

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту

« ____ » _____ 2024 року

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

СТІЙКІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ВИДІВ РОДУ *ACER* У
ПОКРАЩЕННІ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ УРБООКОСИСТЕМИ

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 м-ек

спеціальності 101 Екологія

Корнейчік Юрій Володимирович

Керівник: БАЛАБАК Алла, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Фітомеліоративна та середовищеперетворююча роль представників роду <i>Acer</i> в умовах техногенного навантаження	5
1.1. Біоекологічна характеристика кленів та їх роль в культурфітоценозах	5
1.2. Еколого-фізіологічні особливості адаптації зелених насаджень за дії стресових абіотичних факторів	8
1.3. Екологічна роль представників роду <i>Acer</i> у техногенних умовах міських агломерацій	13
РОЗДІЛ 2. Умови, об'єкт та методика досліджень	17
2.1. Природні умови регіону досліджень	17
2.2. Об'єкт досліджень	18
2.3. Схема досліджу	22
2.4. Методика досліджень	23
2.5. Охорона праці	26
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень	29
3.1. Життєвий стан видів роду <i>Acer</i> в урбоекосистемі міста Умань	29
3.2. Особливості водообмінних процесів видів роду <i>Acer</i> за дії екологічних факторів на територіях з різним рівнем забруднення	31
3.3. Використання представників роду <i>Acer</i> як тест-об'єктів для оцінювання ступеня забруднення навколишнього середовища	35
3.4. Дослідження пилезатримуючої здатності рослин видів роду <i>Acer</i> у міському середовищі	37
РОЗДІЛ 4. Еколого-економічна ефективність користі від представників роду <i>Acer</i>, що зростають на території міста Умань	41
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45
ДОДАТКИ	49

ВСТУП

Однією з найважливіших проблем екології дотепер залишається з'ясування механізмів стійкості й адаптації рослин за дії несприятливих факторів як природного, так й антропогенного генезису. У зв'язку із зростанням темпів урбанізації найгостріші проблеми довкілля і надалі будуть пов'язані з містами, зокрема з охороною і оптимізацією життєвого середовища в них [1, 5, 18]. Суттєву роль в цьому відіграють зелені насадження. Так, в екологічно небезпечних районах вони зменшують техногенне навантаження на ґрунт і атмосферу, виконують ґрунтозахисну і водорегулюючу функції, адсорбують та затримують пил та важкі метали, зменшують концентрацію, швидкість та радіус розповсюдження викидів підприємств [14, 17, 36]. Ефективність виконання захисної функції зеленими насадженнями обумовлюється їх життєвістю. Найбільшу стійкість до несприятливих факторів виявляють деревні породи, зокрема види роду *Acer* L.

Мета роботи – дослідити стійкість до умов техногенного середовища та урбоекологічну роль видів роду *Acer* в покращенні довкілля міста Умань.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Оцінити життєвий стан видів роду *Acer* в урбоекосистемі міста Умань;
2. Визначити адаптивний потенціал представників роду *Acer* до збільшення посушливості залежно від різних умов зростання у міському середовищі;
3. Провести аналіз використання представників роду *Acer* як тест-об'єктів для оцінювання ступеня забруднення навколишнього середовища;
4. Дослідити пилезатримуючу здатність рослин видів роду *Acer* у міському середовищі.

Наукове та практичне значення одержаних результатів. Проведено екологічну оцінку адаптації рослин кленів до умов техногенного середовища міста Умань, визначено особливості росту та розвитку залежно від умов існування. Оцінено стійкість рослин кленів до атмосферних забруднень.

Об'єкт дослідження - види роду *Acer* L. у місті Умань.

Предмет дослідження – екологічна оцінка адаптацій і стійкості кленів до умов техногенного середовища в умовах міста Умань.

Апробація результатів роботи проводилася на XIII Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференції «Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства» (Додаток А).

Структура та обсяг дипломної роботи. Загальний обсяг роботи становить 49 сторінок комп'ютерного тексту. Дипломна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків та 4 додатків. Список використаних джерел нараховує 38.

РОЗДІЛ 1

ФІТОМЕЛІОРАТИВНА ТА СЕРЕДОВИЩЕПЕРЕТВОРЮЮЧА РОЛЬ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *ACER* В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

1.1. Біоекологічна характеристика кленів та їх роль в культурфітоценозах

Серед листопадних деревних порід помірної зони клени являються одними з найбільш цінних у зеленому будівництві, лісовому господарстві, лісових насадженнях. В умовах міської забудови клени широко використовуються для створення паркових та лісопаркових фітоценозів і виступають часто основною формуючою деревною породою (*A. platanoides* L.). У групових та поодиноких посадках, в озелененні площ, проспектів, бульварів використовуються також *A. saccharinum* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. tataricum* L., *A. negundo* L. і їх різноманітні форми. Клени широко залучаються для озеленення як промислових, так і селітебних та рекреаційних зон завдяки своїм високим декоративним якостям із сезонним аспектом та наявності масивної крони, що здатна виконувати санітарно-гігієнічну роль, адсорбуючи поверхнею листків пил та аерогенні політанти. Видовий склад кленів у насадженнях різного функціонального призначення, а особливо на промислових територіях, на сьогодні дуже обмежений. Це види *A. tataricum* L., *A. campestre* L., *A. platanoides* L., які природно зростають у лісостеповій зоні, *A. pseudoplatanus* L., ареал якого знаходиться в західних областях України і на Поділлі, а також північноамериканські інтродуценти *A. saccharinum* L., *A. negundo* L., які стали майже обов'язковими компонентами культурних насаджень. Досвід культури роду *Acer* L. в Україні показав перспективність інтродукції та впровадження кленів в озеленення на основі вивчення екологічної амплітуди видів та їх адаптивних властивостей в природно-кліматичних умовах певного інтродукційного району [2, 13, 21].

Рід *Acer* L. налічує 157 видів, поширених переважно у помірних і субтропічних зонах Європи, Азії та Північної Америки, і тільки деякі види, які не представляють цінності для інтродукції в Україну, природно зростають у Північній Африці, Центральній Америці та тропічній зоні Азії.

Найбільша кількість видів *Acer* L. Зосереджена в Південно-Східній Азії, де знаходиться центр філогенетичного формування роду, зокрема в Китаї – 87 видів, в Японії – 31, на Корейському півострові – 17, в Гімалаях – 15 видів. Як зазначає М. А. Кохно [15, 16], аналіз ареалів видів *Acer* L. показує, що переважна кількість видів зосереджена в гірських областях північної півкулі, які є резерватами роду *Acer* L., де зберіглася більша частина видів багатой та різноманітної флори кленів кінця третинного періоду.

Сучасна система роду Клен включає 17 секцій, в яких виділяються більш дрібні таксономічні одиниці – ряди (від 1 до 5). Представники філогенетично старих секцій і рядів (секція *Platanoidea*, ряд *Picta*; секція *Lithocarpa*; секція *Microcarpa*, ряд *Sinensis*; секція *Trilobata*, ряд *Trifidia*; секція *Macrantha*, ряди *Parviflora*, *Crataegifolia*, *Micrantha*) відзначаються стійким, консервативним обміном речовин, що мало змінюється під впливом зовнішнього середовища, і тому мають невеликі перспективи інтродукційної адаптації. Більш перспективні в цьому аспекті представники філогенетично молодих секцій (*Saccharina*, *Trifoliata*, *Glabra*, *Cissifolia*, *Negundo*), які відзначаються більш лабільним обміном речовин в змінних умовах існування. Проте, як зазначає М. А. Кохно, відомі випадки успішної інтродукції філогенетично старих видів свідчать про тривалий автохтонний розвиток їх в процесі переходу до сучасної флори. Такі види володіють значним інтродукційним потенціалом, який має бути вивчений в ході дослідження стійкості цих видів в нових умовах зростання [14, 15].

Екологічні властивості видів кленів формувалися впродовж тривалого процесу філогенезу і обумовлені передусім ґрунтово-кліматичними умовами природного зростання. Відповідно до екологічних вимог, види кленів займають певні екологічні позиції в біогеоценозах в межах природного ареалу.

Більшість видів кленів у фітоценозах ростуть у другому ярусі. Як зазначають М. А. Кохно та Н. А. Аксьонова, завдяки цій особливості, яка склалася в процесі філогенезу, переважна більшість кленів є тіньовитривалими рослинами. Ця властивість кленів може бути використана при створенні штучних лісових фітоценозів, так як завдяки тіньовитривалості в молодому віці клени не є конкурентами головних порід [15, 16].

Невеликий рівень освітленості в природних умовах зростання обумовлює вибагливість кленів до родючості ґрунту, у зв'язку з чим, більшість кленів мега- та мезотрофи, які не витримують надлишку карбонатів і засоленості ґрунту і віддають перевагу середньосуглинковим за гранулометричним складом ґрунтам.

Окремі види характеризуються більшою світлолюбністю наряду з меншою вимогливістю до родючості ґрунту. Так, представники секції *Trilobata* і *Goniocarpa* зростають, відповідно, на бідних вологих ґрунтах та на сухих родючих ґрунтах і, таким чином, нестачу поживних речовин і води компенсують підсиленням фототрофним живленням на світлі.

По відношенню до вологи, більшість кленів – мезофіти, проте, винятком є середземноморські види (секція *Goniocarpa*) – ксеромезофіти, та деякі північноамериканські види (секції *Rubra*, *Saccharina*, *Gemmata*, *Lithocarpa*) – мезогігрофіти. За співвідношенням гігротопу і трофотопу ксеромезофіти і мезогігрофіти потребують більш поживних ґрунтів, у мезофітів більш широка амплітуда трофності ґрунту – від відносно бідних до багатих ґрунтів.

Екологічні властивості кленів щодо зволоження відбиваються на морфологічних ознаках, насамперед на величині листка. Рід *Acer* L. слугує класичним прикладом прямого зв'язку між цими ознаками: вологолюбні види мають найбільш велике листя, у посухостійких видів із секцій *Platanoidae* і *Trilobata* – невеликі і навіть дрібні листки.

Таким чином, різні за походженням та систематичним положенням види роду *Acer* L. характеризуються досить широким спектром екологічних умов до освітленості, зволоженості та родючості ґрунту. Зважаючи на це, окремі

представники роду є перспективними для створення штучних лісових та озеленувальних насаджень у степовій зоні.

1.2. Еколого-фізіологічні особливості адаптації зелених насаджень за дії стресових абіотичних факторів

На територіях з техногенним навантаженням у несприятливих кліматичних умовах особливо гостро постає задача створення зелених насаджень, вирішення якої повинно базуватися на вченні про єдність організмів і середовища їх зростання, лісорослинних умов і типів лісу та потребує комплексного екологічного підходу. Штучні зелені масиви зменшують техногенне навантаження на ґрунт і атмосферу, виконують ґрунтово-захисну і вологорегулюючу функції, що є особливо актуальним на урбанізованих і техногенно забруднених територіях [19, 20].

В таких фітоценозах, крім природно-кліматичних умов, на рослини впливають і фактори урбогенного характеру. Так, визначено, що урбанізація ландшафту і техногенний прес на навколишнє природне середовище зумовлюють істотні зміни властивостей місцевих екотопів, мікроклімату і умов існування рослин. Вологість ґрунту міських насаджень, за П. С. Гнатовим, в 2-3 рази менша за відповідні показники в лісі. Доведено, що на процес живлення рослин в урбанізованих екосистемах особливо істотно впливають порушені властивості ґрунтового вбирного комплексу, вологість, щільність та забрудненість ґрунту хімічними речовинами. Ксерофілізоване техногенне довкілля зумовлює формування водного дефіциту, пригнічує дихання, ріст клітин, гальмує фізіологічні процеси [23, 25].

Велика кількість полутантів зі стаціонарних та пересувних джерел потрапляє в атмосферне повітря і ґрунти і значними кількостями проникає у листки та корені рослин, чим істотно коригує кореневу асиміляцію основних необхідних макро- і мікроелементів та порушує кругообіг речовин [24].

Загалом, навколишнє середовище міста поєднує у собі велику кількість стрес-факторів для рослин, які пригнічують їх розвиток та життєдіяльність [30, 32].

Таким чином, екологічні властивості урбанізованого середовища є відмінними від природнього і здійснюють несприятливий вплив на рослини, поряд із стресовими природними екологічними факторами. Специфіка урбофітоценозів полягає в тому, що забруднення довкілля може посилювати негативний вплив будь-яких стресових природних чинників таких як морози, посуха, шкідники тощо [31].

Група хімічних стрес-факторів надзвичайно різноманітна і багата активними агентами у великих містах і промислових центрах. Домінуючими є газоподібні викиди теплоелектростанцій, транспорту та промисловості. У складі аерогенних викидів містяться такі хімічні сполуки як сірчистий газ, окисли азоту, чадний газ, фтор, хлор, аміак, сполуки важких металів, органічні сполуки, сажа, пил та інші. Усі хімічні речовини є особливо небезпечними через здатність до міграції з потоками повітря, утворюючи шкідливі конгломерації у вигляді димів, туману, пару, пилу, смогу тощо, що різняться між собою величиною часток, швидкістю осідання в повітрі та електромагнітним спектром [37].

Дими, тумани і пари мають властивість безпосереднього проникнення у продихи листків і впливу на метаболізм клітин, внаслідок чого хімічні агенти включаються у фізіологічні та біохімічні реакції, проявляючи токсичну дію. Найагресивнішими є газові стресори – саме фтор, хлор, окисли сірки та сполуки азоту [33, 34].

Пилові частки також здатні до проникнення через клітинну стінку і впливу на процеси життєдіяльності клітини, проте первинним стресом для контактуючої поверхні листка є механічне блокування продихів, яке погіршує транспірацію і газообмін. Осідання пилу на поверхні листків знижує ефективність використання світла, порушується водний режим. Крім того, розчинні сполуки в складі пилу часто проникають в клітини разом з вологою і викликають порушення, подібні до дії газів або солей [29, 35].

Найстійкішими і тривало діючими полютантами є важкі метали – складові викидів різного типу, але в більшості – пилу, що, як правило, включаються у малий біологічний цикл. Вони можуть негативно впливати на фотосинтез рослин і на всі інші метаболічні процеси. Окислювальний стрес, що виникає внаслідок впливу важких металів, вносить в метаболізм деструктивні зміни. Внаслідок метаболічних перебудов змінюється вміст вуглеводів у рослинах, акумуляція запасних асимілятів, зокрема у насінні деревних порід, показники білкового та водного обмінів, зміни активності ферментів [4, 20].

Оптимізація екологічного стану навколишнього середовища можлива у разі використання біогеохімічного бар'єра, яким виступає рослинний покрив і верхні горизонти ґрунту. Для оздоровлення навколишнього середовища необхідне створення стійких зелених насаджень, які б витримували сучасне техногенне навантаження [17, 20].

Аккліматизація і натуралізація є результатом низки складних адаптивних реакцій на фізіолого-біохімічному рівні, наслідком яких являються анатомоморфологічні перебудови, зміни якості пилку, схожості насіння, стійкості підросту тощо.

Адаптивні реакції являються первинною ланкою пристосувальної стратегії рослинного організму і є безпосередньою відповіддю на зовнішній вплив. Для прогнозування успішності інтродукції рослин важливо детально дослідити первинні адаптивні реакції на фізіолого-біохімічному рівні на різні види стресу, в тому числі й техногенного.

Ксерофітизація є одним із напрямів адаптації рослин до несприятливих умов зростання. А. Ф. Ліхановим встановлено, що в умовах техногенного навантаження у Донбасі поблизу шламонакопичувачів, породних відвалів і великих автомагістралей у видів *Acer negundo*, *Caragana arborescens*, *Fraxinus excelsior*, *F. viridis*, *Juglans regia*, *Robinia pseudoacacia* морфологічні аномалії листків і пагонів супроводжуються посиленням ксероморфних анатомічних ознак.

Промислові емісії деструктивно впливають і на формування морозостійкості рослин. За умов техногенного впливу пошкоджені клітини не реагують на зміну довжини дня, при цьому відбуваються зсуви фенофаз, зокрема стану глибокого спокою, затримується підготовка до зимового періоду, менш якісно проходить етап загартовування рослин. Рослини не встигають накопичити достатню кількість кріопротекторів, більшість з яких є продуктами фотосинтезу та інших метаболічних процесів, які також зазнають негативного впливу поллютантів. У зв'язку з цим в техногенних умовах у рослин зменшується стійкість до низьких зимових температур [18, 19, 21].

За умов довготривалого хронічного впливу ксенобіотиків їх пошкоджуюча дія проявляється у змінах фізіолого-біохімічних реакцій, що є первинними та найбільш чутливими до факторів навколишнього середовища. Зміни метаболізму на фізіологічному рівні є передумовою і морфоанатомічних змін, в першу чергу морфоструктурних ознак листків.

Стрес, або загальний адаптаційний синдром можна розглядати, як необхідну ланку неспецифічних реакцій рослинного організму, як складову етапу його адаптації до умов зростання та фактор збереження гомеостазу [14, 18].

До неспецифічних належать реакції, які виникають у відповідь на різноманітні подразнення та мають спільні ознаки. Компонентами неспецифічної відповіді на стрес є, зокрема, зміни у білоксинтезуючій системі, фітогормональному балансі, активності ферментів тощо [1, 5].

Неспецифічні реакції реалізують перехід біосистеми у стресовий стан, що забезпечує життєдіяльність системи на новому рівні і полягає у зміні метаболізму, за якого відбувається звуження метаболічної і функціональної активності біологічної системи. Відбувається гідроліз полімерів, нагромадження низькомолекулярних протекторів, синтез стресових білків, у тому числі фітогормонів, фітохелатинів, білків теплового шоку. До неспецифічних реакцій на стрес також відносять зміни активності антиоксидантної системи та осмотичної регуляції [18, 20].

Дія стресового фактору на рослинний організм має подвійний ефект: пошкоджуючий та подразнюючий. Пошкодження виявляються у порушенні цілісності мембранних структур, зміні їх властивостей, роз'єднанні процесів дихання й фосфорилування тощо, тоді як стресор-подразник викликає формування цілої ланки захисних реакцій, спрямованих на репарацію пошкодження [35, 37].

Аерополютанти спричиняють зміни морфоструктури вегетативних та генеративних органів рослин, і в першу чергу метаболічних процесів. У численних дослідженнях встановлено зниження річного приросту пагонів, кількості міжвузль, листків на гілці, ксерофітизацію листків і пагонів, дефоліацію, появу аномальних за формою листків, зменшення надземної частини рослин, карликовість. Усі зміни носять адаптивний характер і підвищують життєздатність рослин в умовах техногенного середовища. В ході досліджень тополь за дії викидів підприємств гірничорудної промисловості В. М. Гришко встановив достовірне пригнічення лінійного росту пагонів у 1,4-2,9 разів за рахунок зменшення кількості та розмірів міжвузль, зменшення кількості листків до 2-х разів. Потовщення захисного корку у сходів і підросту *Robinia pseudoacacia* L. до 12 % при дії SO₂ та NO₂ описано у дослідженнях Т. І. Юсипівой . Установлене О. В. Дубовою пригнічення росту та зменшення площі листових пластинок у порівнянні з контролем до 61 % у спіреї в умовах алюмінієвого забруднення значно знижує продуктивність внаслідок зменшення 30 асиміляційної поверхні. Враховуючи широкий спектр забруднюючих речовин, що викликають дані реакції, їх можна віднести до неспецифічних.

Морфологічні перебудови під впливом полютантів є результатом змін фізіолого-біохімічних процесів, серед яких одним з найбільш чутливих являється водний режим. В умовах гідротермічного стресу, який посилюється дією промислових емісій, реакції рослинного організму спрямовані на зменшення обсягів втрат води і збереження необхідного для життєдіяльності рівня оводненості тканин. Так, під дією техногенних емісій теплових електростанцій та посушливих умов у кленів відмічається підвищення водоутримуючої здатності

та осмотичного потенціалу до 40 %, зниження швидкості водовіддачі до 20 %, переважання фракцій зв'язаної води на 8-20%. У лип, що зростають вдовж автошляхів, показники водоутримуючої здатності на 30–40 % вищі, ніж у контрольних рослин [22].

Однією з адаптивних реакцій рослин на стрес є підвищення вмісту білків. У стійких рослин постійний хронічний вплив невисоких доз полютантів стимулює підвищення рівня амінокислот, внаслідок білкового синтезу. Особливо чітко дана реакція простежується за умов холодового стресу на прикладі садового жасміну і чубушників та гідротермічного стресу у кленів [22]. Проте, під впливом важких металів часто спостерігається гідроліз білків, що супроводжується зниженням вмісту білків і є характерною реакцією для малостійких видів.

Відомо, що іони важких металів у різній мірі стимулюють таку специфічну захисну реакцію, як синтез специфічних металозв'язуючих білків – фітохелатинів. Такі елементи, як Ca, Al, Na, Mg не індукують утворення металлотіонеїнів, а саме фітохелатинів, індукція синтезу відбувається внаслідок впливу Cd, Zn, Cu, Hg, Au, Ag, Co, Ni, Pb. Фітохелатини – низькомолекулярні пептиди, що синтезуються з відновленого глутатіону в присутності важких металів ферментом фітохелатінсинтазою. Зв'язування металів відбувається за рахунок великої кількості цистеїну, що входить до конфігурації пептиду, крім складових глутаміну і одного гліцину.

1.3. Екологічна роль представників роду *Acer* у техногенних умовах міських агломерацій

Фітомеліорація передбачає поліпшення умов природного середовища за допомогою культивування рослин або підтримання природних рослинних угруповань. Відомі фітонцидні, шумопоглинальні, газозахисні і газопоглинальні властивості насаджень різного породного складу [4, 14].

Найбільш актуальною у техногенно змінених екосистемах є кумулятивна здатність рослин відносно різних хімічних речовин та елементів, у тому числі

важких металів. Рослини, поглинаючи хімічні сполуки з повітря та ґрунту, накопичують їх у своїх тканинах і органах – відбувається процес фітоекстракції. Акумуляція зеленими насадженнями значної кількості шкідливих для біоти аерозолів, хімічних елементів та сполук є бар'єром для їх подальшого розповсюдження, що має велике значення в запобіганні ряду захворювань у населення [18, 20].

Фітомеліоративна функція рослин не обмежується показниками накопичення забруднюючих речовин у листках. Слід враховувати, що велика кількість токсикантів акумулюється пагонами, коренями, генеративними органами, може вимиватися опадами, транспіруватися з током води [20, 24]. Таким чином, обсяги виключених рослинами з навколишнього середовища речовин можуть перебільшувати показники, вимірювані у ході досліджень.

Велику увагу дослідників привертають питання вилучення, детоксикації важких металів рослинами та методів покращення фітомеліоративних функцій насаджень. Основними шляхами поглинання ксенобіотиків є коренева система та надземна частина рослин. Інтенсивність поглинання є видоспецифічною і залежить від факторів навколишнього середовища, перебігу фізіологічних процесів кожного виду, анатомо-морфологічних особливостей будови листків [36].

Надходження важких металів через листя може перевищувати кореневе поглинання. Поглинання ксенобіотиків листками відбувається через кутикулу і продихи з подальшим проникненням через мембранні структури та протопласт клітин. Так, встановлено, що за високого рівня забруднення повітря сполуками свинцю рослинами поглинається до 50 % токсикантів. При високому рівні опущеності та наявності шорсткої поверхні, що збільшує в свою чергу площу контактуючої поверхні і пілозатримуючу здатність, поглинання важких металів листками зростає [34, 37].

Свинець є металом з низькою біологічною доступністю, тому надходження його через корені незначне. При цьому більша частина іонів Pb, що потрапила

через кореневу систему, акумулюється коренями і незначний відсоток (близько 3 %) переміщується до стебла [33].

Основним же джерелом свинцевого забруднення рослин є пилові частки в повітрі. За умови, що в них Pb і Hg знаходяться у вигляді водорозчинних солей, ці важкі метали легко поглинаються листками. Через продиhi та покривні тканини токсиканти надходять до клітинних стінок за рахунок адсорбції та дифузії. По апопласту іони важких металів транспортуються до судин ксилеми. Згодом відбувається транслокація металів по краях листка, на верхівці, куди підходять найменші жилки, тобто пересування важких металів співпадає з транспіраційним током. Частина токсикантів з листків віддікає до пагонів і до точок росту пагонів, інгібуючи ріст рослин [33].

Максимальним середовищечочищующим ефектом характеризуються рослини-акумулятори, які накопичують метали головним чином у надземній частині при низькій і невисокій їх концентрації в ґрунті, і рослинигіперакумулятори, які харктеризуються специфічною концентрацією певного елемента. Вони накопичують метали в пагонах до концентрацій, які на 1-3 порядки перевищують концентрації металів у тканинах поруч зростаючих інших видів рослин.

Для моніторингу забруднення довкілля широко застосовують методи фітоіндикації, які передбачають діагностику стану техногенно трансформованих урбоекосистем за допомогою рослин-індикаторів, в яких концентрація металу є відповідною до концентрації у навколишньому середовищі. Прикладами таких рослин в умовах забруднення Cd і Pb є види *Potamogeton crispus*, *P. lucens*, *Elodea canadensis*. Так само індикатором забруднення є підвищений вміст важких металів у рослин, відповідні види яких мають менший вміст металів при зростанні на екологічно чистих територіях.

Питанню покращення фітомеліоративних функцій за рахунок деревних насаджень присвячено багато робіт. Найбільш ефективно санітарно-гігієнічну роль виконують листяні дерева з щільною кроною, з великою листовою пластинкою, які висаджені поблизу від джерела забруднення. Такі рослини здатні

накопичувати оксиди сірки, азоту, окисли металів, затримувати пил. Наприклад, пагони робінії, тополі, в'яза накопичують до 2% двоокису сірки від маси абсолютно сухої речовини протягом місяця. У листках цей показник зростає до 4%. Більший відсоток накопичення виявляється в кінці періоду вегетації у вересні [18, 20].

Деревні рослини здатні накопичувати значну кількість важких металів, адсорбуючи їх з атмосферного повітря та ґрунту, що доведено у дослідженнях В. П. Безсонової. Так, одне дерево здатне вилучити з атмосферного повітря від 240,6 до 821,55 г магнію, 3070,5-10269,9 г феруму, 298,1-997,0 г алюмінію та 375,3-1255,5 г мангану. Коефіцієнт біологічного накопичення важких металів значною мірою виражає фітомеліоративну здатність окремого виду рослин.

Високий рівень поглинальної здатності видів родів *Acer* L. та *Populus* L. та деяких інших підтверджено у дослідженнях В. М. Гришка зі співавт. Встановлено високі індекси біологічної акумуляції Pb в умовах сильного забруднення на «АрселорМіталл Кривий Ріг»: для *Acer negundo* – 4,48, *Populus bolleana* та *P. italica* – 6,16 та 8,58 відповідно. Відносно Zn максимальний індекс біологічної акумуляції встановлено для *Betula pendula* – 12,24, що в 4 рази більше за такий у дослідженнях В. П. Безсонової, вірогідно, через надмірний рівень забруднення.

З урахуванням небезпечності важких металів і зростаючого техногенного забруднення наряду з акумулятивною здатністю і подальшою детоксикацією важких металів рослинами, беззаперечною є необхідність застосування фітомеліоративних засобів для покращення екологічного стану територій міст України.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Природні умови регіону досліджень

Умань – місто обласного значення (адміністративний центр Уманського району Черкаської області). Площа міста дорівнює 41 км², населення складає 81525 (2021 рік) осіб. Розташоване у межах Дністровсько-Дніпровської фізико-географічної провінції на Придніпровській височині у лісостеповій зоні. Висота над рівнем моря становить 166–232 м. Поверхня розчленована прохідними та каньйоноподібними долинами, подекуди ярами і балками і підвищена полого-хвиляста лесова рівнина [38].

Клімат міста Умані є помірно-континентальним з теплим літом і м'якою зимою, що обумовлено близькістю до степової зони помірного поясу. Середньорічна температура повітря в місті становить близько +8°C, мінімальна зареєстрована у січні (–7°C), максимальна — у липні (+2°C). Кількість опадів 633 мм. Період з температурою понад +10°C становить 165–170 днів. Упродовж року переважають вітри північно-західного напрямку (додаток Б, В).

Відносна вологість повітря в середньому за рік становить 70%, мінімальна – у жовтні, максимальна – січні. Середня потужність снігового покриву 9 см. Місто розташоване у межах недостатньо-вологої теплої агрокліматичної зони з гідротермічним коефіцієнтом 1,3 [38].

Для території міста характерні чорноземи типові малогумусні, чорноземи опідзолені та сірі лісові ґрунти.

Рослинність території Умані характеризується поєднанням флори степової зони і лісостепової. Серед деревних порід у лісах поблизу міста та парках переважають дуб, ясен, сосна, вільха, граб, липа, береза, клен, тополя. Серед кущів поширена ліщина, терен, шипшина, калина, черемха. Степова рослинність представлена багаторічними травами. В заплавах річок та заболочених місцевостях переважає вологолюбиве різнотрав'я. Найбільшим природно-заповідним об'єктом міста, для якого характерна унікальна флора, є

національний дендрологічний парк «Софіївка» площею 179,2 га, парк є пам'яткою садово-паркового мистецтва кінця XVIII – першої половини XIX ст.

2.2. Об'єкт досліджень

Об'єктами досліджень слугували 7 видів кленів: *Acer platanoides* L., *A. tataricum* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L., *A. negundo* L., *A. ginnala* Maxim., *A. circinatum* L. Досліджувані види складають основу колекції роду *Acer* L. в НДП «Софіївка» НАН України.

Оцінки стійкості кленів за кількісними даними колекційного фонду мають були доповнені дослідженнями фізіологічних механізмів стійкості рослин у різних екологічних умовах, в тому числі, за дії забруднення урбанізованих територій. Досліджувані види кленів належать до різних секцій роду, відрізняються за габітусом крони, морфологією листків та характером цвітіння.

Систематика роду *Acer* L. налічує 17 внутрішньородових таксонів (секцій), шість з яких представлені досліджуваними видами. Великими деревами 1-ї величини (25-30 м) з кулястою щільною кроною, з 5-7 лопатовими темно-зеленими листками є види *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, 2-ї величини – *A. saccharinum*, який відрізняється від інших видів ажурною кроною та світло-зеленими листками з глибоко вирізаними лопатями. *A. negundo* – дерево 2-ї величини, часто багатостовбурне, відрізняється неправильною ажурною кроною із складними непарноперистими листками. Представники секції *Trilobata* (*A. tataricum*, *A. ginnala*) невисокі деревця 3-ї величини (8-10 м) з ажурними кронами. Головна їх відмінність – невеликі листки незвичайної для кленів форми – видовжені цільні, з неявними двома лопатями при основі.

За характером цвітіння досліджувані види можна поділити на такі, що цвітуть пізно, після розгортання листя – представники секції *Gemmata* і *Trilobata*, та раноквітучі, до розгортання листя (інші види). Досліджувані види походять з різних ботаніко-географічних областей і мають відповідні екологічні властивості, які характеризуються нижче.

Секція *Platanoidea* Pax. *Acer platanoides* L. – клен гостролистий. Ростає на свіжих і вологих ґрунтах у широколистяних лісах Європи (за винятком північно-західної частини), Криму та степової зони Східної Європи. Південна межа природного ареалу в Україні проходить через Дніпропетровськ і Луганськ [8]



Рис. 2.1. *Acer platanoides* L. [8]

Секція *Gemmata* Pojark. *Acer pseudoplatanus* L. – клен несправжньо-платановий (явір). Ростає на свіжих і вологих ґрунтах у гірських лісах Середньої, Південної, Південно Східної Європи, на Кавказі і в Малій Азії. Східна межа ареалу в Європі заходить в Україну, де займає Закарпаття, Карпати, Прикарпаття та рівнинні території Правобережного підрайону Північно-Східного інтродукційного району. Може рости на різних ґрунтах. Явір для більшості частини України є екзотом, широко розповсюдженим в парках та інших міських насадженнях [27].



Рис. 2.2. *Acer pseudoplatanus* L. [27]

Секція Trilobata Rojark. *Acer tataricum* L. – клен татарський (чорноклен). Зростає у Південно Східній Європі – у Степовій і Лісостеповій зонах, на Кавказі, в Малій Азії. Розповсюджений у нижньому ярусі широколистяних і соснових борів, на узліссях і галявинах, на схилах балок, у заплавах річок, на прирічкових терасах, по схилах гір в чагарникових заростях. Ростає на сухих, свіжих або вологих ґрунтах. Серед аборигенних видів кленів, *A. tataricum* має більш широку екологічну амплітуду щодо гідротермічних умов зростання. [11]



Рис. 2.3. *Acer tataricum* L. [11]

Acer ginnala Maxim. – клен прирічковий. Природний ареал: Далекий Схід, Північний та Східний Китай. Ростає заростями (чагарниками) або окремими групами по берегах річок на свіжих, вологих, сирих піщано-кам'янистих ґрунтах. Світловибагливий, під пологом лісу не росте. У степовій зоні поступається клену татарському за посухостійкістю. Знаходиться в колекціях ботанічних садів і вкрай рідко використовується в озелененні [9].



Рис. 2.4. *Acer ginnala* Maxim. [9]

Секція Rubra Рах. *Acer saccharinum* L. – клен сріблястий. Зростає у листяних лісах Атлантичного регіону Північної Америки у долинах річок на вологих, сирих і мокрих піщаних ґрунтах. В культурі в Україні зустрічається в парках, міських насадженнях, цілком зимостійкий, досить посухостійкий [10].



Рис. 2.5. *Acer saccharinum* L. [10]

Секція Negundo Рах. *Acer negundo* L. – клен ясенелистий. Зростає на ґрунтах від свіжих до мокрих у долинах і по берегах річок майже по всій території Північної Америки від берегів Атлантичного океану до скелястих гір. В культурі в Україні широко розповсюджений в міських парках, вуличних посадках, позахисних смугах. Повністю акліматизувався, природно відновлюється самосівом, проте мало довговічний. Цілком зимостійкий, посухостійкий. Вважається небезпечним інвазійним видом, що представляє загрозу біологічному різноманіттю [12].



Рис. 2.6. *Acer negundo* L. [12]

Секція *Palmata* *Acer circinatum* L. – клен круглолистий. Зростає на заході Північної Америки. Область поширення клена круглолистого обмежена вологою західною стороною Каскадних гір. Ця листопадна рослина росте зазвичай у вигляді багатостовбурного куща, досягаючи іноді висоти 8 м, а часом і як велике дерево до 12 м заввишки [28]



Рис. 2.7. *Acer circinatum* L. [28]

На всіх моніторингових точках для проведення досліджень обирали одновікові модельні екземпляри кленів, які перебувають в доброму стані, і зростають, по-можливості, в однорідних екологічних умовах.

2.3. Схема досліду

1. Визначення загального вмісту води в листках рослин *Acer platanoides* у різних екологічних умовах зростання по зонах дослідження

Зона дослідження	Сезон			
	червень	липень	серпень	вересень
Умовно чиста зона	%			
Проміжна зона				
Зона дії атмосферного забруднення				

2. Оцінка ступеня ураження клітин листкової пластини представників роду *Acer* після прогрівання, в залежності від виду.

Види	Ступінь ушкодження листової пластини видів роду <i>Acer</i> , °C				
	40	50	60	70	80
Клен гостролистий	“-” уражено <25% листової пластини; “+” уражено 25-50% листової пластини; “++” уражено 50- 75% листової пластини; “+++” уражено 75-100% листової пластини.				
Клен круглолистий					
Клен сріблястий					
Клен явір					
Клен прирічковий					
Клен татарський					
Клен ясенolistий					

3. Визначення флуктуючої асиметрії різних видів *Acer* в місцях відбору проб

Місце відбору проб	<i>Acer platanoides</i>	<i>Acer saccharinum</i>
НДП «Софіївка»	%	
вул. Інститутська		
вул. Шевченка		

4. Визначення пилезатримання листовими пластинками рослин *Acer platanoides* L. та *Acer saccharinum* L. залежно від сезону та умов зростання

Зона дослідження	Травень	Липень	Вересень
Умовно чиста зона	мг/см ²		
Проміжна зона			
Зона дії атмосферного забруднення			

2.4. Методика досліджень

Дослідження проводили на основі польових, аналітичних і лабораторних досліджень.

Життєздатність рослин визначали за 8-бальною шкалою Л.С. Савел'євої. При цьому враховували стан крони рослини (форма і щільність), характер і величину приросту пагонів, наявність ушкоджень кори стовбура, гілок, листя, обумовлених механічними чинниками, морозобоїнами, ураженням дерев

різними захворюваннями і шкідниками. Для розрахунку відносного життєвого стану дерев використовували формулу В.А. Алексєєва:

$$L_n = 100 \times n_1 + 70 \times n_2 + 40 \times n_3 + 5 \times n_4 / N,$$

де L_n – відносний життєвий стан деревостану, розрахований за кількістю дерев, n_1 – кількість абсолютно здорових, n_2 – помірно ослаблених, n_3 – сильно ослаблених, n_4 – відмираючих дерев; N – загальна кількість дерев разом із сухостоєм.

При значеннях показника L_n 80–100 стан деревостану може бути оцінений як здоровий, непошкоджений; в межах 50–79 вважається ослаблений; 20–49 – сильно ослаблений; при 19 і нижче – майже зруйнований.

Для визначення загальної кількості води рослинний матеріал відбирали за варіантами. Висічки з листків, зроблені свердлом у трикратній повторності, зважили на аналітичних терезах. Потім їх висушили в сушильній шафі протягом 5 год і знову зважили. Розраховували масу води в наважці, яка дорівнює різниці мас сирого і висушеного матеріалів. Потім розраховували вміст води у відсотках відносно до сирого та сухої мас рослинного матеріалу [22].

Також було досліджено вплив термічних чинників (жаростійкість) на стан листової пластини кленів [37]. Оцінку жаростійкості проводили за методом Ф. Ф. Мацкова. Для цього ми нагрівали водяну баню до 40 °C та занурили у воду по 10 екз. зелених листків кленів. Після цього листки витримували протягом 30 хв, підтримуючи сталу температуру водяної бані. Брами першу пробу, витягуючи по одному листку досліджуваних видів, і охолоджували їх у чашці Петрі із холодною водою. Температуру води у водяній бані підвищували на 10 °C і через 30 хв після цього брали другу пробу, витягнувши ще по одному листку і охолоджували їх у новій чашці Петрі із холодною водою. Аналогічно інкубували листки за дії 60°C, 70°C і 80°C. Охолоджені листки кожної проби переносили у 0,2 Н розчин HCl і через 20 хв оцінювали ступінь пошкодження листків за інтенсивністю некротичних змін, які були пов'язані із феофітинізацією хлорофілів.

Проводили визначення доцільності використання видів роду *Acer* для оцінки екологічного стану урбанізованого середовища за показниками флуктуючої асиметрії та визначення найбільш чутливого виду-індикатора.

Збір листових пластинок проводили в червні-липні в місцезростаннях клена в місті Умань: НДП «Софіївка НАНУ, вул. Інститутська та вул. Шевченка. Як модельні об'єкти використано два види роду *Acer*: *Acer platanoides* L., *Acer saccharinum* L. У кожному місцезростанні випадковим чином було обрано 5 дерев. Із кожного дерева відібрано 30 листків. Для морфометрії використано непошкоджені та малопошкоджені листкові пластинки. Було розроблено систему промірів морфологічних ознак листових пластинок для всіх досліджених видів. Проміри листової пластинки проведено за 5 параметрами (зліва та справа, відносно центральної жилки): 1 – кут між проксимальною та дистальною бічними жилками першого порядку; 2 – кут між центральною та проксимальною бічною жилкою першого порядку; 3 – кут між центральною та дистальною бічною жилкою першого порядку; 4 – довжина дистальної бічної жилки першого порядку; 5 – довжина проксимальної бічної жилки першого порядку. Виміри здійснено з використанням програмного пакету CorelDRAW12. Величину флуктуючої асиметрії визначено як добуток подвоєного модуля різниці промірів зліва та справа до суми промірів зліва та справа.

Визначення запиленості листків дерев кленів проводили ваговим методом. Розрахунок площі листків з якого зібрали пил, вимірювали за допомогою міліметрового паперу [37].

Визначення маси пилу на листках дерев проводили класичним ваговим методом. Листки зрізали в приземному шарі атмосфери у сонячну, безвітряну погоду з 10-кратною повторюваністю. Для визначення кількості пилу на аналітичних вагах зважували фільтр, ретельно за допомогою пінцету обтирали з двох сторін досліджуваний листок і повторно зважували фільтр. Зважування проводили на місці відбору листків на електронних вагах. Масу пилу на листку (Р) розраховували як різницю між другим і першим зважуванням, а масу пилу на 1 см² листка (М) розраховували за формулою:

$M = P / S$, де: S – площа листка, см^2 .

ГДК для пилу $0,15 \text{ мг/см}^2$.

2.5. Охорона праці

Визначення видового складу та життєвого стану насаджень проводиться шляхом їх суцільної інвентаризації відповідно до існуючих нормативних документів та з дотриманням вимог охорони праці.

Згідно з Типовим положенням, до проведення робіт допускаються лише ті особи, що пройшли інструктажі із питань охорони праці та надання долікарської медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також ознайомилися із правилами поведінки та діями в аварійних ситуаціях, при пожежі та стихійних лихах.

Всі працівники мають проходити наступні види інструктажів:

- вступний – при їх прийомі на постійну чи тимчасову роботу;
- первинний – до початку виконання робіт на робочому місці з працівником, який щойно був прийнятий на роботу; при переведенні з одного підрозділу до іншого; для працівника, який має виконувати нову для нього роботу; для відряджених, студентів і учнів, які проходять виробничу практику, тимчасових працівників;
- повторний – проводиться з діючими працівниками один раз на 3 місяці на роботах із підвищеною небезпекою та один раз на 6 місяців на інших роботах;
- позаплановий – при змінах у діючих нормативно-правових актах або введенні нових; при зміні технологічного процесу або устаткування; при порушенні працівниками вимог охорони праці, що призвело до травмування, аварії, пожежі тощо; при перерві працівника в роботі більше ніж на місяць для робіт із підвищеною небезпекою, а для решти робіт – понад два місяці.

Працівники при проведенні робіт із визначення видового складу та життєвого стану насаджень мають забезпечуватися засобами індивідуального захисту (рукавичками, масками, касками тощо); знати, де знаходиться аптечка, та вміти скористатися нею; дотримуватися вимог з охорони праці та пожежної

безпеки, знати порядок дій при виникненні пожежі, місця розташування первинних засобів пожежогасіння і вміти користуватися ними; відмовлятися від виконання робіт при виникненні безпосередньої небезпеки для життя і здоров'я його та оточуючих до усунення цієї небезпеки, та у випадку ненадання йому засобів індивідуального захисту, що необхідні для безпечного виконання робіт.

Після отримання від керівника робіт завдання слід ознайомитися з маршрутом руху до місця проведення робіт і схемою руху безпосередньо під час виконання інвентаризації на об'єкті. Якщо необхідно довго добиратися до місця проведення робіт і назад, то слід пересуватися лише на автобусах та транспортних засобах, що призначені для перевезення людей. Власне на об'єкті – переконатися у відсутності аварійних дерев, малих архітектурних форм та частин фасаду будівлі.

Перед початком проведення робіт слід одягти засоби індивідуального захисту (окуляри, маску, головний убір тощо) і переконатися у їх справності та відповідності за розміром. Одяг має бути заправлений, без звисаючих кінців; волосся ховають під головний убір.

Інвентаризація деревно-чагарникових рослин проводиться відповідно до отриманого завдання та технології. Забороняється під час виконання робіт:

- використовувати прийоми, що прискорять роботу, але призведуть до порушення вимог безпеки;
- працювати під обірваними дротами, наближатися до них і опор ближче, ніж на 20 м;
- працювати при несприятливих погодних явищах
- грозі, вітрові, дощі;
- працювати за наявності аварійних дерев та споруд;
- порушувати правила дорожнього руху при переміщенні по дорогах і поруч із ними тощо.

Працівник має негайно повідомляти про будь-які ситуації, що несуть загрозу життю чи здоров'ю працівників і оточуючих, а також про нещасні

випадки, що сталися під час виконання робіт. Слід сповіщати керівника про несправність устаткування, інструментів, пристосувань, транспортних засобів або засобів захисту, про погіршення стану свого здоров'я.

Після завершення виконання робіт з інвентаризації необхідно очистити інструмент і пристосування та укласти у відведене для них місце; вимити руки й обличчя теплою водою з милом або за можливості прийняти душ [3, 6, 7].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Життєвий стан видів роду *Acer* в урбоекосистемі міста Умань

Кліматичні зміни, інтенсивне техногенне та рекреаційне навантаження призводять до передчасного старіння дерев, погіршення стану деревних насаджень, як наслідок, до зниження їх санітарно-гігієнічних функцій та декоративності. Тому доцільно проводити моніторинг життєвого стану основних видів деревних рослин вуличних насаджень для визначення їх стійкості в певних екологічних умовах зростання, оптимального використання дендроресурсів та підтримання фіторізноманіття в урбодендроценозах.

Об'єктом досліджень були види роду *Acer* L. (*Acer platanoides* L., *A. saccharinum* L.) у вуличних насадженнях міста Умань. Вік рослин визначали згідно облікових записів комунального підприємства зеленого будівництва міста, а також візуально відповідно до їх загального стану та умов зростання.

Одне з провідних місць в озелененні урбанізованих територій займають види роду *Acer*, оскільки вони швидкоростучі, вітро- та посухостійкі, невибагливі до родючості ґрунту, стійкі до дії промислового забруднення. У вуличних насадженнях м. Умань представленість видів роду *Acer* коливається від 5% у *A. saccharinum* до 19% у *A. platanoides*. За нашими даними в насадженнях переважають дерева віком 21–40 років (табл. 3.1). Серед досліджуваних видів в насадженнях є молоді дерева віком до 10 років та 11–20 років. Оцінюючи життєздатність дерев, у вуличних насадженнях відмічено значну кількість рослин з вищими балами 5–7.

За узагальненими нами даними найпоширеніші у вуличних насадженнях дерева, життєздатність яких відповідає 6 балам життєздатності становить 38,2% для рослин *Acer platanoides*, а 7 балів – 26,5%. Для рослин *Acer saccharinum* 5 балів – 44,3%, а 6 балів – 28%. Дерев з найвищим балом 8 для рослин *Acer platanoides* становлять 11%, сильно пошкоджені та відмираючі рослини (1–3 бали) становлять лише 1%.

Таблиця 3.1

**Розподіл дерев видів роду *Acer* L. за віком та життєздатністю у
вуличних насадженнях міста Умань (%)**

Життєздатність, бал	Вікові категорії, роки					Разом, %
	Трапляння, %					
	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	
<i>Acer platanoides</i> L.						
0	0	0	0	0	0,5	0,5
1	0	0	1	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
5	1	1	20,8	0	0	22,8
6	4	4,8	24,6	4,8	0	38,2
7	0	2	7	7,3	10,2	26,5
8	1	1	2,8	4,1	2,1	11
Всього	6	8,8	56,2	16,2	12,8	100
<i>Acer saccharinum</i> L.						
0	0	0	0	0	-	0
1	0	3,4	5,1	0	-	8,5
2	2	0	0	0	-	2
3	0	3	0	0	-	3
4	0	6,1	0	0	-	6,1
5	2	26	16,4	0	-	44,3
6	0	0	28	0	-	28
7	0	0	5	3	-	8
8	0	0	0	0	-	0
Всього	4	38,5	54,5	3		100

На основі даних, отриманих в результаті досліджень, розраховано відносний життєвий стан насаджень видів роду *Acer* (Ln) у вуличних насадженнях, який за кількістю дерев дорівнює 50 умовним балам, що відповідає категорії «ослаблені».

Значну увагу при визначенні життєвого стану деревних рослин приділяють оцінюванню деревостану за патологічними змінами форми крон та стовбурів, оскільки ігнорування визначення і аналізу таких змін призводить до зниження об'єктивності одержуваних результатів. Відхилення від нормальної форми

стовбура вважають фаутом. За нашими результатами серед досліджуваних видів виявлено низку фаутів крон і стовбурів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Патологічні зміни крон і стовбурів видів роду *Acer* L. у вуличних насадженнях міста Умань (%)

Патологічні зміни	<i>Acer platanoides</i> L.	<i>Acer saccharinum</i> L.
Розрідження крони	1,4	4,8
Багатостовбурність	-	-
Засохлі скелетні гілки	0,6	5,9
Суховерхість	2,4	1,1
Сухобочини	0,5	1,3
Морозобоїни, тріщини	1,3	1,6
Плодові тіла грибів	-	1,8
Капові нарости	0,2	0,7
Дупло в стовбурі	0,5	1,4
Всього	6,9	18,6

У вуличних насадженнях визначено патологічні зміни крон та стовбурів, найбільшу кількість яких виявлено у 18,6% дерев *A. saccharinum*, менша кількість порушень встановлена у *A. platanoides*, частка яких становить 6,9% від загальної кількості дерев виду. Серед фаутів найпоширеніші засохлі скелетні гілки (6,5%), розрідження крони (6,2%), суховерхість (3,5%). Відносний життєвий стан дерев видів роду *Acer* у вуличних насадженнях визначено як «ослаблений».

3.2. Особливості водообмінних процесів видів роду *Acer* за дії екологічних факторів на територіях з різним рівнем забруднення

Поряд із низькими температурами взимку висока температура повітря в період вегетації є одним з негативних факторів, які обмежують можливості інтродукції рослин в помірній зоні. Успішність її визначається, крім достатньої

зимостійкості, також посухо- та жаростійкості інтродуцентів. Тому здатність зберігати необхідну для нормальної життєдіяльності організму фізіологічну активність в умовах високої температури повітря і обмеженої вологості так само важлива для інтродуцента, як висока морозо- та зимостійкість [22].

Більшість видів кленів за своєю потребою у волозі мезофіти, лише деякі види (з секції *Rubra*) - мезогідрофіти, а середземноморські (секція *Goniosarga*) - ксеромезофіти. Незважаючи на ці відмінності щодо вологи, всі клени здатні протягом нетривалого часу витримувати досить сильну посуху.

Імунітет кленів ослаблюється при підвищенні температури повітря влітку, пов'язаного з глобальним потеплінням, так останніми роками спостерігаються пікові температури в липні та серпні, які сягають 40,0°C, що є аномальним для Правобережного Лісостепу України. При цьому відсутність поливів та мінімальні опади створюють екстремальні умови для всіх живих організмів адаптованих до умов помірного клімату України. В таких умовах тротуарна плитка та асфальт нагріваються до високих температур і опікають кореневу систему дерев яка знаходиться в верхньому ґрунтовому горизонті, що в свою чергу призводить до втрати фізіологічно активного коріння, зменшується опірна здатність дерев до хвороб, поширюються інфекційні захворювання.

Дослідження вмісту води в листках кленів відібраних у різних умовах техногенного навантаження надає можливість визначити еколого-фізіологічні особливості та механізм адаптації кленів до умов міста Умань.

Дослідження водного режиму кленів в умовах міста Умань проводились у III декаді червня, липня, серпня, вересня впродовж дня при сонячній погоді, відбір пагонів та листя проводився в НДП «Софіївка» НАНУ (контроль – умовно чиста зона), на вулицях Інститутській (проміжна зона) та вул. Шевченка (вздовж дороги – зона дії атмосферного забруднення).

В процесі еволюції види виробляли різні механізми захисту до стресових факторів, так видам стійким до посушливих умов властиво накопичувати вологу у тканинах. В результаті проведених досліджень, з'ясовано, що відсоток загальної води у рослин *Acer platanoides*, що зростають у різних екологічних

умовах коливається залежно від умов існування та кількості опадів. Так дерева, що зростають у найекстремальніших умовах мають найнижчий рівень обводненості. Цей показник по вулиці Шевченка (зона атмосферного забруднення) коливається від 50,1 % до 56,2 %, у насадженнях, які зростають по вулиці Інститутській - від 51,1 % до 59,8 %, найбільшу обводненість мають дерева *Acer platanoides*, які ростуть у НДП «Софіївка» - від 52,4 % до 61,3 %. (рис. 3.1).

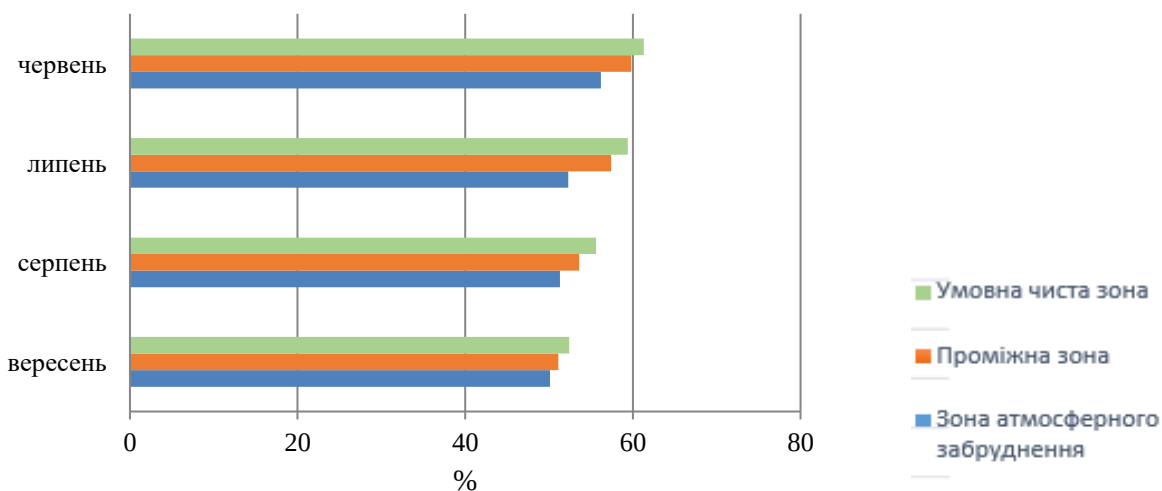


Рис. 3.1. Загальний вміст води в листках рослин *Acer platanoides* у різних екологічних умовах зростання по зонах дослідження (середнє 2023–2024), %

Існує загальна тенденція зниження обводненості у вересні, що є нормою та пояснюється природними циклами, підходить до завершення вегетаційний період. Зважаючи на те, що зразки відбирались впродовж 1 доби зранку, отримані дані говорять про яскраво виражену реакцію *Acer platanoides* на рівень антропогенного навантаження. Зниження рівня загальної обводненості є реакцією рослин на токсичні речовини у повітрі.

Посухостійкість кленів, тобто стійкість до зневоднення, складається комплексом біологічних властивостей рослини, серед яких важливу роль відіграє жаростійкість і найважливішу – здатність рослини регулювати температуру організму у вигляді транспірації. Одним з показників жаростійкості рослини є

температурний поріг коагуляції колоїдів протоплазми. Жаростійкість рослини пов'язана також з транспірацією, за допомогою якої рослина регулює температуру тканин, оберігає їх від перегріву.

В наших дослідженнях оцінку жаростійкості кленів проводили за величиною температурного порога ушкодження листя (табл. 3.3). Для проведення дослідження використовувався термотест при якому на листя кленів впливали високими температурами в діапазоні від 40 до 80 °С. Листя кленів відбиралось на дослідних ділянках НДП «Софіївка» НАН України.

Таблиця 3.3

Ступінь ураження клітин листової пластинки видів роду *Acer* після прогрівання, 2024

Види	Ступінь ушкодження листової пластини видів роду <i>Acer</i> , °С				
	40	50	60	70	80
Клен гостролистий	-	-	+	++	+++
Клен круглолистий	-	-	+	++	+++
Клен сріблястий	-	-	+	++	+++
Клен явір	-	+	+	++	+++
Клен прирічковий	-	+	+	++	+++
Клен татарський	+	+	++	+++	+++
Клен ясенolistий	+	+	++	+++	+++

Примітка: “-” уражено <25% листової пластини; “+” уражено 25-50% листової пластини; “++” уражено 50-75% листової пластини; “+++” уражено 75-100% листової пластини.

Виявлено, що значний вплив високих температур для листя кленів розпочинається з 60 °С і призводить до значного ушкодження поверхні листової пластини при 70 – 80 °С.

В результаті аналізу даних клени за їх жаростійкістю можна умовно розділити на три групи: жаростійкі, середньожаростійкі та нежаростійкі.

До жаростійких відносяться клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), клен круглолистий (*Acer circinatum* Pursh.) та клен сріблястий (*Acer saccharinum* L.).

До середньожаростійкої групи включені види: клен явір (*Acer pseudoplatanoides* L.) та клен прирічковий (*Acer ginnala* Maxim.).

До нежаростійкої групи належать види: клен татарський (*Acer tataricum* L.) та клен ясенолистий (*Acer negundo* L.).

Особливості кленів по відношенню до вологи досить чітко проявляються в морфологічній будові листків та їх транспіраційній здатності. Характерним показником посухостійкості рослини є кількість продихів на одиницю поверхні листка та густота мережі жилок. В однакових умовах посухостійкі види мають менш густу мережу жилок і менше продихів на одиницю поверхні листка.

Найбільша відносна довжина жилок у далекосхідних, північноамериканських та деяких аборигенних видів. Всі вони більш вологолюбні, ніж середземноморські, середньоазіатські і деякі кавказькі, а також аборигенні.

За інтенсивністю транспірації клени значно поступаються таким деревним породам, як дуб, ясен, горіх та ін. Завдяки цьому вони бажані компоненти в змішаних насадженнях, так як не являються сильними конкурентами головних порід за вологу. Так, 20-річні насадження дубів за вегетаційний період витрачають на транспірацію на 31,2 мм/га більше вологи, ніж дубово-кленове насадження такого ж віку. Особливо це важливо під час створення лісових, захисних або декоративних насаджень у районах з дефіцитом вологи у ґрунті. Природним захистом рослин кленів є літнє скидання листків. Це спостерігається у *A. negundo*, *A. saccharinum* та *A. tataricum* [22].

Таким чином, якщо порівняти ряди та групи видів клена по посухостійкості, можна зробити висновок, що більш жаростійкі види в більшості випадків є і більш посухостійкими.

3.3. Використання представників роду *Acer* як тест-об'єктів для оцінювання ступеня забруднення навколишнього середовища

Успішне застосування методу флуктуючої асиметрії для оцінювання ступеня забруднення навколишнього середовища проведено на багатьох

тваринних та рослинних тест-об'єктах. Доведено доцільність використання показників флуктуючої асиметрії в системі екологічного моніторингу, оскільки загальновідомим є зростання асиметричності білатеральних особин у разі погіршення умов їх існування. Одночасне дослідження кількох видів дає змогу скласти загальну картину щодо техногенного навантаження на екосистеми, тому актуальним є пошук та апробація нових видів-індикаторів. В умовах урбанізованих територій перспективною є біоіндикація за використання деревних культур. Деревна поглинають сполуки з ґрунту і повітря, виступаючи індикаторами інтегрального забруднення. Крім того, нерухомий спосіб життя та щорічне відтворення крони дає змогу оцінювати не лише короткотривалі, а й пролонговані шкодочинні впливи в межах певної території. Доступність, поширеність та простота збирання матеріалу робить більшість видів деревних рослин зручним тест-об'єктом.

Метою дослідження було визначення доцільності використання видів роду *Acer* для оцінки екологічного стану урбанізованого середовища за показниками флуктуючої асиметрії та визначення найбільш чутливого виду-індикатора.

Показники флуктуючої асиметрії листових пластинок *A. platanoides* змінювалися в межах 6,1-7,8 %, а у *A. saccharinum* – 7,2-9,5 % (рис. 3.2).

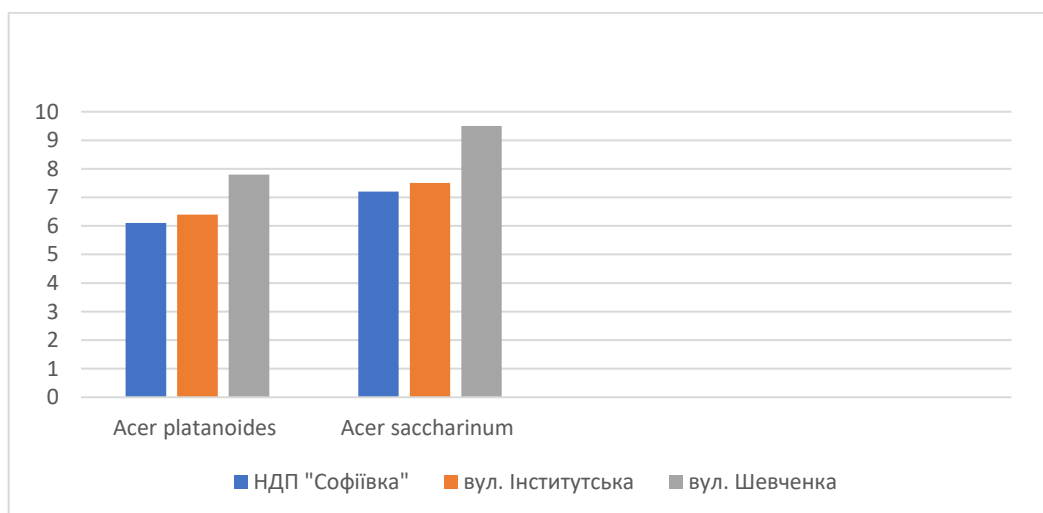


Рис. 3.2. Значення показника флуктуючої асиметрії (%) різних видів *Acer* в місцях відбору проб

Значення флуктуючої асиметрії листкових пластинок *A. platanoides* у місцезростаннях дендропарку «Софіївка» та студентського містечка Уманського НУС (вул. Інститутська) не відрізняються один від одного і мають близькі значення. Отримані результати пояснюємо подібними екологічними умовами, а саме віддаленістю від джерел забруднення повітря та ґрунту (заводів, автомобільних трас, тощо), помірне рекреаційне навантаження. Значення флуктуючої асиметрії листкових пластинок *A. platanoides* та *A. saccharinum* у місцезростанні по вул. Шевченка є найвищими, що свідчить про пригнічений стан дерев. Високі значення показника асиметрії спричинені тим, що дерева знаходяться поряд з дорогою з високою завантаженістю автотранспортом, викиди якого збільшують забруднення атмосферного повітря.

Порівняльна характеристика значень флуктуючої асиметрії листків *A. platanoides* та *A. saccharinum* вказує на те, що *A. saccharinum* є більш чутливим видом, а *A. platanoides* менш чутливим.

Отже, проведено скринінг двох видів роду *Acer*: *A. platanoides* та *A. saccharinum* за показником величини флуктуючої асиметрії листкових пластинок для застосування їх як тест-об'єктів екологічного стану урбанізованих ландшафтів. Досліджені види можна застосовувати для проведення біоіндикаційних досліджень. Встановлено, що *A. saccharinum* є більш чутливим видом, а отже більш перспективним видом-індикатором під час здійснення досліджень за показниками флуктуючої асиметрії.

3.4. Дослідження пилезатримуючої здатності рослин видів роду *Acer* у міському середовищі

Зелені насадження міста Умань відіграють значну роль у санації повітря шляхом пасивного (затримання пилу листками) та активного (антимікробна дія) механізмів очищення.

Одним з важливих показників сануючої функції зелених насаджень вважається затримання пилу на листках деревних рослин, тому виведення пилу з кругообігу у міському середовищі є важливим питанням.

Різним деревним породами властива різна потенційна можливість акумулювати пил і шкідливі речовини з атмосферного повітря. Реакцію деревних рослин на зміни складу повітря оцінюють за їх пилезатримуючою здатністю, яка залежить від породи дерева та будови листової поверхні.

Для визначення пилезатримуючої здатності рослин видів роду *Acer* проведена оцінка затримання пилу рослинами *A. platanoides* та *A. saccharinum* на трьох досліджуваних ділянках міста Умань. Розраховані середні значення маси пилу на cm^2 листків *A. platanoides* та *A. saccharinum* у досліджуваних зонах міста.

Порівняльний аналіз вмісту пилу показав, що найбільша кількість пилу спостерігалася на листках рослин *A. platanoides* зібраних в травні: по вулиці Шевченка (зона дії атмосферного забруднення) – $0,29 \text{ мг/см}^2$, на листках зібраних по вулиці Інститутській (проміжна зона) – $0,207 \text{ мг/см}^2$, а на листках зібраних в НДП «Софіївка» НАНУ - $0,105 \text{ мг/см}^2$ (рис. 3.3). Дещо нижчі показники отримали на листках рослин *A. saccharinum*. По вулиці Шевченка – $0,21 \text{ мг/см}^2$, на листках зібраних по вулиці Інститутській – $0,127 \text{ мг/см}^2$, а на листках зібраних в НДП «Софіївка» - $0,086 \text{ мг/см}^2$ (рис. 3.4).

Кількість пилу на листках у липні була дещо менша для обох видів.

Пиленакопичення для рослин *A. platanoides* та *A. saccharinum* найменшим є восени. Так, у вересні по вулиці Шевченка пиленакопичення для рослин *A. platanoides* становило $0,235 \text{ мг/см}^2$, на листках зібраних по вулиці Інститутській – $0,155 \text{ мг/см}^2$, а на листках зібраних в НДП «Софіївка» НАНУ - $0,068 \text{ мг/см}^2$.

На кількість затриманого пилу в різних умовах впливає ряд факторів: вік листків (у молодих листків пилезатримуюча здатність найвища), кількість та інтенсивність атмосферних опадів, розміщення дерев в насадженнях і розташування насадження в тому чи іншому районі міста. Максимальна запиленість деревних порід визначена у рослин, які розташовані по вул. Шевченка, що зумовлено, розміщенням їх поблизу автомагістралі та значним впливом пересувних джерел забруднення. Мінімальні кількості затриманого пилу визначені в НДП «Софіївка».

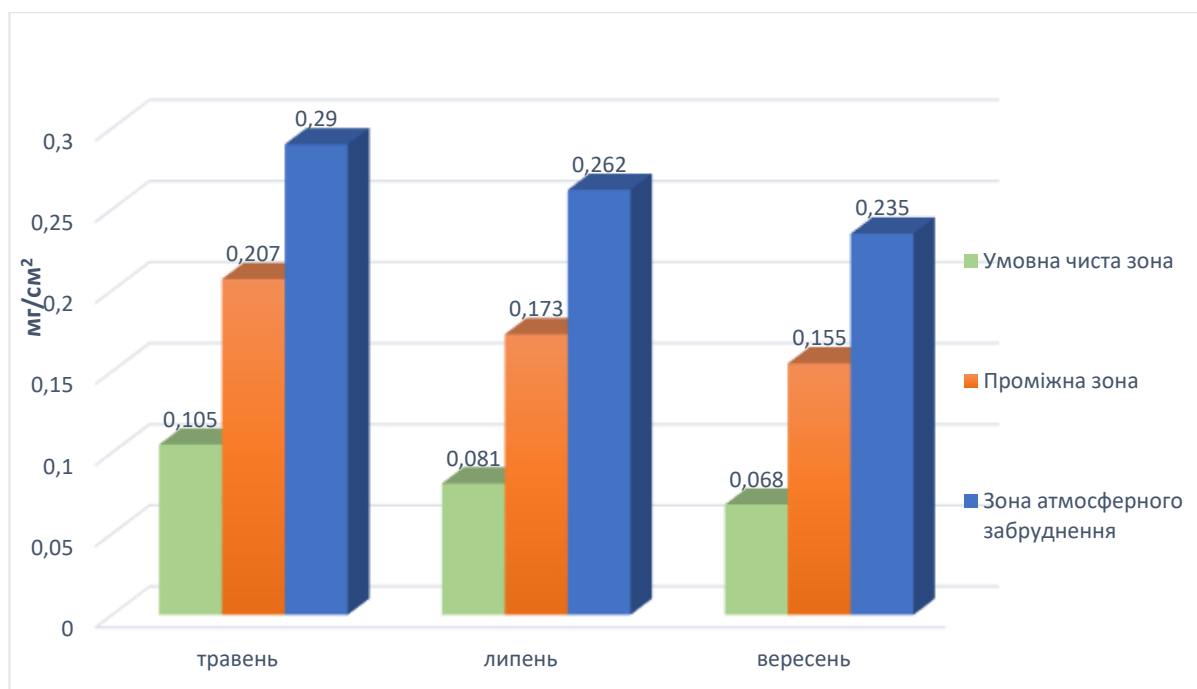


Рис. 3.3. Пилезатримання листковими пластинками рослин *Acer platanoides* L. залежно від сезону та умов зростання (2023-2024 рр.)

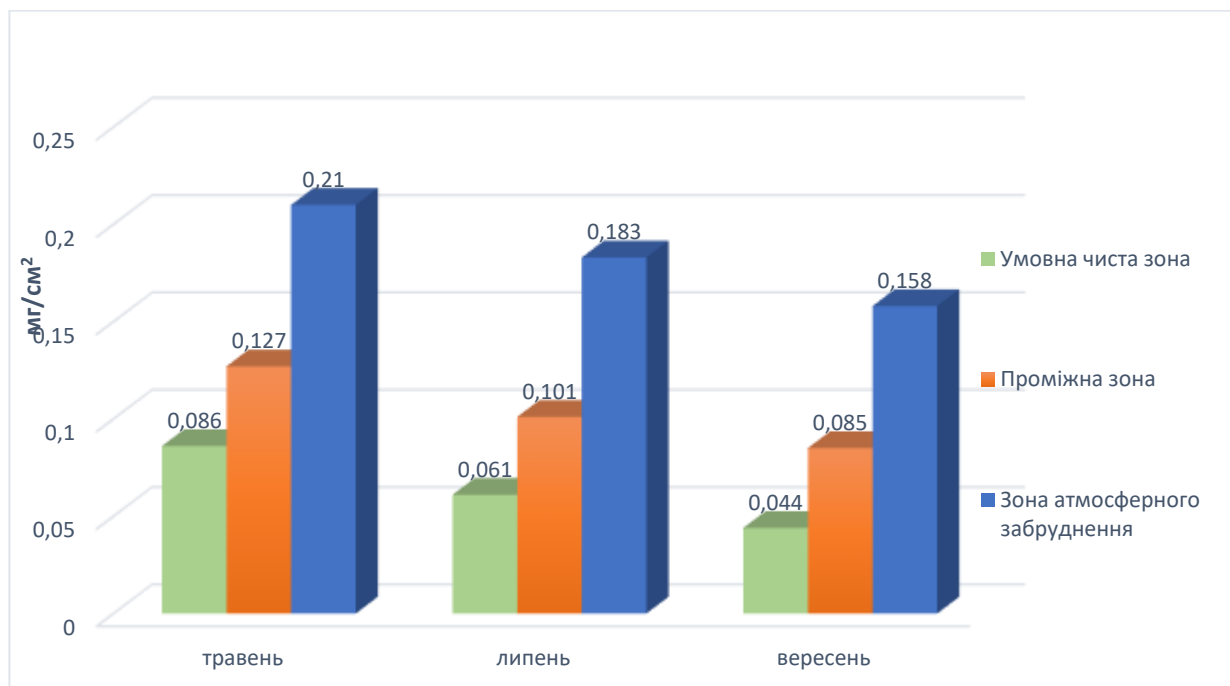


Рис. 3.4. Пилезатримання листковими пластинками рослин *Acer saccharinum* L. залежно від сезону та умов зростання (2023-2024 рр.)

Відомо, що через накопичення пилу на листовій пластині в період її формування починається сповільнення процесів росту, відбувається деформація листка. За допомогою зелених насаджень кленів відбувається зниження запиленості повітря внаслідок уповільнення швидкості руху забрудненого потоку і випадання пилу на зелене листя.

РОЗДІЛ 4

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОРИСТІ ВІД ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *ACER*, ЩО ЗРОСТАЮТЬ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА УМАНЬ

В умовах глобального потепління зелені насадження залишаються чи не єдиним засобом пом'якшення клімату в містах, а санітарно-гігієнічна їх роль в умовах зростаючого техногенного навантаження істотно зростає. Крім цього, деревні насадження виконують естетичну функцію і сприяють туристичній привабливості міст і сіл. У цих умовах облік та встановлення відновної вартості дерев є нагальною справою.

У літературі за останні десятиліття висвітлено різні підходи до встановлення відновної вартості дерев і кущів у міських умовах. Деякі автори звертають увагу на здатність зелених насаджень знижувати температуру повітря в літній період до 5°C і, виходячи з цього, пропонують розраховувати аналогічні витрати електроенергії кондиціонерами на зниження температури, а звідси і встановлювати відновну вартість рослин. Інші пропонують визначати вартість дерев, виходячи із їх екологічної ролі в міських умовах, зокрема здатності поглинати пил та очищувати повітря, регулювати рівень ґрунтових вод та виконувати рекреаційні функції.

Користуючись методикою, яку запропонували Козлов Ю.П., Іванчук М.С., Якубов Х.Г. було розраховано річну потенційну користь одного дерева *Acer platanoïdes* у віці 30 років у міських насадженнях міста Умань (табл. 4.1).

Як видно з наведених даних, спостерігається кореляція між площею листової поверхні та кількістю поглинутих шкідливих речовин.

Розрахована санітарно-гігієнічна користь від дерев *Acer platanoïdes* в міських насадженнях показує, яку велику роль відіграють дерева в акумуляції шкідливих викидів в атмосферу. Щороку одне дерево *Acer platanoïdes*, що зростає в місті, здатне поглинути і знешкодити значну кількість шкідливих

речовин техногенного походження, загальна екологічна користь від одного дерева *Acer platanoides* становить 625,24 грн/рік.

Таблиця 4.1

**Розрахунок річної користі від дерева *Acer platanoides* віком 30 років,
що зростає на території міста Умань (2024)**

Показник поглинання (знешкодження) шкідливих речовин одним деревом та вартість знешкодження цих речовин	<i>Acer platanoides</i>
Площа листової поверхні, м ²	85,3
Маса пилу і сажі, що поглинається, т/га	0,063
Вартість знешкодження пилу і сажі, грн/рік	5,87
Маса поглинутого вуглекислого газу, т/рік	0,072
Вартість знешкодження вуглекислого газу, грн/рік	0,30
Маса поглинутих оксидів азоту, т/рік	0,064
Вартість знешкодження оксидів азоту, грн/рік	10,25
Маса поглинутого озону, т/рік	1,647
Вартість знешкодження озону, грн/рік	432,26
Об'єм поглинутого пероксиацетилнітрату, т/рік	0,035
Вартість знешкодження пероксиацетилнітрату, грн/рік	2,34
Об'єм поглинутого двоокису сірки, т/рік	1,086
Вартість знешкодження двоокису сірки, грн/рік	171,94
Об'єм поглинутих важких металів, т/рік	0,016
Вартість знешкодження важких металів, грн/рік	2,28
Загальна екологічна користь від одного дерева, грн/рік	625,24

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено результати дослідження стійкості та екологічної оцінки видів роду *Acer*, їх урбоекологічної ролі в покращенні довкілля міста Умань.

1. Визначено патологічні зміни крон та стовбурів видів роду *Acer* у вуличних насадженнях міста Умань. Найбільшу кількість виявлено у дерев *A. saccharinum* - 18,6%, менша кількість порушень встановлена у *A. platanoides*, частка яких становить 6,9% від загальної кількості дерев виду. Серед фаутів найпоширеніші засохлі скелетні гілки (6,5%), розрідження крони (6,2%), суховерхість (3,5%). Відносний життєвий стан дерев видів роду *Acer* у вуличних насадженнях визначено як «ослаблений».

2. В результаті проведених досліджень, з'ясовано, що відсоток загальної води у рослин *Acer platanoides*, що зростають у різних екологічних умовах коливається залежно від умов існування та кількості опадів. Так дерева, що зростають у найекстремальніших умовах мають найнижчий рівень обводненості. Цей показник по вулиці Шевченка коливається від 50,1 % до 56,2 %, у насадженнях, які зростають по вулиці Інститутській - від 51,1 % до 59,8 %, найбільшу обводненість мають дерева *Acer platanoides*, які ростуть у НДП «Софіївка» - від 52,4 % до 61,3 %.

Виявлено, що значний вплив високих температур для листя кленів розпочинається з 60 °C і призводить до значного ушкодження поверхні листової пластини при 70 – 80 °C.

3. Проведено скринінг двох видів роду *Acer*: *A. platanoides* та *A. saccharinum* за показником величини флуктуючої асиметрії листкових пластинок для застосування їх як тест-об'єктів екологічного стану урбанізованих ландшафтів. Встановлено, що *A. saccharinum* є більш чутливим видом, а отже більш перспективним видом-індикатором під час здійснення досліджень за показниками флуктуючої асиметрії.

4. Порівняльний аналіз вмісту пилу показав, що найбільша кількість пилу спостерігалася на листках рослин *A. platanoides* зібраних в травні: по вулиці

Шевченка – 0,29 мг/см², на листках зібраних по вулиці Інститутській – 0,207 мг/см², а на листках зібраних в НДП «Софіївка» НАНУ - 0,105 мг/см². Дещо нижчі показники отримали на листках рослин *A. saccharinum*. По вулиці Шевченка – 0,21 мг/см², на листках зібраних по вулиці Інститутській – 0,127 мг/см², а на листках зібраних в НДП «Софіївка» - 0,086 мг/см².

Пиленакопичення для рослин *A. platanoides* та *A. saccharinum* найменшим є восени.

За допомогою зелених насаджень кленів відбувається зниження запиленості повітря внаслідок уповільнення швидкості руху забрудненого потоку і випадання пилу на зелене листя.

6. Розрахована санітарно-гігієнічна користь від дерева клена в міських насадженнях показує, яку велику роль відіграють дерева в акумуляції шкідливих викидів в атмосферу. Загальна екологічна користь від одного дерева клена гостролистого становить 625,24 грн/рік.

ПРОПОЗИЦІЇ

Види роду *Acer*: *A. platanoides* та *A. saccharinum* можна застосовувати для проведення біоіндикаційних досліджень. Встановлено, що *A. saccharinum* є більш чутливим видом, а отже більш перспективним видом-індикатором під час здійснення досліджень за показниками флуктуючої асиметрії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко Т.О. Фітосанітарний стан зелених насаджень м. Херсон. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. 30 (4). 67–72.
2. Данильчук Н.М., Юхименко Ю.С., Бойко Л.І. Рід *Acer* у зелених насадженнях Кривого Рогу. Науковий вісник НЛТУ України. 2022. 32 (4). 27–32.
3. Закон України. Про внесення змін до Закону України "Про охорону праці" 2694-12 (Документ 229-IV, чинний). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/229-15#Text> (Дата звернення 1.02.2022).
4. Заячук В.Я. Дендрологія. Львів: Апріорі, 2008. 656 с.
5. Іванченко О.С., Бессонова В.П. Індикація життєвого стану деревних рослин парків м. Дніпропетровськ за морфофізіологічними показниками. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2016. 24 (1). 109–118.
6. Інструкція з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України: із змінами згідно Наказу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства №134 (з0544- 14) від 12.05.2014. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02#Text>
7. Інструкція з охорони праці для озеленювача. Електронний ресурс: <https://pro-op.com.ua/article/1116-nstruktsya-z-ohoroni-prats-dlyaozelenyuvacha> 16. Калініченко О.А. Декоративна дендрологія. К.: Вища школа, 2003. 199 с.
8. Клен гостролистий. Режим доступу: <https://florex.ua/acer-platanoides-klen-gostrolistiy/>
9. Клен маньчжурський. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D0%BD_%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%8C%D1%87%D0%B6%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9
10. Клен сріблястий. Режим доступу: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Silber-Ahorn_%28Acer_saccharinum%29.jpg

11. Клен татарський. Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D0%BD_%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9#

12. Клен ясенелистий. Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D0%BD_%D1%8F%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B9#

13. Коріновська О. М., Воскобойник Т. Ю., Скворец Л. В. Розповсюдження видів роду *Acer* L. в дендрофлорі промислових міст. Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Полтава: Астроя, 2016. С. 82–85.

14. Кохно М. А. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі / НАН України, Нац. ботан. сад імені М. М. Гришка ; Київ : Фітосоціоцентр, 2002. 447 с.

15. Кохно М.А. Інтродукція кленів в Україні. Київ: Наукова думка, 1968. 171 с.

16. Кохно М.А. Клени України. Київ: Наукова думка, 1982. 83 с.

17. Кузнєцов С.І., Левон Ф.М., Пушкар В.В. Дендрологічний склад зелених насаджень в Україні та перспективи його поліпшення. Проблеми ЛА та СПБ : матер. І Міжнар. семінару. Т. 1. Проблеми ландшафтної архітектури, урбоекології та озеленення населених місць. Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 1997. С. 205–206.

18. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць. Львів: Світ, 2005. 456 с.

19. Левон Ф.М. Вуличні насадження Києва: сучасний стан, шляхи оптимізації. Науковий вісник НАУ. 1999. № 20: Лісівництво. С. 109–118.

20. Левон Ф. М. Створення зелених насаджень в умовах урбанізованого середовища: вимоги, лімітуючі чинники, шляхи оптимізації. Науковий вісник НЛТУ. 2003. Вип. 13. 5. С. 157–162.

21. Манько М. В., Олексійченко Н. О., Китаєв О. І., Кривошопка В. А., Соваков О. В. Морозостійкість рослин культиварів *Acer platanoides* L. у

насаджень м. Києва з різним ступенем антропогенної трансформації. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 2. С. 133–139.

22. Манько М. В., Олексійченко Н. О., Соваков О. В. Порівняльне оцінювання водоутримної здатності листків рослин культиварів *Acer platanoides* L. в умовах міста Києва. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.3. С. 131–136.

23. Манько М. В. Внутрішньовидове різноманіття *Acer platanoides* L. в озелененні Києва та ботанічних установах України. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25.8. С. 118–123.

24. Матковська С. І., Світельський М. М., Ішук О. В., Пінкіна Т. В., Федючка М. І., Соломатіна В. Д. Екологічна роль представників роду *Acer* L. у зелених насадженнях міста Житомир. Науковий вісник НЛТУ України, 2019, т. 29, № 1. С. 70–73.

25. Олексійченко Н. О., Манько М. В. Видове та формове різноманіття деревних рослин роду *Acer* L. в Україні та озелененні Києва. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2012. 171 (2). С. 253–259.

26. Суслowa О. П. Життєздатність видів роду *Acer* L. у парках міст степової зони України. *Miestų želdynų formavimas*. 2018. T. 15 Nr. 244–252.

27. Явір. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B2%D1%96%D1%80#>

28. *Acer circinatum*. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Acer_circinatum

29. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Sci*. 2022. 7. 405–409.

30. Mund M., Kutsch W. L., Wirth C., Kahl T., Knohl A., Skomarkova M. V., Schulze E. D. The influence of climate and fructification on the interannual variability of stem growth and net primary productivity in an oldgrowth, mixed beech forest. *Tree Physiology*. 2021. 30(6). 689–704.

31. Palmer A.R., Strobeck C.. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1986. Vol. 17. Pp. 391-421.
32. Palmer A.R. Fluctuating asymmetry analyses: A primer. *Developmental instability: its origins and evolutionary implications*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer, 1994. Pp. 335-364.
33. Santamour F. S, Jacot McArdle Jr. and Alice. Checklist of cultivated maples. IV. *Acer saccharinum* L. *Journal of Arboriculture* 8(10): October 1982 pp. 277-280.
34. Suslova O., Polyakov O., Kharkhota L. Monitoring of the state of park tree stands in urban areas in the south-east of Ukraine. *Biologija*. 2023. 59 (1). 118. 13.
35. The Arnold Arboretum of Harvard University. Inventory of living collections – North Andover: FLAGSHIP Press, 2022. 213 p.
36. Harfouche A., Meilan R., Alman A. Molecular and physiological responses to abiotic stresses in forest trees and their relevance to tree improvement. *Tree Physiology*. 2014. 34(11). 1181–1198.
37. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. Підручник. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.
38. Руденко Л.Г. та ін. Фізико-географічне районування. Національний атлас України. Київ: ДНВП "Картографія", 2007. С. 288–229.

ДОДАТКИ