

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ЄВТУШЕНКО ЮЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК: 712:582.746.56:581.5(477-25)

**БІОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ
AESCULUS CARNEA НАУНЕ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО
ВИКОРИСТАННЯ В ОЗЕЛЕНЕННІ М. КИЄВА**

06.03.01 – лісові культури та фітомеліорація

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор сільськогосподарських наук, професор
Ковалевський Сергій Борисович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри дендрології та лісової селекції

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Гайда Юрій Іванович,
Тернопільський національний
економічний університет,
професор кафедри менеджменту біоресурсів
і природокористування

кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Висоцька Наталя Юріївна,
Український ордена «Знак Пошани»
науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького,
перший заступник директора

Захист відбудеться «7» квітня 2017 року о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.09 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Генерала Родимцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий « » березня 2017 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А. Г. Лащенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах міста Києва зростання населення і промислового виробництва зумовили збільшення щільності забудови, що негативно впливає на міське середовище. Посилення уваги до проблеми озеленення є характерною ознакою розвитку сучасного містобудівництва. Успіх озеленення міст та селищ значною мірою залежить від правильного добору деревних та кущових видів рослин. Багато видів, інтродукованих на територію України, є недостатньо вивченими, і це стає причиною їх вузького застосування в озелененні. Одним з досить перспективних нині є *Aesculus carnea* Наупе, який може внести свою частку в розширення асортименту деревних рослин.

Основні відомості, які стосуються морфологічних особливостей досліджуваного виду, представлені переважно в працях закордонних авторів (Maino E., Howard F., 1955; Андронов Н. М., Богданов П. Л., 1974; Hui-Lin Li, 1996; Dirr M., 2001; McClintock E., 2001; Абаимов Ф. М., 2009; Sweet R., 2012). Наявні дані щодо екологічних особливостей (Gilman E., Watson G., 1993; Harrison L. F., 1997; Roth S., 2001; Meyer J., 2004), специфіки вегетативного розмноження (Ваничек К. Г., 1960; Жингетту И. И., 1980) та мікроклонального розмноження (Radojević Lj., Đorđević N., 1989; Marincović N., Radojević Lj., 1992). Однак, ґрунтовних досліджень щодо фенології виду, аспектів розмноження, реакцій на стрес-чинники в умовах урболандшафтів немає. Тому дослідження біологічних та екологічних особливостей гіркокаштана м'ясо-червоного дозволить оцінити доцільність використання виду в озелененні м. Києва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі дендрології та лісової селекції Національного університету біоресурсів і природокористування України згідно з держбюджетною темою: «Розробити науково-методичні засади оздоровлення та масового розмноження садивного матеріалу деревних рослин» (номер державної реєстрації 0114U002527, 2014–2016 рр.), до якої здобувач залучалась до виконання робіт і написання розділу щодо особливостей мікроклонального розмноження *A. carnea*.

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження – визначити біологічні та екологічні особливості *A. carnea* та оцінити перспективність виду для озеленення міста Києва.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні задачі:

- проаналізувати історію інтродукції досліджуваного виду;
- провести інвентаризацію насаджень міста Києва з метою виявлення рослин гіркокаштана м'ясо-червоного, оцінити стан насаджень та їх декоративність;
- дослідити фенологічний ритм розвитку *A. carnea*;
- визначити потенційну морозостійкість та посухостійкість, функціональний стан листків рослин в умовах міста Києва;
- дослідити реакцію рослин на вміст важких металів у листках та ґрунті у місцях зростання;
- визначити ефективні способи розмноження *A. carnea*;

- оцінити успішність інтродукції гіркокаштана м'ясо-червоного та потенційність його ширшого використання в озелененні міста Києва;
- розробити проектні пропозиції щодо застосування рослин виду в садово-парковому будівництві.

Об'єкт дослідження – рослини виду *A. carnea*, які зростають на території м. Києва.

Предмет дослідження – біологічні та екологічні особливості гіркокаштана м'ясо-червоного в різних екологічних зонах міста Києва.

Методи дослідження. В основу дисертаційної роботи покладено загальнонаукові (аналіз, синтез, спостереження, узагальнення) та спеціальні методи досліджень: візуальні (визначення життєвого стану рослин, фенології росту та розвитку, оцінка декоративності); експериментальні (дослідження посухостійкості, морозостійкості, індукції флуоресценції хлорофілу, способів розмноження); агрохімічні (визначення вмісту важких металів у листках рослин та у ґрунті); математико-статистичні (аналіз та обробка експериментальних даних за допомогою пакета комп'ютерних програм).

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

вперше:

- досліджено сезонний ритм і розвиток *A. carnea* в умовах міста Києва;
- показано відмінність реакцій рослин гіркокаштана м'ясо-червоного, червоного та звичайного на дію низьких температур. Визначено рівень посухостійкості вказаних видів в умовах району досліджень. З'ясовано, що значення коефіцієнта посухостійкості знижуються з підвищенням впливу урбогенних чинників;

- виявлено вплив міського середовища на перебіг процесу фотосинтезу досліджуваних рослин. Встановлено, що *A. carnea* характеризується як відносно стійкий в умовах міста Києва;

- здійснено аналіз вмісту важких металів у листках *A. carnea* та в ґрунті у місцях зростання рослин за допомогою методу атомно-емісійної спектроскопії;

- підібрано ефективні способи розмноження гіркокаштана м'ясо-червоного, розроблено технологію мікроклонального розмноження;

удосконалено комплексну систему оцінювання насаджень за участі досліджуваного виду в умовах району досліджень із підвищеним рівнем антропогенного навантаження;

подальший розвиток отримали теорія і практика інтродукції рослин, методика оцінки адаптивного потенціалу гіркокаштана м'ясо-червоного в умовах м. Києва.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати наукових досліджень мають практичне значення для садово-паркового господарства, створення міських насаджень різного функціонального призначення. Рекомендації щодо насінневого та вегетативного способів розмноження *A. carnea* впроваджено в роботу декоративного розсадника відділу ландшафтного будівництва Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка

НАН України (акт впровадження від 12.12.2016 р.). Технологію мікроклонального розмноження гіркокаштана м'ясо-червоного апробовано і використано в роботі науково-дослідної лабораторії біотехнології рослин Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція» (акт впровадження від 12.12.2016 р.). Основні положення дисертаційної роботи використовуються у процесі викладання навчальних дисциплін «Декоративна дендрологія», «Інтродукція та адаптація деревних рослин», «Декоративне розсадництво» для підготовки ОС «Бакалавр» за напрямом підготовки «Лісове і садово-паркове господарство» та дисциплін «Дендропроєктування», «Формове різноманіття декоративних деревних рослин» у підготовці фахівців ОС «Магістр» за спеціальністю «Садово-паркове господарство» у Національному університеті біоресурсів і природокористування України (акт впровадження від 12.12.2016 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у самостійному проведенні інформаційного пошуку та опрацюванні літературних джерел, безпосередній участі у плануванні та проведенні експериментальних досліджень, їх аналізі та математично-статистичній обробці отриманих результатів. Експериментальні дані отримано здобувачем самостійно або спільно із співробітниками лабораторії фізіології рослин та мікробіології Інституту садівництва НААН, науково-дослідної лабораторії біотехнології рослин ВП НУБіП «Боярська лісова дослідна станція», Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України. Сформульовані у дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації належать автору та є її особистим доробком.

Апробація результатів дисертації. Основні результати, висновки та рекомендації було представлено та обговорено на Всеукраїнській науково-практичній студентській конференції «Науковий пошук студентства у розвитку довкілля» (м. Київ, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Лісове і садово-паркове господарство XXI сторіччя: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (м. Київ, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання» (м. Київ, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Виклики XXI століття та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі» (м. Київ, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми лісового сектору та садово-паркового господарства» (м. Київ, 2016 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасний ландшафт: проектування, формування, збереження» (м. Київ, 2016 р.); науково-методичному семінарі «Лісові культури та фітомеліорація: методологія та методи наукових досліджень» (м. Київ, 2016 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових праць, з яких: стаття у науковому фаховому виданні України, 3 статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні іншої держави, 6 тез наукових доповідей та патент на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел (174 найменування, у тому числі 40 латиницею), 6 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 167 сторінок комп'ютерного тексту. Фактичний матеріал систематизовано у 24 таблицях, ілюстровано 48 рисунками.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ 1 «**Систематичне положення та історія інтродукції *Aesculus carnea* Haune**». Точних відомостей про походження гіркокаштана м'ясо-червоного немає. Перші екземпляри рослин виду було зафіксовано в 1818 р. у Німеччині. Науковий опис було здійснено у 1822 р. німецьким ботаніком Карлом Людвігом Йоганом Цейгером. Відомості щодо інтродукції *A. carnea* на територію України незначні. Вперше вид інтродуковано в 1821 р. на територію Нікітського ботанічного саду. За даними М. А. Кохна (1987), *A. carnea* входить у видовий склад дендрофлори чотирьох районів культивування (Полісся, Лісостепу, Степу та Північного берега Криму) і зростає у колекції восьми ботанічних садів України, двох дендропарків та одного заповідника.

Упродовж XX та XXI століття вивченням морфології *A. carnea* займалися здебільшого іноземні вчені (Maino E., Howard F., 1955; Андронов Н. М., Богданов П. Л., 1974; Hui-Lin Li, 1996; Dirr M., 2001; McClintock E., 2001; Абаимов Ф. М., 2009; Sweet R., 2012). Вітчизняні дослідники також долучалися до вивчення виду (Калініченко О. А., 2003; Григорюк І. П., 2004). Дослідження екологічних особливостей рослин гіркокаштана м'ясо-червоного проводили також переважно за кордоном (Gilman E., Watson G., 1993; Harrison L. F., 1997; Roth S., 2001; Meyer J., 2004).

У наукових роботах іноземних авторів описано захворювання рослин виду (Cooper J. I., 1993; Milevoj L., 2004; O'Brien D. D., 2010). Вагомого господарського значення *A. carnea* не має. Квітки рослин гіркокаштана м'ясо-червоного використовують в ароматерапії для приготування аромаолій (Ball S., 2003; Richardson-Boedler C., 2004; McCabe V., 2008). Група польських дослідників розробила технологію мікроклонального розмноження *A. carnea* шляхом андрогенезу (Radojević Lj., Đorđević, N., Tucić B., 1989; Marincović N., 1992).

Розділ 2 «**Методика проведення дослідження**». Спостереження за процесами росту та розвитку рослин виду *A. carnea* було проведено в трьох екологічних зонах міста Києва упродовж 2013–2016 рр.: зона № 1 (умовний контроль) – Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України; зона № 2 – паркові насадження та сквери (парк ім. Т. Г. Шевченка, Маріїнський парк); зона № 3 – вуличні насадження поблизу магістралей з інтенсивним рухом автотранспорту (бульвар Дружби народів, проспект Науки, Московська площа, бульвар Лесі Українки).

Інвентаризацію насаджень проводили відповідно до п. 1.2. «Інструкція з технічної інвентаризації зелених насаджень у містах та селищах міського типу

України». Оцінку загального стану виявлених об'єктів визначали за п'ятибальною шкалою, враховуючи пошкодження асиміляційного апарата (Кузнецов С. І., Левон Ф. М., Клименко Ю. О., Пилипчук В. Ф., Шумик М. І., 1998). Комплексну оцінку декоративних ознак рослин виду проводили за методикою О. Г. Хороших та О. В. Хороших (1999).

Дослідження посівних якостей насіння проводили згідно міждержавного стандарту ГОСТ 13056.6–97. Проведення щеплення було виконано відповідно до загальноприйнятих методик у декоративному розсадництві (Маурер В. М., 2007). Дослідження мікроклонального розмноження включали етапи: отримання асептичної культури, індукція морфогенезу та ризогенезу під дією регуляторів росту на середовищі Мурасіге та Скуга (Murashige T., Scoog F., 1962).

Фенологічні фази росту і розвитку фіксували згідно загальноприйнятих методик («Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР», 1975; Булыгин Н. Е., 1976) на території Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка, парку ім. Т. Г. Шевченка, бульвару Дружби народів. Водночас фіксували погодні умови у місті Києві, використовуючи дані Центральної геофізичної обсерваторії.

Оцінку морозостійкості проводили методом прямого лабораторного проморожування однорічних пагонів (Соловійова М. А., 1983; Грохольський В. В., 2008). Рівень посухостійкості визначали за інтегральною шкалою ранжування стійкості деревних видів рослин до посухи (Нестерова Н. Г., Григорюк І. П., 2014). Об'єктами у вищезазначених дослідженнях були *A. carnea*, *A. hippocastanum* L., *A. pavia* L. для порівняння реакцій видів на дію стрес-чинника. Функціональний стан фотосинтетичного апарата листків досліджуваного виду діагностували за допомогою методу індукції флуоресценції хлорофілу (Брайон О. В., Корнєєв Д. Ю., Снегур О. О., Китаєв О. І., 2000), використовуючи портативний прилад «Флоратест». Визначення вмісту важких металів у листках та у ґрунті в місцях зростання рослин гіркокаштана м'ясо-червоного було здійснено методом атомно-емісійної спектроскопії (Зырин Н. Г., 1977; Дробышев А. И., 1997).

Успішність інтродукції *A. carnea* оцінювали за методом інтегральної числової оцінки життєздатності та перспективності інтродукції дерев та кущів (Лапін П. І., Сіднева С. В., 1973). Створення декоративних груп за участі досліджуваного виду здійснювали відповідно принципів добору рослин (Рубцов Л. І., 1979), використовуючи комп'ютерні програми «Adobe Photoshop», «Realtime Landscaping Architect», «ACDSee». Для математичної обробки отриманих даних користувалися пакетом програм Microsoft Office (Excel 2010).

Розділ 3 «Інвентаризація та стан насаджень за участю *Aesculus carnea* Haune». В результаті обстеження зелених насаджень міста Києва, було виявлено 145 екземплярів рослин, що належать до виду *A. carnea*. Відмічено, що гіркокаштан м'ясо-червоний є малопоширеним видом в озелененні. Представлений переважно у вуличних насадженнях, у парках та скверах зустрічається рідко. З'ясовано, що у колекціях ботанічних садів зростає

7 екземплярів досліджуваного виду. Під час обстежень виявлено, що найбільша кількість рослин зростає на території Шевченківського (41 %) та Солом'янського (36 %) районів, найменша – Голосіївського (5 %).

Найчастіше рослини виду зустрічаються у поодиноких та групових посадках. У якості останніх представлені в основному у монопосадках або разом із *A. hippocastanum*, композицій з іншими деревно-кущовими видами зафіксовано не було. Найчисленніші угруповання знаходяться на майдані Незалежності, вулиці Хрещатик, проспекті Повітрофлотському. За віком переважають дерева до 20 років.

Стан більшості рослин оцінений як «добрий». Причинами незадовільного життєвого стану є наявні морозобійні тріщини, хлорози та некрози листків, механічні ушкодження гілок, які характерні для рослин, що зростають у зоні доріг з інтенсивним рухом автотранспорту. Ознак ураження листків гіркокаштана м'ясо-червоного каштановою мінуючою міллю (*Cameraria orchidella* Deschka & Dimic) не виявлено. Оцінка декоративних ознак рослин виду становить 36 балів, що свідчить про високий рівень декоративності, особливо у період квітання. Рослини *A. carnea* доцільно використовувати в садово-парковому будівництві при створенні деревно-кущових композицій.

Розділ 4 «Особливості розмноження». Дослідження посівних якостей насіння рослин гіркокаштана м'ясо-червоного проводили упродовж 2013–2016 рр. Здійснено визначення технічної (господарської) та ґрунтової схожості з використанням насіння місцевої репродукції. Збір проводили одразу після фази досягання, що припадає на середину-кінець жовтня. Зазначено, що плодоношення рослин *A. carnea* слабе. У процесі роботи з дерев віком до 20 років у середньому вдавалося зібрати до 10 шт. насінин, з рослин віком 30–40 років – до 30 шт.

Відповідно до ГОСТ 13056.6–97, насіння розміщували у контейнерах розміром 65×35×30 см, перемішуючи його з просіяним, простерилізованим піском у співвідношенні 1:3. Зволоживши пісок, ємності ставили у термостат і витримували у темряві при $t +20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Схожість становила $92,7 \pm 2,52\%$. Ґрунтову схожість визначали шляхом осіннього висіву насіння без проведення передпосівної обробки. Появу перших сходів було зафіксовано в першій декаді квітня, масову появу – через тиждень. Ґрунтова схожість становила $77,6 \pm 2,08\%$. Тривалість періоду від посіву насіння до появи сходів складає 179 ± 3 доби. Сіянци ростуть відносно швидко і за вегетаційний період досягають у середньому $21,6 \pm 11,39$ см заввишки, корені – $12,3 \pm 5,65$ см завдовжки. У трирічних сіянців морфометричні показники наступні: $75,3 \pm 13,91$ та $56,4 \pm 9,66$ см відповідно. Однак, у зв'язку з досить низьким рівнем репродуктивної здатності рослин цього виду, масове розмноження насінням у рамках розсадників є неефективним.

Одним із методів вегетативного способу розмноження *A. carnea* є проведення щеплення, а саме: окулірування та копулірування. Під час досліджень у якості підщепи використовували трирічні сіянці гіркокаштана звичайного. Щеплення способом окулірування проводили проростаючим (початок квітня) та

сплячим вічком (кінець серпня). Було отримано наступні показники приживлюваності: $28,7 \pm 4,16$ та $63,0 \pm 4,58$ % відповідно. В результаті проведення простого та поліпшеного копулірування (початок березня) приживлюваність становила $75,7 \pm 6,03$ та $87,8 \pm 5,93$ % відповідно. У процесі інвентаризації міста Києва було виявлено рослини гіркокаштана м'ясо-червоного щеплені на гіркокаштан звичайний. Відмічено недоліки цього методу розмноження, оскільки у разі щеплення на *A. hippocastanum*, у *A. carnea* з часом починають проявлятися ознаки домінування підщепи та прояви її ознак у кроні.

З метою визначення оптимальної схеми мікроклонального розмноження у лютому було проведено відбір рослинного матеріалу з 40-річного екземпляра *A. carnea*, який зростає на території колекційної ділянки Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка. Пагони завдовжки 15–20 см із верхівковими та бічними бруньками поміщали у посудину з водою і пророщували у контрольованих лабораторних умовах до розкривання бруньок. Як експлантати було використано фрагменти штучно пробуджених пагонів завдовжки 1–3 см. Як стерилізанти було застосовано наступні хімічні реагенти: 0,1 % дихлорид ртуті (HgCl_2), 2,5 % гіпохлорит натрію (NaOCl), 1,0 % нітрат срібла (AgNO_3) з експозицією 3 хв, 5 та 7 хв для кожної стерилізуючої речовини. Після проведення стерилізації експлантати було висаджено на безгормональне живильне середовище Мурасіге і Скуга (МС) з додавання активованого вугілля ($2 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) для знешкодження дії фенольних сполук. Встановлено, що найбільший вихід стерильних, життєздатних експлантатів ($95,2 \pm 1,35$ %) було зафіксовано при використанні 1,0 % розчину AgNO_3 з експозицією 5 хв, ефективність стерилізації становила $94,6 \pm 2,52$ % (табл. 1).

Таблиця 1

Результати стерилізації експлантатів *A. carnea*

Варіант	Реагент	Експозиція, хв	Кількість асептичних експлантатів, %	Кількість життєздатних експлантатів, %	Ефективність стерилізації, %
I	0,1 % HgCl_2	3	$63,7 \pm 3,76$	$73,8 \pm 2,35$	$61,0 \pm 2,64$
II		5	$83,3 \pm 1,53$	$79,2 \pm 1,76$	$76,3 \pm 1,53$
III		7	$97,0 \pm 2,00$	$58,8 \pm 2,95$	$72,0 \pm 2,65$
IV	1,0 % AgNO_3	3	$87,3 \pm 2,08$	$89,2 \pm 2,12$	$86,7 \pm 2,08$
V		5	$90,7 \pm 2,52$	$95,2 \pm 1,35$	$94,6 \pm 2,52$
VI		7	$95,3 \pm 2,33$	$79,4 \pm 1,56$	$81,8 \pm 1,58$
VII	2,5 % NaOCl	3	$57,8 \pm 2,51$	$50,6 \pm 2,05$	$48,3 \pm 1,53$
VIII		5	$56,0 \pm 2,64$	$67,5 \pm 2,53$	$40,8 \pm 2,54$
IX		7	$78,3 \pm 2,52$	$70,8 \pm 2,20$	$60,3 \pm 1,53$

Наступним етапом було культивування асептичних експлантатів на модифіковане живильне середовище МС. Використовували метод індукції морфогенезу під дією регуляторів росту. В експериментах застосовували наступні фітогормони: кінетин ($0,5$ – $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$), БАП ($0,5$ – $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$), ІМК ($0,5$ – $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$), ІОК ($0,5$ – $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$) у різних співвідношеннях. Процес проліферації адвентивних

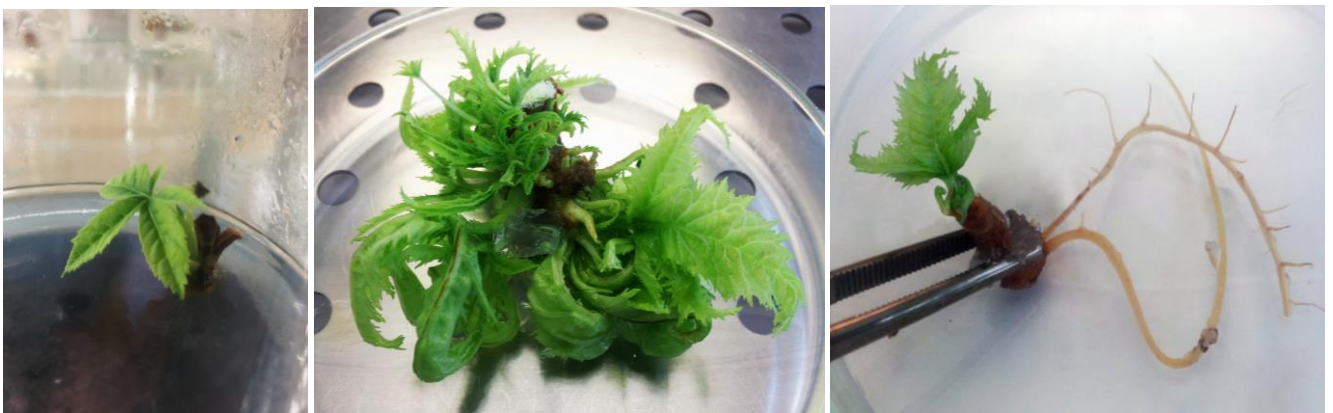
бруньок відмічено на середовищі МС + 0,5 мг·л⁻¹ БАП + 0,5 мг·л⁻¹ кінетин та МС + 1,0 мг·л⁻¹ БАП + 1,0 мг·л⁻¹ ІМК (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив складу живильного середовища на індукцію морфогенезу *A. carnea*

Склад середовища	Довжина мікропагонів, мм	Кількість утворених мікропагонів, шт.	Коефіцієнт розмноження
0,5 мг·л ⁻¹ БАП + 0,5 мг·л ⁻¹ кінетин	22,0±2,35	32,2±9,12	16,3±8,26
1,0 мг·л ⁻¹ БАП + 1,0 мг·л ⁻¹ ІМК	14,6±4,16	26,8±5,63	10,8±6,18

Для дослідження процесу ризогенезу мікропагони завдовжки 2,0–3,5 см ділили на окремі сегменти і переносили на живильне середовище МС із вдвічі зменшеним вмістом макросолей і доповненим ІМК із різною концентрацією (1,0; 3,0; 5,0 мг·л⁻¹) (рис. 1).



а)

б)

в)

Рис. 1. Етапи мікроклонального розмноження *A. carnea*: а – асептична культура, процес регенерації основного мікропагона (20 доба культивування); б – процес проліферації адвентивних бруньок на середовищі МС доповнене БАП та кінетин (0,5 мг·л⁻¹) (45 доба культивування); в – ризогенез на середовищі ½ МС + 5,0 мг·л⁻¹ ІМК (88 доба культивування).

Відмічено, що у першому варіанті середовища коренеутворення не спостерігалось. Ризогенну активність на середовищі МС + 3,0 ІМК було зафіксовано на 84–88 добу культивування, на середовищі МС + 5,0 ІМК – на 71–76 добу.

Розділ 5 «Біологічні та екологічні особливості росту і розвитку *Aesculus carnea* Наупе та перспективи його використання». Дослідження фенологічних фаз росту і розвитку гіркокаштана м'ясо-червоного було проведено упродовж вегетаційних періодів 2013–2016 рр. Оскільки дерева та кущі піддаються впливу специфічних міських умов, що відображається на перебігу їх сезонних фаз, було прийнято рішення провести фенологічні спостереження на територіях із різним рівнем впливу урбогенних чинників, а саме: Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, парк ім. Т. Г. Шевченка, бульвар Дружби

народів. Водночас фіксували метеорологічні показники в районі досліджень (рис. 2).

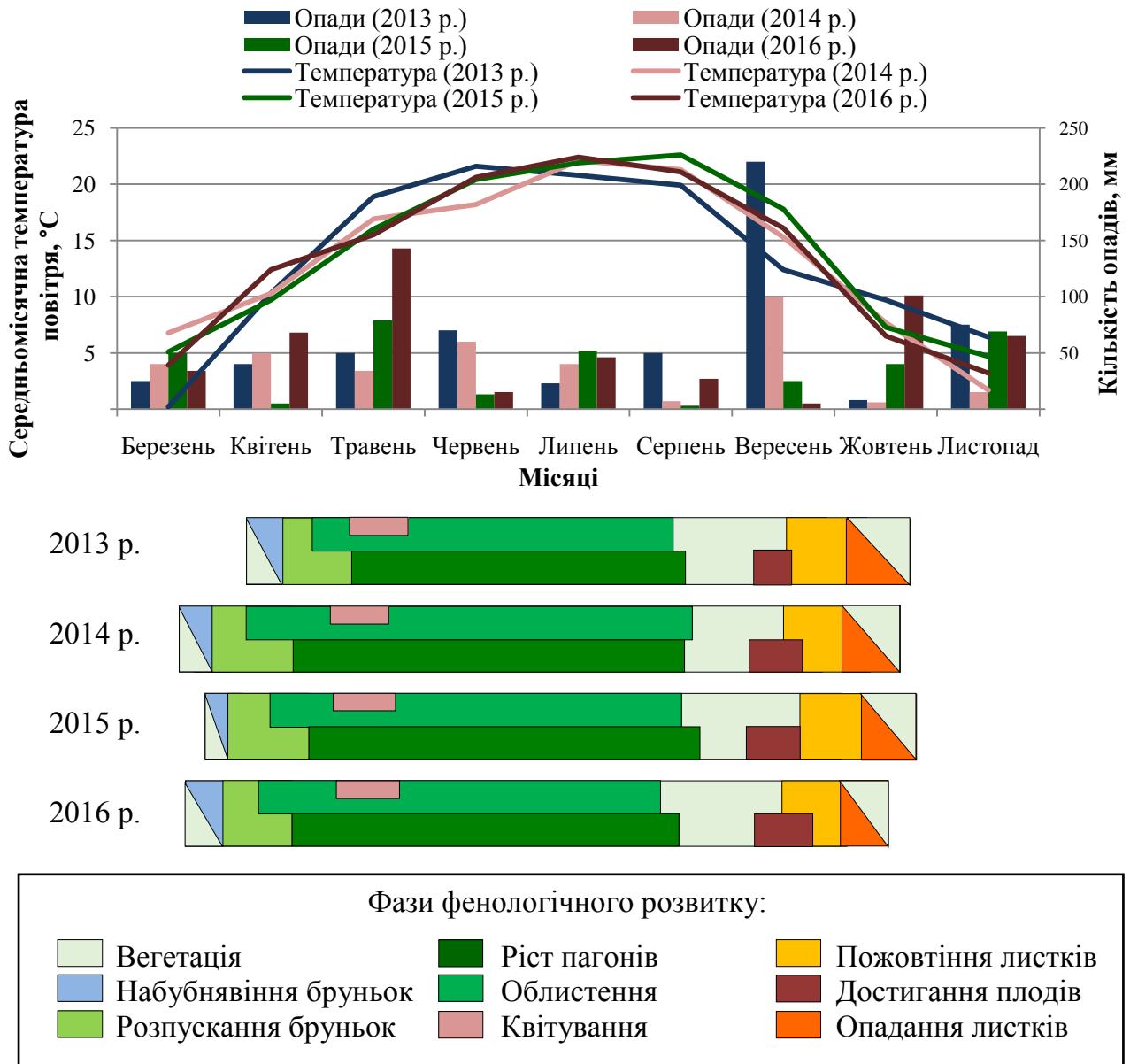


Рис. 2. Узагальнений фенологічний спектр розвитку *A. carneum* в умовах міста Києва (2013–2016 рр.)

Початок вегетації настає за середньодобової температури повітря в межах +6,8...+10,3 °С, що припадає на третю декаду березня – першу декаду квітня. Винятком була затримка початку вегетації у 2013 році. Низька температура березня зумовила затримку ростових процесів, однак різке потепління спричинило стрімке проходження фаз бубнявіння генеративних та вегетативних бруньок та їх розпускання. Спостереження показали, що фази фенологічного розвитку рослин у вуличних насадженнях проходять пізніше на 2–7 дів.

Розпускання бруньок проходить через 7–10 дів після фази набубнявіння. Поява перших квітів датується початком травня, через 5–7 дів спостерігається масове квітування. Тривалість цієї фенофази складає від 15 до 22 дів. Лінійний

ріст пагонів у період 2014–2016 рр. розпочався у третій декаді квітня, у 2013 році – у другій декаді травня. Інтенсивність росту кожного року була різною у зв'язку із різницею середньодобових температур і тривала від 101 до 125 діб.

Під кінець фази квітвання на деревах вже простежується поява поодиноких плодів, тобто їх формування розпочинається за 5–7 діб до опадання останніх квітів. Початок дозрівання плодів спостерігається в першій декаді вересня. Достигаючи, вони ще близько місяця тримаються на дереві. Поодинокі плоди можуть залишатися на дереві до листопада. Зміна забарвлення і початок опадання листків відбувається при зниженні температури в осінній період. Зафіксувати ці фенофази у зоні проїжджих частин не вдалося. В другій декаді серпня на деревах спостерігається масовий хлороз і подальший некроз листків, у результаті чого в кінці місяця листки передчасно опадають.

Тривалість вегетації рослин гіркокаштана м'ясо-червоного в умовах міста Києва складає 173–198 діб. Температура повітря безпосередньо впливає на ростові процеси досліджуваних рослин. У результаті розрахунків суми активних температур (сума середньодобових температур вище +10 °С), було встановлено, що саме вони визначають дати початку, закінчення та тривалості фенофаз.

Визначення потенційної морозостійкості методом прямого лабораторного проморожування проведено у період вимушеного спокою (січень) упродовж 2015–2016 рр. при температурах –25 і –30 °С (рис. 3). Порівнювали результати дії стрес-чинника на однорічні прирости гіркокаштана м'ясо-червоного та «батьківських» видів.

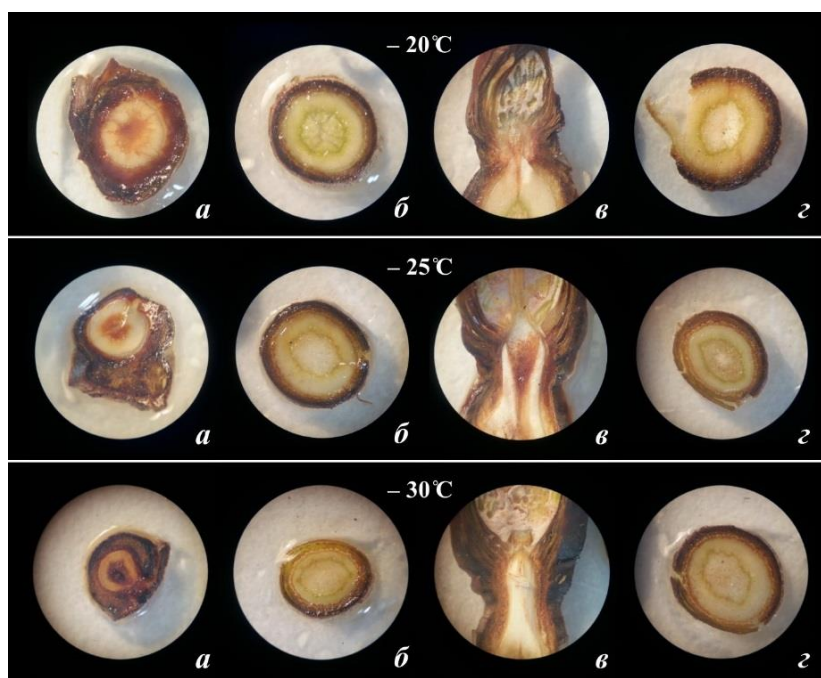


Рис. 3. Ушкодження тканин однорічних пагонів *A. carnea* (збільшення 4×4): а – верхівка; б – середина пагону; в – розріз через бруньку; г – дворічний пагін.

У результаті проморожування пагонів *A. carnea* найменш ушкодженою частиною виявився дворічний пагін (рис. 4). Сумарний індекс ушкодження при зниженні температури до –25 °С склав 20,6 бала. Найбільше пошкодження

характерне для бруньки – 34 бали. При зниженні температури до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ вищевказані показники підвищилися до 26,7 і 38 балів відповідно (рис. 4).

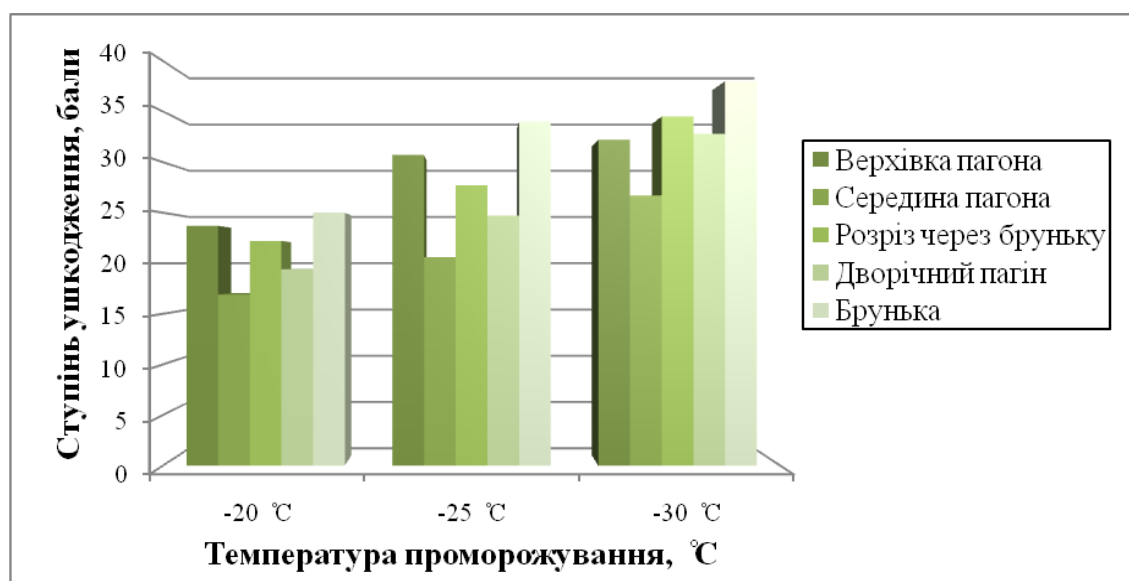


Рис. 4. Пошкодження різних частин пагонів *A. carneae* низькими температурами (середні показники за 2015–2016 рр.)

Показники ушкодження тканин *A. pavia* були нижчими, ніж у *A. carneae*. Відзначено, що у рослин цього виду внаслідок проморожування пагонів найменш чутливими виявилися також тканини дворічного пагону. Було отримано наступні показники: 20,8 бала ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$) і 22,5 бала ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Найбільших ушкоджень зазнали тканини бруньки – 33 бали при температурі $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. При збільшенні до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, сумарний рівень пошкодження збільшився до 37 балів (рис. 5).

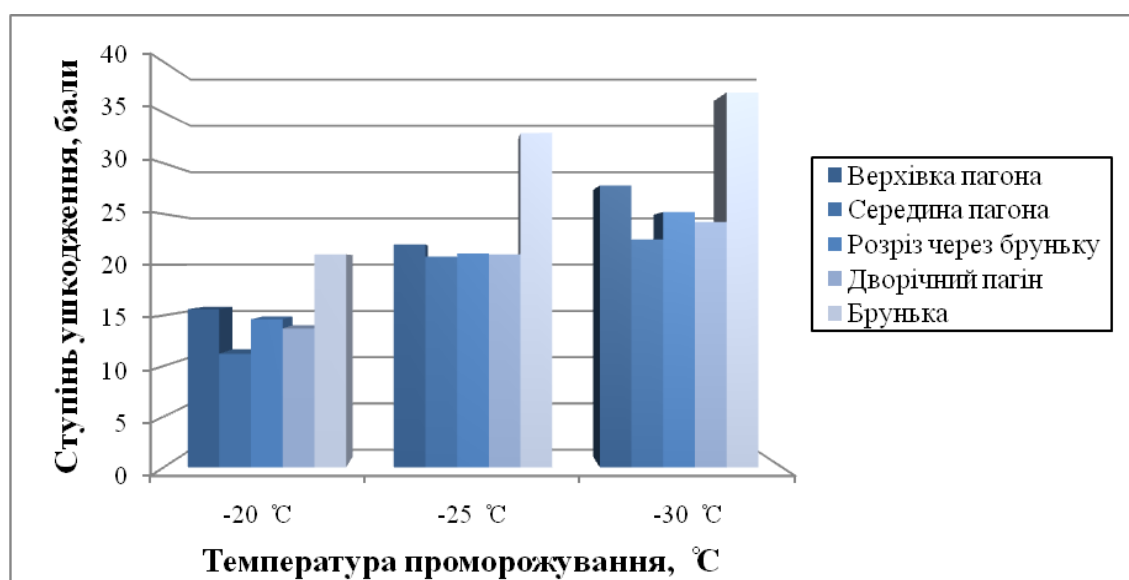


Рис. 5. Пошкодження різних частин пагонів *A. pavia* низькими температурами (середні показники за 2015–2016 рр.)

Результати проморожування пагонів *A. hippocastanum* дещо відрізняються від попередніх видів. У результаті дії температурного стресу найчутливішою

виявилася апікальна частина пагона. З'ясовано, що при температурі $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ сумарний індекс ушкодження склав 40,8 бала, при проморожуванні до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ показник підвищився до 46,2 бала. Середина і дворічний пагін характеризуються найменшими показниками пошкодження. При температурі $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ сумарний індекс ушкодження склав 27,9 і 27,6 бала відповідно. Зниження температури до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ спричинило зростання показників до 35,6 і 35,8 бала (рис. 6).

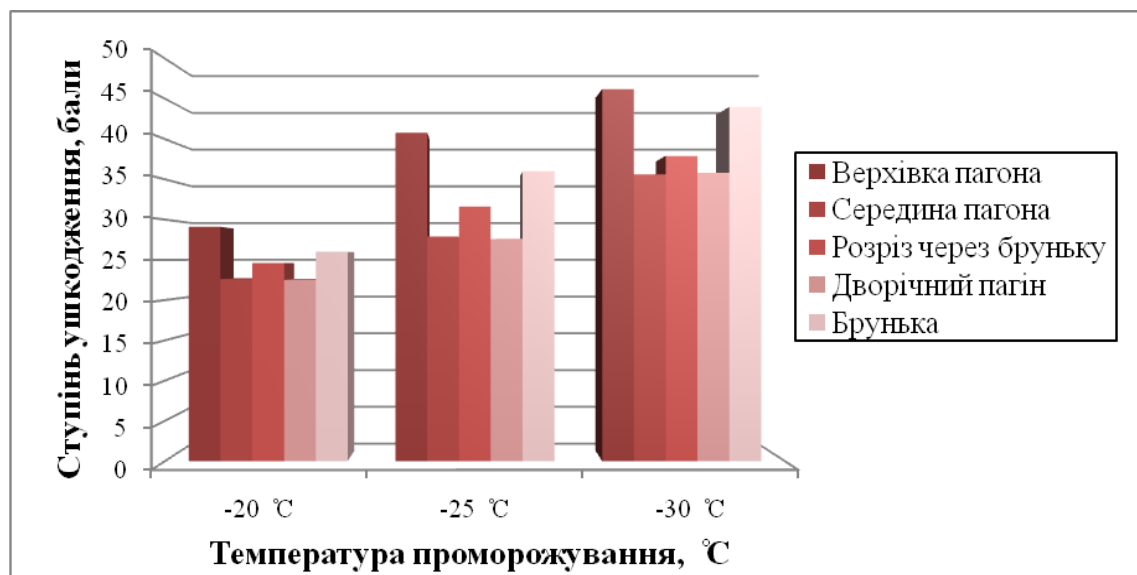


Рис. 6. Пошкодження різних частин пагонів *A. hippocastanum* низькими температурами (середні показники за 2015–2016 рр.)

Оцінювання рівня посухостійкості здійснено за інтегральною шкалою ранжування стійкості деревних видів рослин до посухи, яка передбачає визначення життєздатності виду, коефіцієнта посухостійкості на основі водозатримувальної та водовідновної здатності клітин листків та розрахунок водного дефіциту. Дослідження було спрямовано на порівняння потенційної посухостійкості *A. carnea*, *A. pavia*, *A. hippocastanum* у трьох екологічних зонах міста Києва.

Показники життєздатності рослин гіркокаштана м'ясо-червоного та червоного в умовах міста є високими. Незначне зниження зафіксовано в умовах проїжджих частин, де було відмічено часткову втрату тургору та ознаки хлорозу листків. Для рослин гіркокаштана звичайного, на території всіх екологічних зон, характерним було пошкодження листків каштановою мінуючою міллю. До середини липня дерева втрачають до 70–80 % асиміляційної поверхні, у результаті чого істотно знижується їх здатність виконувати фітосанітарну та естетичну функції. Рослинам цього виду було присвоєно низькі бали життєздатності.

Найнижчі коефіцієнти посухостійкості характерні для екземплярів, що зростають біля проїжджих частин, найвищі – на території колекційної ділянки ботанічного саду ім. М. М. Гришка. Значення $K_{\text{пс}}$ гіркокаштана м'ясо-червоного, які є вищими, ніж аналогічні показники двох інших видів, свідчать про високі адаптаційні можливості *A. carnea*: зона № 1 – 72,9–76,2 %; зона № 2 –

66,1–74,1 %; зона № 3 – 60,7–72,0 %. В умовах Ботанічного саду коефіцієнт посухостійкості рослин гіркокаштана звичайного складає 48,2–55,0 %, на території паркових насаджень – 42,8–48,5 %, у зоні проїжджих частин – 36,4–42,5 %. Показники $K_{пс}$ гіркокаштана червоного наступні: 42,4–46,4 %; 36,2–39,4 та 30,7–35,0 % відповідно. З підвищенням рівня антропогенного навантаження відмічено зростання показника водного дефіциту. Найменші значення зафіксовано у рослин, які зростають в екологічній зоні № 1: *A. carnea* – 3,8 %; *A. hippocastanum* – 8,9 %; *A. pavia* – 4,0 %; найбільші – в зоні № 3: 5,5 %, 14,8 та 11,1 % відповідно.

У результаті розрахунків рослинам досліджуваних видів було присвоєно наступні бали: *A. carnea* – 26; *A. hippocastanum* – 17; *A. pavia* – 22. Відповідно до інтегральної шкали ранжування стійкості деревних рослин до посухи гіркокаштан м'ясо-червоний перебуває на межі високо- та середньопсухостійких видів, однак було прийнято рішення зарахувати його до останньої групи, оскільки у дослідженнях найвагомішою, у першу чергу, є реакція виду на посуху в умовах зони № 3. Гіркокаштан червоний та звичайний відносяться до середньо- та низькопсухостійких видів відповідно.

Визначення функціонального стану листкового апарата рослин *A. carnea* в різних екологічних зонах міста Києва дозволило показати вплив умов місця зростання на перебіг процесу фотосинтезу в об'єктах досліджень. Діагностику фотосинтетичних процесів у листках гіркокаштана м'ясо-червоного проведено у липні 2016 року в п'яти локаціях різних урбоекотопів міста Києва.

Показник F_p характеризує найвищий рівень флуоресценції і його зростання відбувається за умов недостатньої інсоляції, коли процес фотосинтезу лімітується інтенсивністю світла, що надходить до рослини. Значення цього параметра суттєво відрізняються, що обумовлено різними умовами місця зростання рослин досліджуваного виду. Високі показники характерні для об'єктів на бульварі Дружби народів та Московській площі. У першому випадку, дерево притінене іншими рослинами, у другому – екземпляр зростає в тіні, доступ світла обмежений розташованою поряд десятиповерховою будівлею.

Співвідношення F_v / F_p характеризує ефективність структури організації пігментної системи ФС 2. Чутливість F_v / F_p до уповільнення світлової фази фотосинтезу робить цей показник засобом моніторингу стресових впливів навколишнього середовища на рослину. Зниження співвідношення F_v / F_p обумовлено пригніченням ФС 2 і зменшенням частки реакційних центрів ФС 2, не здатних до відновлення Q_s . За отриманими даними, показник коливається у межах 0,67–0,74, що означає доволі високий рівень ефективності фотофізичних процесів поблизу реакційних центрів ФС 2 (за умов експерименту, при інтенсивності збуджуючого світла в межах 80...100 Вт·(м²)⁻¹).

Перевищення рівня dF_{pl} / F_v вище 0,4 у. о. (за умов низької інтенсивності збуджуючого світла) вказує на високий рівень вірогідності ураження рослини вірусною інфекцією. Розрахований показник знаходиться у межах 0,15–0,2 у. о., що свідчить про відсутність інфікованості досліджуваних рослин (табл. 3).

**Параметри функціонального стану листків *A. carneae*
в різних екологічних зонах м. Києва**

Показник функціонального стану	Місцезростання рослин				
	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка	Проспект Науки	Парк ім. Т. Г. Шевченка	Московська площа	Бульвар Дружби Народів
F_o	400,00	421,33	384,00	480,00	448,00
F_{pl}	560,00	576,00	549,33	698,67	646,00
dF_{pl}	160,00	154,67	165,33	218,67	198,00
F_p	1196,80	1317,33	1285,33	1850,67	1738,67
F_v	796,80	896,00	901,33	1370,67	1290,67
dF_{pl} / F_v	0,20	0,17	0,18	0,15	0,15
F_v / F_p	0,67	0,68	0,70	0,74	0,74
F_t	393,60	533,33	410,67	741,33	597,33
$(F_p - F_t) / F_t$	2,04	1,47	2,12	1,49	1,91

Примітки: F_o – «фоновий» рівень флуоресценції; F_{pl} – рівень флуоресценції на час досягнення тимчасового сповільнення зростання її сигналу, так зване «плато»; dF_{pl} – наростання флуоресценції від F_o до F_{pl} ; F_p – максимальне значення флуоресценції; F_v – варіабельна флуоресценція; dF_{pl} / F_v – кількість Q_6 -невідновлюючих комплексів ФС 2, які не беруть участь у лінійному транспорті електронів; F_v / F_p – визначає ефективність світлової фази фотосинтезу; F_t – стаціонарний рівень; $(F_p - F_t) / F_t$ – Rfd , визначає ефективність темнових фотохімічних процесів.

Параметр Rfd , який отримав назву «індексу життєздатності», характеризує ефективність фотосинтетических процесів, а саме – темнову фіксацію CO_2 (цикл Кальвіна). Для екземплярів Ботанічного саду і паркової зони цей показник перебуває у межах 2,04–2,12 у. о., що вказує на високу інтенсивність фотохімічних процесів у цих рослин. Із посиленням дії стресових чинників «індекс життєздатності», як правило, зменшується. Зниження цього параметра до 1,47–1,91 у. о. відображає негативний вплив умов вуличних посадок на ефективність перебігу циклу Кальвіна. Таким чином, в умовах міста Києва гіркокаштан м'ясо-червоний характеризується як відносно стійкий до дії урбогенних чинників.

Визначення вмісту важких металів у листках *A. carneae* та у ґрунті в місцях зростання проведено методом атомно-емісійної спектроскопії в п'ятьох локаціях у різних екологічних зонах міста Києва. У процесі роботи було виміряно валовий вміст наступних хімічних елементів: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Zn. Аналіз отриманих даних показав, що лише на бульварі Дружби народів вміст Cu у ґрунті перевищує допустимий кларк ($43,2 \pm 3,19$ мг·кг⁻¹). Надлишок Cu негативно впливає на рослини, гальмуючи їх розвиток. На листках починають з'являтися бурі плями з ознаками хлорозу і вони поступово відмирають. У попередніх розділах було зазначено наявність вказаних порушень життєвого стану рослин. Наближеними до значень відповідних кларків є валовий вміст Fe ($19970,0 \pm 93,29$ мг·кг⁻¹) у парку ім. Т. Г. Шевченка, Pb ($47,5 \pm 2,42$ мг·кг⁻¹) на проспекті Науки та Zn

($147,2 \pm 5,46$ мг·кг⁻¹) на бульварі Дружби народів. Вказані показники перевищують значення порівняно з іншими локаціями. Вміст Cd, Cr, Mn, Ni та Sr є досить низькими відносно відповідних кларків.

Вміст у рослинах хімічних елементів може коливатися в широких діапазонах і визначається особливостями виду та умовами живлення. Було прийнято рішення за еталонний вміст хімічних елементів прийняти показники екземпляра на території Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка. Частка вмісту в листках досліджуваних рослин надзвичайно токсичних Cd та Pb є незначною і не перевищує $0,004$ та $0,03$ мг·кг⁻¹ відповідно. Показники Sr перебувають у межах $37,7$ – $79,7$ мг·кг⁻¹. Відмічено, що найбільші значення цього елемента характерні для зони Ботанічного саду, у зонах проїжджих частин вони низькі. Оскільки цей елемент досліджений мало, такий його вміст у листках гіркокаштана м'ясо-червоного може бути характерною особливістю виду. Значних коливань Cr не відмічено, різниця значень у різних зонах є незначною ($1,4$ – $2,0$ мг·кг⁻¹), але, водночас, простежується збільшення вмісту цього елемента із підвищенням рівня антропогенного навантаження. Отримані дані показали, що вміст Ni в рослинах у всіх зонах варіюється в межах $0,5$ – $1,1$ мг·кг⁻¹, тобто значних підвищень не було відзначено.

Наявність у рослинному організмі хімічних елементів Cu, Fe, Mn та Zn пояснюється їх вагомою роллю у метаболічних процесах, що відбуваються у клітинах та обміні речовин між тканинами. Значних коливань у вмісті Cu в листках рослин не було відмічено ($9,4$ – $13,7$ мг·кг⁻¹). Простежується тенденція накопичення Zn та Fe при переході від умовно чистої зони до зони з підвищеною дією урбогенного середовища. На території Ботанічного саду значення цих елементів становлять $15,6 \pm 0,90$ та $229,1 \pm 14,03$ мг·кг⁻¹ відповідно. Показники вмісту Zn у зоні транспортних шляхів коливаються у межах $21,6$ – $28,7$ мг·кг⁻¹. Кількісні показники вмісту Fe на Московській площі та бульварі Дружби народів підвищилися до $372,4 \pm 30,98$ та $395,5 \pm 20,31$ мг·кг⁻¹ відповідно. Значне перевищення Fe відносно умовно чистої зони зафіксовано на бульварі Дружби народів ($522,4 \pm 30,09$ мг·кг⁻¹).

Аналіз вмісту важких металів у листках гіркокаштана м'ясо-червоного показав їх надлишок. Розглядаючи частку Mn, зафіксовано нестачу цього елемента. Найбільші значення характерні для Ботанічного саду ($74,7 \pm 4,30$ мг·кг⁻¹). Поступово його вміст знижується: парк ім. Т. Г. Шевченка – $59,2 \pm 4,30$ мг·кг⁻¹; проспект Науки та Московська площа – $35,3 \pm 3,21$ та $32,0 \pm 2,72$ мг·кг⁻¹ відповідно; бульвар Дружби народів – $15,6 \pm 1,42$ мг·кг⁻¹. Чітко прослідковується антагоністична взаємодія Mn та Fe. Збільшення кількості останнього призводять до зменшення вмісту Mn у тканинах рослин. Підтвердженням негативної дії накопичення важких металів та нестачі Mn є виявлені ознаки хлорозу листків у зоні транспортних шляхів та порушення перебігу процесу фотосинтезу, що було продемонстровано під час досліджень фотосинтетичної активності рослин.

Під час визначення успішності інтродукції гіркокаштана м'ясо-червоного було оцінено сім основних показників, які визначають перспективність виду для району досліджень, а саме: ступінь щорічного визрівання пагонів, зимостійкість,

габітус, пагоноутворююча здатність, регулярність приросту пагонів, здатність рослин до генеративного розвитку, доступні способи розмноження. Отримані результати оцінки успішності інтродукції є високими, загальна сума балів становить 90, що вказує на перспективність *A. carnea* для інтродукції в умовах міста Києва.

Оскільки досліджуваний вид характеризується відносною стійкістю до дії стресових чинників урбогенного середовища, доцільним є його використання в озелененні парків та скверів. Завдяки високому рівню декоративності гіркокаштан м'ясо-червоний можна використовувати у різних типах насаджень: солітерних, групових, алейних. Можливе застосування монопосадок, створення груп у поєднанні з гіркокаштаном звичайним, деревно-кущових композицій із красиво-квітучими кущами.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено результати узагальнення комплексних експериментальних досліджень біологічних та екологічних особливостей росту і розвитку гіркокаштана м'ясо-червоного в різних урбоекотопах міста Києва. Оцінено рівень стійкості рослин до умов чинників міського середовища, їх життєздатність в існуючих насадженнях, досліджено ефективні способи розмноження та проаналізовано доцільність використання виду в садово-парковому будівництві.

1. Відомо, що в 1821 р. *A. carnea* був вперше інтродукований на територію Нікітського ботанічного саду. Гіркокаштан м'ясо-червоний входить у видовий склад дендрофлори чотирьох районів культивування (Полісся, Лісостепу, Степу, Північного берега Криму) і зростає в колекціях восьми ботанічних садів України, двох дендропарків та одного заповідника.

2. За результатами проведення інвентаризації насаджень міста Києва було виявлено 145 екземплярів гіркокаштана м'ясо-червоного, які зростають здебільшого у солітерних та групових посадках. Більшість із них – дерева віком до 20 років. Рівень життєвого стану було оцінено переважно як «добрий». Характерними ушкодженнями, які є причиною незадовільного стану рослин, є наявні морозобійні тріщини, хлорози та некрози листків, механічні ушкодження гілок. Випадків ураження рослин каштановою мінуючою міллю не було відмічено, що є вагомим перевагом виду порівняно з гіркокаштаном звичайним. Оцінка морфологічних ознак рослин *A. carnea* становить 36 балів, що дозволяє охарактеризувати гіркокаштан м'ясо-червоний як високодекоративний вид.

3. Встановлено, що технічна та ґрунтова схожість насіння *A. carnea* становить $92,7 \pm 2,52$ та $77,6 \pm 2,08$ %. З'ясовано, що при посіві насіння у другій декаді жовтня, без проведення передпосівної обробки, сходи з'являються через 176–182 доби. Розмноження цим способом є неефективним, оскільки рослинам виду характерна досить низька репродуктивна здатність.

4. Показано, що при розмноженні *A. carnea* методом щеплення, доцільно застосовувати спосіб простого та поліпшеного копулірування. Показники приживлюваності становили $75,7 \pm 6,03$ та $87,8 \pm 5,93$ % відповідно. Недоліком

щеплення гіркокаштана м'ясо-червоного на гіркокаштан звичайний є різна інтенсивність росту підщепи та прищепи, у результаті чого з часом спостерігається домінування останньої та прояви її ознак у кроні.

5. Розроблено технологію мікроклонального розмноження гіркокаштана м'ясо-червоного. Використання 1,0 % розчину AgNO_3 упродовж 5 хв у процесі стерилізації дозволяє отримати $95,2 \pm 1,35$ % стерильних життєздатних експлантатів. Для масового розмноження *A. carnea* у культурі *in vitro* мікропагони доцільно культивувати на середовищі МС + БАП та кінетин ($0,5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$). Найкращі результати ризогенної активності було отримано на живильному середовищі $\frac{1}{2}$ МС + ІМК ($5,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$).

6. Установлено, що вегетація у рослин досліджуваного виду розпочинається за середньодобової температури $+6,8 \dots +10,3$ °С. На території умовно чистої зони та паркових насаджень (Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка та парку ім. Т. Г. Шевченка) фаза набубнявіння бруньок настає у період із третьої декади березня до першої декади квітня. На першу декаду травня припадає квітнення рослин виду і триває 15–21 добу. В кінці вересня – початок жовтня спостерігається досягання плодів та поява осіннього забарвлення листків. Найдовша тривалість росту пагонів складає 125 діб, найкоротша – 101 добу. На території проїзних частин із підвищеним рівнем стресових чинників (бульвар Дружби народів) фенологічні фази проходять на 2–7 діб пізніше порівняно з іншими зонами. Встановлено, що тривалість вегетації виду складає 173–198 діб.

7. Аналіз результатів штучного лабораторного проморожування показав, що у рослин *A. carnea* та *A. pavia* найчутливішою частиною пагона є тканини бруньки, у *A. hippocastanum* – апікальна частина пагона. Найменшого ушкодження у всіх трьох видів зазнали тканини дворічного пагона. Встановлено, що *A. carnea* є більш морозостійким, ніж *A. hippocastanum*. У той же час, негативні температури пошкоджують його більше, ніж *A. pavia*. Ушкодження пагонів досліджуваного виду, викликані впливом низьких температур, перебувають у межах 15–40 %, що не є критичним для життєдіяльності рослин.

8. Порівняння рівня посухостійкості трьох видів роду *Aesculus* засвідчили, що *A. carnea* є посухостійкішим, ніж *A. pavia* та *A. hippocastanum*. Відповідно до інтегральної шкали ранжування стійкості деревних видів рослин до посухи, гіркокаштан м'ясо-червоний та червоний відносяться до середньопосухостійких видів (26 та 22 балів відповідно), гіркокаштан звичайний – до низькопосухостійких (17 балів). Рівень життєздатності та значення коефіцієнта посухостійкості знижується при переході від зони умовного контролю (Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка) до зони проїжджих частин (бульвар Дружби народів, бульвар Лесі Українки). В умовах останньої рослини відчувають підвищення рівня водного дефіциту на 10–20 %.

9. Встановлено, що з підвищенням впливу урбогенного середовища у рослин *A. carnea* «індекс життєздатності» зменшується на 25 %, що свідчить про зниження інтенсивності перебігу темнових фотохімічних процесів у хлоропластах листків. Відмічено відсутність бактеріальних і вірусних захворювань. Показано

недостатній вплив інсоляції на рослини в умовах міста, що обмежує процес проходження фотосинтезу. За показниками стану фотосинтетичного апарата рослин гіркокаштана м'ясо-червоного визначено, що *A. carnea* є відносно стійким в умовах міста Києва.

10. Аналізи результатів атомно-емісійної спектроскопії продемонстрували, що на бульварі Дружби народів (зона транспортних шляхів) валовий вміст Cu ($43,2 \pm 3,19$ мг·кг⁻¹) перевищує допустиме значення (39 мг·кг⁻¹). Відмічено, що вміст Fe ($19970,0 \pm 93,29$ мг·кг⁻¹) у парку ім. Т. Г. Шевченка (зона паркових насаджень), Pb ($47,5 \pm 2,42$ мг·кг⁻¹) на проспекті Науки та Zn ($147,2 \pm 5,46$ мг·кг⁻¹) на бульварі Дружби народів (зона транспортних шляхів) не перевищують норму, однак значення є наближеними до неї і значно перевищують показники інших локацій. Збільшення значень умісту важких металів у листках при переході від умовно чистої зони Ботанічного саду до зони проїжджих частин відмічено у наступних важких металів: Cr ($1,4$ – $2,0$ мг·кг⁻¹), Fe ($229,1$ – $522,4$ мг·кг⁻¹) та Zn ($15,6$ – $28,7$ мг·кг⁻¹). Із збільшенням вмісту Fe як антагоніста Mn, показники останнього значно зменшуються (від $74,7 \pm 4,3$ мг·кг⁻¹ у Ботанічному саду до $15,6 \pm 1,42$ мг·кг⁻¹ на бульварі Дружби народів). Підвищені значення вмісту Cr, Fe та Zn можуть негативно впливати на перебіг основних фізіологічних процесів у досліджуваних рослинах, на що вказують ознаки хлорозу та передчасного опадання листків у зонах автодоріг, порушення інтенсивності перебігу процесу фотосинтезу.

11. Оцінка успішності інтродукції гіркокаштана м'ясо-червоного становить 90 балів, що дає підстави охарактеризувати *A. carnea* як такий, що є перспективним для інтродукції в район досліджень. Досліджуваний вид заслуговує на більш широке використання в озелененні міста Києва.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Основні результати експериментального дослідження свідчать, що рослини гіркокаштана м'ясо-червоного характеризуються відносною стійкістю в урбогенному середовищі. Враховуючи, що рослини *A. carnea* є морозо- та посухостійкішими в умовах міста Києва, ніж екземпляри *A. hippocastanum*, пропонуємо у паркових насадженнях та скверах замінити рослини гіркокаштана звичайного на гіркокаштан м'ясо-червоний.

2. Для отримання високих показників приживлюваності при розмноженні рослин виду методом щеплення, необхідно застосовувати спосіб простого та поліпшеного копулірування. У якості підщепи використовувати трирічні сіянці гіркокаштана звичайного.

3. Для масового отримання рослин-регенерантів розроблено технологію розмноження. Оптимальний період відбору рослинного матеріалу – лютий. Для отримання добре ростучої асептичної культури варто використовувати 1,0 % розчин AgNO₃ з експозицією 5 хв. Одержання максимального числа мікропагонів краще проводити на живильному середовищі Мурасіге і Скуга з додаванням 0,5 мг·л⁻¹ БАП та кінетину. Для індукції ризогенезу необхідно застосовувати середовище МС з половинним вмістом макросолей і додаванням 5,0 мг·л⁻¹ ІМК.

4. Для отримання високодекоративних композицій рекомендуємо створення декоративних груп за участі гіркокаштану м'ясо-червоного у поєднанні з іншими видами та культиварами деревних рослин відповідно до систематичного, екологічного, фітоценотичного та фізіономічного принципів добору рослин.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стаття у науковому фаховому виданні України

1. Євтушенко Ю. В. Особливості розмноження *Aesculus carnea* Hayne / Ю. В. Євтушенко // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2016. – Вип. 26.7. – С. 38–45.

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

2. Євтушенко Ю. В. Особливості отримання асептичної культури *Aesculus carnea* Hayne / Ю. В. Євтушенко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво». – 2014. – Вип. 198. – Ч. 1. – С. 244–250.

3. Євтушенко Ю. В. Діагностика жаро- та посухостійкості гіркокаштану м'ясо-червоного (*Aesculus carnea* Hayne) в умовах міста Києва / Ю. В. Євтушенко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво». – 2015. – Ч. 1. – Вип. 219. – С. 218–226.

4. Євтушенко Ю. В. *Aesculus carnea* Hayne в насадженнях міста Києва / Ю. В. Євтушенко // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – 2015. – Вип. 25.3. – С. 44–50.

Стаття у науковому виданні іншої держави

5. Евтушенко Ю. В. Определение потенциальной морозоустойчивости *Aesculus carnea* Hayne / Ю. В. Евтушенко, С. Б. Ковалевский, О. И. Китаев // Проблемы лесоведения и лесоводства. – 2016. – № 76. – С. 386–394. (Здобувачем здійснено збір та аналіз інформації, польові дослідження та узагальнення результатів).

Тези наукових доповідей:

6. Євтушенко Ю. В. Екологічні особливості та перспективи використання в озелененні м. Києва *Aesculus carnea* Hayne / Ю. В. Євтушенко // Науковий пошук студентства у розвитку довкілля: науково-практична студентська конференція, м. Київ, 14–15 березня 2013 року: тези доповіді. – К., 2013. – С. 185–186.

7. Євтушенко Ю. В. Біотехнологічні аспекти отримання асептичної культури гіркокаштану м'ясо-червоного / Ю. В. Євтушенко // Лісове і садово-паркове господарство ХХІ сторіччя: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 13–14 березня 2014 року: тези доповіді. – К., 2014. – С. 128–129.

8. Євтушенко Ю. В. *Aesculus carnea* Hayne в насадженнях м. Києва / Ю. В. Євтушенко // Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 23–24 квітня 2015 року: тези доповіді. – К., 2015. – С. 132–134.

9. Євтушенко Ю. В. Оцінка жаро- та посухостійкості гіркокаштану м'ясо-червоного (*Aesculus carnea* Hayne) в умовах міста Києва / Ю. В. Євтушенко // Виклики ХХ століття та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 7–9 жовтня 2015 року: тези доповіді. – К., 2015. – С. 176.

10. Євтушенко Ю. В. Показники індукції флуоресценції хлорофілу в листках *Aesculus carnea* Hayne в умовах міста Києва / Ю. В. Євтушенко // Актуальні проблеми лісового сектору та садово-паркового господарства: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 14–15 квітня 2016 року: тези доповіді. – К., 2016. – С. 127–128.

11. Євтушенко Ю. В. Насіннєве та вегетативне розмноження *Aesculus carnea* Hayne / Ю. В. Євтушенко // Сучасний ландшафт. Проектування, формування, збереження: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Київ, 17–18 листопада 2016 року: тези доповіді. – К., 2016. – С. 27–28.

Патент на корисну модель

12. Спосіб відбору експлантатів для отримання асептичної культури гіркокаштану м'ясо-червоного (*Aesculus carnea* Hayne) / Ю. В. Євтушенко, С. Б. Ковалевський, О. Ю. Чорнобров, А. І. Карпук, А. П. Пінчук. – № 104978. – дата реєстр. 25.02.2016. (Здобувачем здійснено відбір та обробку експериментального матеріалу, сформовано основні положення).

АНОТАЦІЯ

Євтушенко Ю. В. Біологічні та екологічні особливості *Aesculus carnea* Hayne та перспективи його використання в озелененні м. Києва. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.01 – лісові культури та фітомеліорація. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2017.

У дисертаційній роботі представлено результати комплексних досліджень екологічних та біологічних особливостей інтродуцента *A. carnea* в умовах міста Києва.

Уперше досліджено особливості насіннєвого та вегетативного способів розмноження *A. carnea*, охарактеризовано доцільність застосування кожного з них. Підібрано оптимальну технологію мікроклонального розмноження гіркокаштану м'ясо-червоного з метою масового розмноження та отримання рослин-регенерантів.

Досліджено сезонний ритм росту і розвитку *A. carnea* в умовах району досліджень. З'ясовано закономірності проходження фенологічних фаз та їх залежність від метеорологічних показників. Визначено потенційну морозостійкість гіркокаштана м'ясо-червоного за допомогою методу прямого лабораторного проморожування. Встановлено рівень посухостійкості рослин виду в різних екологічних зонах міста Києва. Проведено порівняння отриманих показників вищезазначених екологічних особливостей із гіркокаштаном звичайним та червоним. Визначено функціональний стан фотосинтетичного апарата листків виду в різних урбоекотопах за допомогою методу індукції флуоресценції хлорофілу. Проведено аналіз вмісту важких металів в листках *A. carnea* та в ґрунті у місцях зростання за допомогою методу атомно-емісійної спектроскопії.

На основі отриманих результатів оцінено перспективність рослин виду для садово-паркового будівництва та запропоновано використання декоративних груп за участі *A. carnea* у системі зелених насаджень міста Києва.

Ключові слова: гіркокаштан м'ясо-червоний, інтродукція, інвентаризація, морозостійкість, посухостійкість, індукція флуоресценції хлорофілу, атомно-емісійна спектроскопія, окулірування, копулірування, живильне середовище, культура *in vitro*.

АННОТАЦІЯ

Евтушенко Ю. В. Биологические и экологические особенности *Aesculus carnea* Наупе и перспективы его использования в озеленении г. Киева. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.01 – лесные культуры и фитомелиорация. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2017.

В диссертационной работе представлены результаты комплексных исследований экологических и биологических особенностей интродуцента *A. carnea* в условиях города Киева.

Впервые исследованы особенности семенного и вегетативного способов размножения *A. carnea*, охарактеризована целесообразность применения каждого из них. Подобрано оптимальную технологию микроклонального размножения каштана конского мясо-красного с целью массового размножения и получения растений-регенерантов.

Исследован сезонный ритм роста и развития *A. carnea* в условиях района исследований. Выявлены закономерности прохождения фенологических фаз и их зависимость от метеорологических показателей. Определена потенциальная морозоустойчивость каштана конского мясо-красного с помощью метода прямого лабораторного промораживания. Установлен уровень засухоустойчивости растений вида в различных экологических зонах города Киева. Проведено сравнение полученных показателей вышеупомянутых экологических особенностей с каштаном конским обычным и красным. Определено

функциональное состояние фотосинтетического аппарата листьев вида в разных урбоэкотопах с помощью метода индукции флуоресценции хлорофилла. Проведен анализ содержания тяжелых металлов в листьях *A. carnea* и в почве в местах произрастания с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии.

На основе полученных результатов оценена перспективность растений вида для садово-паркового строительства и предложено использование декоративных групп с участием *A. carnea* в системе зеленых насаждений города Киева.

Ключевые слова: каштан конский мясо-красный, интродукция, инвентаризация, морозоустойчивость, засухоустойчивость, индукция флуоресценции хлорофилла, атомно-эмиссионная спектроскопия, окулировка, копулировка, питательная среда, культура *in vitro*.

ANNOTATION

Yevtushenko Y. V. Biological and ecological peculiarities of *Aesculus carnea* Hayne and prospects of its use in Kyiv landscaping. – Manuscript.

The thesis for awarding scientific degree of candidate of agricultural sciences in specialty 06.03.01 – Forest Plantation and Phytomelioration. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2017.

The thesis presents the results of comprehensive studies of ecological and biological characteristics of introduced species *A. carnea* in condition of Kyiv.

In 1821 *A. carnea* was first introduced into the territory of the Nikitsky Botanical Garden. Red horse chestnut is included in the species composition of dendroflora of four areas of cultivation (Polesia, Forest steppe, Steppe, Crimea Northern Coast) and grows in the collection of 8 Ukraine botanical gardens, 2 dendroparks and one nature sanctuary.

On the basis of the inventory it was established that *A. carnea* is a rare species in gardening of Kiev, which grows mainly in single and group plantings. In groups grows mainly together with *A. hippocastanum*, compositions with other trees and shrub species were not observed. Most of the plants – trees at the age from 10 to 20 years. The level of living status was evaluated mostly as «good». Frost cracks, leaves chlorosis and necrosis, branches mechanical damage were the reasons of unsatisfactory plants state. No cases of lesions by horse-chestnut leaf miner (*Cameraria orchidella* Deschka & Dimic) was not observed, which is a significant advantage compared to *A. hippocastanum*. Evaluation of decorative signs of studied species allowed characterizing *A. carnea* as highly decorative species.

The features of seed and vegetative propagation methods were studied, the feasibility of each one was described. It was determined that when sowing seed in the second decade of October, without carrying out pre-processing, shoots appear after 176–182 days. Reproduction by this way is inadvisable, since species is characterized by relatively low reproductive capacity. Results of vegetative propagation by grafting demonstrated feasibility of whip & tongue grafting. The disadvantage of red horse chestnut grafting on common horse chestnut are cases of incompatibility of stock and scion, when there is a predominance of the last one.

The optimal technology of red horse chestnut micropropagation for mass reproduction and regenerated plants obtaining was chosen. The fragments of artificially awakened shoots (3–5 cm long) were used as explants. The optimal scheme of explants sterilization is the using of 1.0 % solution of AgNO_3 for 5 minutes. For mass reproduction of *A. carnea* in culture *in vitro* it is advisable to cultivate microshoots on MS medium + BAP and kinetin (0.5 mg l^{-1}). Best results of rizogenesis activity were fixed on nutrient medium $\frac{1}{2}$ MS + IBA (5.0 mg l^{-1}).

For the first time, seasonal rhythm of growth and development of *A. carnea* in the conditions of the studied area was investigated. The regularities of the phenological phases passage and their dependence on meteorological parameters were determined. It was established that vegetation of studied species plants begins at the temperature of $+6.8...+10.3 \text{ }^\circ\text{C}$. On the territory of transport ways with increased levels of stress factors phenological phases are passed for 2–7 days later compared with areas of M. M. Gryshko National botanic garden and T. G. Shevchenko Park. It was found that the length of species vegetation is 173–198 days.

The potential frost resistance of red horse chestnut was established by the method of direct laboratory freezing. As a result of *A. carnea* shoots freezing, two-year shoot was the least damaged part and the biggest damage was characteristic for buds. Analysis of the results showed that *A. carnea* is more cold-resistant than *A. hippocastanum*. At the same time, negative temperatures damage it more than *A. pavia*. Damage of studied species shoots caused by exposure of low temperatures was within 15–40 %, which is not critical for plants.

The level of species drought resistance in different ecological zones of Kiev was evaluated. The lowest coefficients of drought resistance were typical for species growing near roadways, the highest – on the territory of M. M. Gryshko National Botanical Garden. Comparison of resistance levels to impact of stress factor of three species of the genus *Aesculus* showed that *A. carnea* is more drought-resistant than *A. pavia* and *A. hippocastanum*. Red horse chestnut and red buckeye refers to the average drought tolerance species, horse chestnut – to low drought tolerance species. The level of viability and significance of drought resistance coefficient decreases at the transition from M. M. Gryshko National botanic garden to the zone of carriageways on the boulevard Druzhby Narodiv. Under the conditions of the last one, plants feel the increasing of water deficit.

The functional state of the photosynthetic apparatus of species leaves in different zones of Kiev using the method of chlorophyll fluorescence induction was determined. It was noted the absence of bacterial and viral diseases. The influence of insufficient insolation on the plants under the conditions of city, that limits the passage of the photosynthesis process, was shown. In the conditions of anthropogenic load increasing, «index of viability» reduced by 25 %, indicating the decrease of intensity of dark photochemical processes in the leaves chloroplasts during the transition from conditional control zone to carriageways.

The analysis of the heavy metal content in the *A. carnea* leaves of and in the soil in areas of growing by atomic emission spectroscopy was conducted. It was demonstrated that on the boulevard Druzhby Narodiv the cuprum total content exceeds

the limit, which negatively affects on the life of the plant. The increasing of chromium, iron and zinc content and reduction of manganese in leaves affects on the basic physiological processes in the studied plants. The symptom of chlorosis and premature leaves abscission in the areas of roads, disturbance of intensity of the photosynthesis process is a confirmation of this hypothesis.

A. carnea is a perspective species for the introduction to the area of researches. Since red horse chestnut is relatively resistant to the action of stress factors, it is reasonable to use it in landscaping of parks and gardens. For obtaining the decorative compositions the creation of decorative groups with red horse chestnut in combination with other species and cultivars of woody plants according to systematic, ecological, phytocoenotic and physiognomic principles of plants selection were suggested.

Key words: red horse chestnut, introduction, inventory, frost resistance, drought resistance, chlorophyll fluorescence induction, atomic emission spectroscopy, shield budding, whip & tongue grafting, nutrient medium, culture *in vitro*.