): Its realities and future in Ukraine. *Horticulture*. No. 72. P. 45–50. (in Ukrainian).

Sena, G., Wang, X., Liu, H. Y., Hofhuis, H., & Birnbaum, K. D. (2009). Organ regeneration does not require a functional stem cell niche in plants. *Nature*. Vol. 457 (7233). P. 1150–1153. <https://doi.org/10.1038/nature07597>.

Shapoval, A., Maznichenko, O., & Osadcha, A. (2023). Kyiv's logo (chestnut) and its place in the design of the capital's products. *Theory and practice of design. Culture and Art*. 3–4(29–30). P. 216–223. <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.26>. (in Ukrainian).

Shavanova, K. E., Kyselov, D. O., & Checheneva, T. M. (2012). Origin and phylogenetic relationships of the genus *Aesculus* L. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 8. P. 45–52. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.8.2012.198049>. (in Ukrainian).

Shen, X., Handel, S. N., Kirkwood, N. G., Huang, Y., & Padua, M. G. (2022). Locating the responsive plants for landscape recovery: A toolkit for designers and planners. *Ecological Restoration*. Vol. 40. No 1. P. 33–35. <https://doi.org/10.3368/er.40.1.33>.

Simson, S., & Straus, M. (2024). *Horticulture as therapy: Principles and practice*. Binghamton, New York: CRC Press. 504 p.

Sitzia, T., Cierjacks, A., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Robinia*

pseudoacacia in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European atlas of forest tree species*. [Eds.: San-Miguel-Ayanz et al.]. Luxembourg: Publication Office of the European Union. P. 166–167.

Smith, M. L. (2020). *Cities: The first 6,000 years*. New York: Penguin Books. 304 p.

Soga, M., & Gaston, K. J. (2022). Towards a unified understanding of human–nature interactions. *Nature Sustainability*. Vol. 5. No 5. P. 374–383. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00818-z>.

Sugimoto, K., Gordon, S. P., & Meyerowitz, E. M. (2011). Regeneration in plants and animals: dedifferentiation, transdifferentiation, or just differentiation? *Trends in Cell Biology*. Vol. 21. No 4. P. 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2010.12.004>.

Sugimoto, K., Jiao, Y., & Meyerowitz, E. M. (2010). Arabidopsis regeneration from multiple tissues occurs via a root development pathway. *Developmental Cell*. Vol. 18. No 3. P. 463–471.

Sukopp, H. & Werner, P. (1983). Urban environments and vegetation. *Man's impact on vegetation* / [Eds.: W. Holzner, M.J.A. Werger & I. Ikusima]. Hague; Boston & London: Dr. W. Junk Publishers. Series: *Geobotany*. Vol. 5. P. 247–260.

Szabó, K., Tőke, E., & Gergely, A. (2025). Evaluating spherical trees in the urban environment in Budapest (Hungary). *Plants*. Vol. 14(2). Art. 228. P. 1–20. <https://doi.org/10.3390/plants14020228>.

Tarasenko, G. A., Kosenko, I. S., Boyko, O. A., & Opalko, A. I. (2016). The viral diseases of the *Corylus* spp. biotechnology of production of improvement plant material. *Temperate Crop Science and Breeding: Ecological and Genetic Studies* [Eds.: Sarra A. Bekuzarova, Nina A. Bome, Anatoly I. Opalko et al.]. Oakville; Waretown: Apple Academic Press. Part 2, Horticultural Crop Science. Ch. 10. P. 183–199.

Tenche-Constantinescu, A. M., Lalescu, D. V., Popescu, S., Sarac, I., Petolescu, C., Camen, D., ... & Onisan, E. (2024). *Juglans regia* as urban trees: genetic diversity and walnut kernel quality assessment. *Horticulturae*. Vol. 10. No 10. P. 1027. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101027>.

Thommen, L. (2012). *An environmental history of ancient Greece and Rome*. Cambridge; New York: Cambridge University Press. 186 p.

Ursache, R., Nieminen, K., & Helariutta, Y. (2013). Genetic and hormonal regulation of cambial development. *Physiologia Plantarum*. Vol. 147. No 1. P. 36–45. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01627.x>.

Vessella, F., Salis, A., Scirè, M., Piovesan, G., & Schirone, B. (2015). Natural regeneration and gender-specific spatial pattern of *Taxus baccata* in an old-growth population in Foresta Umbra (Italy). *Dendrobiology*. Vol. 73. P. 75–90. <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.073.008>.

Vitenko, V. A. (2011). The history of introduction to planting and utilization of *Morus alba* L. *Plant introduction*. No 1. P. 103–106. <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001035947> (in Ukrainian).

Vítková, M., Müllerová, J., Sádlo, J., Pergl, J., & Pyšek, P. (2017). Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest ecology and management*. Vol. 384. P. 287–302. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.057>.

Vorontsova, M. A., & Liosner, L. D. (1968). *Asexual Propagation and Regeneration*. London: Pergamon Press. XXIV+489 p.

Wilczek, A., Jura-Morawiec, J., Kojs, P., Iqbal, M., & Włoch, W. (2011). Correlation of intrusive growth of cambial initials to rearrangement of rays in the vascular cambium. *IAWA Journal*. Vol. 32. No 3. P. 313–331.

Xu, D., Hou, Z., Deng, N., Li, Y., Yang, L., Li, S., & Wang, X. (2022). Transcriptome analysis of *Morus alba* L. flower reveals important genes of floral sex differentiation. *Horticulturae*. Vol. 8. No7. Art. 625. P. 1–18. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070625>.

Yang, Z., Liang, L., Xiang, W., Wang, L., Ma, Q., & Wang, Z. (2024). Conservation genomics provides insights into genetic resilience and adaptation of the endangered Chinese hazelnut, *Corylus chinensis*. *Plant Diversity*, 46(3), 294–308. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2024.03.006>.

Yu, L., Huang, Z., Tang, S., Korpelainen, H., & Li, C. (2023). *Populus euphratica* males exhibit stronger drought and salt stress resistance than females. *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 205. Art. 105114. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105114>.

Zamorskyi, V. & Naychenko V. (2012). Features of anatomic structure of the grafted young apple trees as factor of forming potential efficiency. *Agrobiology*. 9(96). P. 90–96. (in Ukraine).

Zargar, S. M., & Zargar, M. Y. (eds.) (2018). *Abiotic Stress- Mediated Sensing and Signaling in Plants: An Omics Perspective*. Singapore: Springer. 350 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-7479-0>.

Zhang, H., Mu, Y., Zhang, H., & Yu, C. (2023). Maintenance of stem cell activity in plant development and stress responses. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 14. Art. 1302046. P. 01–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1302046>.

Zhang, Y, Wang X, Zhang J, He X. 2023. Plant *in situ* tissue regeneration: dynamics, mechanisms and implications for forestry research. *Forestry Research* 3:8 <https://doi.org/10.48130/FR-2023-0008>.

Zhang, Z., Sun, Y., & Li, Y. (2020). Plant rejuvenation: from phenotypes to mechanisms. *Plant Cell Reports*. Vol. 39. No 10. P. 1249–1262. <https://doi.org/10.1007/s00299-020-02577-1>.