

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЇ КАРПАТ

РИБАЛКА ІННА ОЛЕКСАНДРІВНА



УДК 581.5 (477.54)

**ОМЕЛА БІЛА (*VISCUM ALBUM L.*) В БІОЦЕНОЗАХ М. ХАРКІВ:
ЕКОЛОГІЧНА НІША, ШКОДОЧИННІСТЬ, ДИНАМІКА ПОПУЛЯЦІЇ**

03.00.16 – екологія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Львів – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова МОН України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Стольберг Фелікс Володимирович,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова МОН України, завідувач кафедри інженерної екології міст.

Науковий консультант: доктор сільськогосподарських наук, професор
Мешкова Валентина Львівна,
Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького НАН України, завідувач лабораторії захисту лісу.

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Третяк Платон Романович,
Прикарпатський фаховий коледж лісового господарства та туризму, завідувач виробничої практики;

кандидат біологічних наук, доцент
Гамуля Юрій Гарійович,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна МОН України, декан біологічного факультету.

Захист відбудеться «13» вересня 2021 р. о 14:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.257.01 в Інституті екології Карпат НАН України за адресою: 79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту екології Карпат НАН України (79026, м. Львів, вул. Козельницька, 4) та на сайті <http://www.ecoinst.org.ua/html/ct1.htm>.

Автореферат розісланий «12» серпня 2021 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради
кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник



І. М. Шпаківська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Зелені насадження є невід'ємною складовою міського середовища (Chiabai et al., 2018). Водночас дерева у містах розвиваються у більш стресових умовах, а, отже, є більш уразливими до впливу біотичних чинників, зокрема омели білої (*Viscum album* L.) (Skrypnik et al., 2020). Нині ця рослина-напівпаразит демонструє швидке поширення в природні та міські екосистеми в Україні (Krasulyenko et al., 2020). Роль омели у фітоценозах до цього часу є дискусійною (Івченко та ін., 2014). З одного боку, її вважають основним біотичним стресом для дерев-живителів поряд із фітофагами (комахи, нематоди) та патогенними мікроорганізмами, які можуть спричинювати гибель насаджень. З іншого боку, більшість видів омели є мало шкідливими та відіграють важливу екологічну роль у підвищенні біорізноманіття через сприяння як трофічній, так і структурній різноманітності взаємодій в екосистемах (Krasulyenko et al., 2020). Останнім часом дедалі більше визнається роль паразитичних рослин також як видів-едифікаторів (екосистемних інженерів) (Griebel et al., 2017).

Більшість відомих досліджень спрямовані на комплексне оцінювання та прогнозування впливу різних видів омели на природні екосистеми (лісові насадження), а також об'єкти сільськогосподарського призначення (сади), тоді як міські зелені насадження переважно залишаються поза увагою. Шкодочинність омели білої для міських зелених насаджень до цього часу не оцінювали. Також мало дослідженими залишаються екологічні фактори, що сприяють поширенню та росту чисельності популяції цього виду в міських умовах (Skrypnik et al., 2020).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в межах НДР кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова за темою «Методологічні засади відновлення та захисту міських територій» (2011 – 2015 рр., № 0112U001033). Окремі результати дослідження використані під час реалізації міжнародного освітнього проєкту «Environmental Governance for Environmental Curricula» (2011 – 2014 рр., ЄС Tempus Joint Project 511390-TEMPUS-1-2010-1-SK-TEMPUS-JPCR), в якому автор брала участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є комплексне екологічне оцінювання та прогнозування наслідків впливу омели білої на стан міських зелених насаджень на підставі визначення функціональної її ролі в урбоекосистемі та моделювання динаміки чисельності її популяції.

Для досягнення мети дослідження поставлено такі завдання:

- визначити особливості поширення омели білої у складі деревних угруповань штучного походження;
- з'ясувати механізми взаємодії між омелою білою і її деревами-живителями;
- змоделювати динаміку чисельності популяції омели білої;
- визначити специфіку дії екологічних чинників на поширення і чисельність омели білої;
- розробити методи проведення локального екологічного моніторингу стану зелених насаджень населених місць.

Об'єкт дослідження – омела біла в складі міських насаджень. *Предмет дослідження* – взаємозв'язки омели білої з видами дерев-живителів і видами птахів-дисеміаторів, динаміка її популяції, фактори поширення на урбанізованих територіях та шкодочинність щодо зелених насаджень.

Методи дослідження. Дисертаційне дослідження базується на системному підході до розглянутої проблеми, який інтегрує польові (спостереження, обліки та збір матеріалу) та лабораторні (камеральне опрацювання матеріалу) методи дослідження із методом моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- визначено особливості поширення омели білої у складі деревних угруповань штучного походження, зокрема види дерев-живителів, які є найбільш привабливими для рослини-напівпаразита;
- з'ясовано механізми взаємодії між омелою білою та її деревами-живителями та обґрунтовано, що наявність омели є своєрідним тригером, який запускає деградацію міських насаджень і зменшує їхній адаптивний потенціал до кліматичних змін, зокрема до впливу посух і високих температур;
- змодельовано динаміку чисельності популяції омели білої в умовах урбанізованого ландшафту;
- з'ясовано механізми взаємодії між омелою білою та птахами-розповсюджувачами її насіння (на прикладі омелюха (*Bombycilla garrulus* L.)), зокрема вплив «вектора» на ріст колонізаційних плям омели;
- виявлено екологічні фактори, які сприяють розповсюдженню омели білої на рівнях особин дерев-живителів, біоценозу та ландшафту, й доведено, що розповсюдження цієї рослини-напівпаразита у міських екосистемах є індикатором антропогенної трансформації ландшафтів;
- розроблено науково-методичні засади локального моніторингу насаджень на території населених пунктів України, що може бути складовою єдиної державної політики з розвитку та догляду об'єктів зеленого господарства.

Набули подальшого розвитку підходи щодо визначення чисельності омели у міському ландшафті та методи моніторингу насаджень населених місць.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень використані Департаментом екології та природних ресурсів Харківської обласної державної адміністрації під час розробки «Комплексної Програми охорони навколишнього природного середовища в Харківській області на 2009 – 2013 роки та на перспективу до 2020 року» (акт впровадження від 26.04.2019 р.).

За результатами дисертації запропоновано «Практичні рекомендації щодо захисту міських зелених насаджень від пошкодження омелою білою», які впроваджено Спеціалізованим комунальним підприємством «Харківзеленбуд» Харківської міської ради та визнано дієвими в практиці їх застосування (акт впровадження від 30.05.2019 р.).

Загальнонаукові та методичні результати дослідження знайшли відображення у навчальному процесі кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова (акт провадження від

27.05.2019 р.) та в навчальному процесі кафедри ботаніки і екології рослин Псковського державного університету (Російська Федерація) під час викладання пілотного міждисциплінарного курсу «Governance of Ecosystem Services» (довідка від 21.02.2014 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням авторки, яка виконала літературний пошук, здійснила весь обсяг польових і лабораторних досліджень, провела статистичну обробку отриманих даних, а також їхнє теоретичне узагальнення.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації викладено у доповідях та обговорено на міжнародних, загальноукраїнських і регіональних наукових конференціях та семінарах: I Міжнародна наукова конференція «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології» (Донецьк, 2009 р.); XIII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство» (Київ, 2010 р.); III Регіональна наукова конференція студентів, магістрантів, аспірантів та молодих учених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (Харків, 2010 р.); Наукова конференція, присвячена 80-річчю від дня заснування Українського ордена «Знак Пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького «Лісівнича наука: витоки, сучасність, перспективи» (Харків, 2010 р.); VIII Міжнародний молодіжний екологічний форум країн балтійського регіону «EcoBaltica – 2011» (Російська Федерація, Санкт-Петербург, 2011 р.); IX Всеукраїнські наукові Таліївські читання (Харків, 2013 р.); XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми екологічної безпеки» (Кременчук, 2016 р.); XX Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 10-річчю створення екологічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017» (Харків, 2017 р.); Міжнародна конференція, присвячена 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України «Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища» (Київ, 2020); XXVI Міжнародна наукова конференція «Multidisciplinary academic research and innovation» (Нідерланди, Амстердам, 2021 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 28 наукових праць, з яких 1 – у науковому фаховому виданні Республіки Білорусь; 15 – у фахових виданнях, які входять до переліку МОН України; 10 – матеріали конференцій і тези доповідей, 2 рекомендацій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (264 позиції) та 14 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 250 сторінок, із них основний текст викладено на 161 сторінці, ілюстровано 48 рисунками та 29 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ОМЕЛИ БІЛОЇ НА НАСАДЖЕННЯ

Зелені насадження як компонент біогеоценотичного покриву міста. Наведено аналіз понять «біоценоз», «екологічна ніша», «популяція». У міських поселеннях порушення цілісності природного біогеоценотичного покриву досягає свого максимального ступеня (Вергелес, 2000). Автотрофний компонент біогеоценозів включає в себе дерева, кущі, трав'янисті газони. Міські ліси, галявини і парки мають величезну естетичну та рекреаційну цінність; вони пом'якшують коливання температури у місті, зменшують шумове та інші види забруднення, надають оселища птахам та іншим невеликим тваринам тощо, але потребують постійної підтримки з боку людини (Ежов, 2008; Одум, 1986).

Стресори для насаджень у місті. Розглянуто складний набір стресорів, з якими зіштовхуються деревні рослини в умовах урбанізованого середовища та які обмежують їхню здатність досягти зрілості і реалізувати свій біологічний потенціал, що ставить під загрозу користь, яку вони дають довкіллю і людині (Cavender, Donnelly, 2018). У порівнянні з широкомасштабною загибеллю насаджень під впливом комах-фітофагів, ксилофагів та абіотичних екстремальних умов на кшталт посух, сильних злив, ураганів і пожеж, наявність рослин-паразитів є менш вираженим чинником модифікації екосистемних процесів і динаміки насаджень (Griebel et al., 2017). На відміну від циклонів і пожеж, які є неперіодичними екологічними факторами у будь-якій кліматичній зоні, паразитичні рослини мають глобальне поширення і є невід'ємним компонентом більшості екосистем (Mallams, Mathiasen, 2010). Найбільшу групу епіфітних рослин-паразитів становлять омели, більшість з яких є напівпаразитами, що живляться соком дерев і при цьому зберігають здатність до фотосинтезу (Griebel et al., 2017). Один із таких видів – омела біла – на сьогодні демонструє неабияке поширення в природних та міських екосистемах в Україні, про що свідчать численні публікації (Гнатюк, 2016; Гнатюк, Остапенко, 2006; Левон, 2003; Роговський, 2012, 2014; Свояк, 2013; Сухініч, Муж, 2015; Krasnylenko et al., 2020 та ін.).

Вивчення біолого-екологічних особливостей омели білої. Омела біла – це здебільшого поодинокий кулястий багаторічний вічнозелений чагарник із дихотомічним розгалуженням (екзофіт), що кріпиться до дерева-живителя стійкою ендофітною системою (ендофітом) (Krasnylenko et al., 2020). Рослина асимілює власний вуглець завдяки фотосинтезу, що й зумовлює її зелене забарвлення, але при цьому повністю залежить від водних і мінеральних ресурсів дерева, на якому оселяється (Zweifel et al., 2012). Наведено біолого-екологічні особливості омели білої (систематика, морфологія і анатомія, життєва форма, життєвий цикл і розмноження, просторове розміщення особин, вимоги до клімату, вплив інших абіотичних факторів, природний і вторинний ареали поширення, біотичні взаємодії, вплив антропогенних факторів, роль в екосистемах).

Екологічні дослідження впливу омели на насадження. Дослідження впливу омели на стан зелених насаджень проводять у багатьох країнах світу. На території України різні аспекти цього питання висвітлені в роботах І. М. Усцького,

Л. В. Полякової (2008), Ю. О. Рум'янова (2010), І. Д. Василенка, Л. М. Філіпової, Я. Д. Фучила (2013). Приклади досліджень зі світової практики вивчені у закордонних публікаціях: Ф. Г. Хоксуорт (Hawksworth, 1977, 1983, 1986, 1991, 1998), Д. Цубер (Zuber, 2004, 2009), Ф. Прохазка (Prochazka, 2004), М. Іджойтіч, М. Когельнік, Й. Франіч, Ж. Шкворц (Idzajtich et al., 2006), Є. Колодзієк, Я. Патикувські, Р. Колодзієк (Kolodziejek et al., 2013) та ін.

За літературними даними, різні види омели здатні спричинювати зменшення приросту листя дерев-живителів (на 50 – 77 % залежно від ступеня ураження), зниження енергії росту (на 30 – 60 %), зниження довговічності (дерева з високим ступенем ураження крони гинуть впродовж 10 – 15 років), втрату врожайності (на 50 %) та декоративності («California forest...», 2003). Опосередкований негативний вплив омели полягає у посиленні можливості вітроломів, що є небезпечним у випадку сильного вітру або снігопаду. Однак такі негативні наслідки характерні не для всіх видів омели (Mallams, Mathiasen, 2010).

Роль омели білої в біотичних угрупованнях штучного походження до цього часу є дискусійною. На думку більшості дослідників (Левон, 2003; Миняева, 1975; Роговський, 2012, 2014; Krasnylenko et al., 2020), вона завдає значної шкоди насадженням (спричиняє суховерхість дерев і зниження їхньої довговічності), проте деякі автори не вбачають у цій рослині небезпеку для деревних рослин і навіть висловлюють припущення про користь омели для старовікових дерев (Івченко та ін., 2014). Наведено сучасні наукові здобутки з оцінювання впливу омели білої та близьких до неї видів на насадження. Вплив омели білої на міські зелені насадження не оцінювали. Також мало вивченими залишаються особливості динаміки популяції цього виду та екологічні фактори, які сприяють його розповсюдженню у міських умовах.

ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Характеристика району дослідження. Об'єктами дослідження у 2006 – 2019 рр. були зелені насадження на території міста Харків. Наведено інформацію про фізико-географічні умови досліджуваної території. Згідно з офіційними статистичними даними площа зелених насаджень загального користування на території Харкова становить 1224,4 га плюс 2036,0 га лісопарку (Хмельниченко, Радзінська, 2019). Розглянуто типи та особливості просторового розміщення насаджень у місті. Актуальна і точна інформація про поточний видовий склад і стан насаджень у м. Харків відсутня, їхню останню інвентаризацію проводили у 1993 р. (Буряк, 2007). Приблизно така сама ситуація характерна для інших великих міст України: Львова, Дніпра, Донецька, Одеси тощо (Шолок, 2014), тому територію Харкова використано як модельну для досліджень.

Методи дисертаційного дослідження. Дисертаційне дослідження базується на системному підході до розглянутої проблеми, який інтегрує польові (спостереження, обліки та збір матеріалу) та лабораторні (камеральне опрацювання матеріалу) методи із методом моделювання. В роботі розглянуто систему із трьох взаємодіючих складових компонентів – «дерево – омела – вектор». Дослідження проведене за існуючими методиками (Битвинскас, 1974; Песенко 1982, Рябушкін, 2014; «Forest Health...», 1995; Schweingruber, 1996) з наступною статистичною обробкою даних із використанням

стандартних методів та підходів (Доспехов, 1985; «Компьютерная биометрика», 1991; Лакин, 1990; Никитин, Сосунова, 2003; Рокицкий, 1973).

Під час проведення польових спостережень у Харкові шкали бальної оцінки чисельності омели вітчизняних і закордонних дослідників (Кузнецов та ін., 2000; Шлапак та ін., 2013; Barbu, 2009 та ін.) виявилися нерепрезентативними, оскільки за цими методиками всі уражені омелою дерева мали бути віднесені до одного класу. Тож нами вдосконалено методи кількісного обліку рослини-напівпаразита в умовах великого міста та запропоновано 8-бальну шкалу індексів чисельності омели. Крім того, запропоновано популяційно-демографічний коефіцієнт $K[j-g-s]$ (автори: Ю. І. Вергелес, І. О. Рибалка), який дозволяє оцінювати співвідношення чисельності особин різних вікових груп омели білої (пререпродуктивна, репродуктивна та пострепродуктивна), характерні риси яких визначено на основі дослідження онтогенетичних особливостей виду.

Обсяг виконаних робіт. Визначено обсяг виконаних робіт за роки досліджень. Автор дисертації безпосередньо брала участь у всіх видах робіт, які було проведено з 2006 по 2019 рр.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ОМЕЛИ БІЛОЇ НА СТАН ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

Дослідження онтогенетичних особливостей омели. На основі розрахованих середніх величин приросту міжвузлів у омели білої ($n = 20$) в Харкові із застосуванням програмного забезпечення *AutoCAD* побудовано графічну фрактальну модель розвитку куща рослини-напівпаразита від ювенільної до сенільної фаз розвитку та визначено характерні риси трьох її вікових груп.

Екологічна ніша омели білої. В роботі розглянуто три аспекти ніші омели білої – місце, живитель і час (Пианка, 1981). Для опису фундаментальної та реалізованої в умовах міста Харків екологічної ніші омели білої за виміром «місце» використовували фітоіндикаційні шкали Д. М. Циганова та Г. Елленберга. В умовах Харкова за трьома екологічними факторами – загальний терморезим клімату, вологість клімату та режим затінення, – склалися оптимальні для омели білої умови. Екологічний фактор, близький до субпессимуму на розглянутій території, це морозистість клімату.

Всі кущі омели білої загалом схожі за своїми потребами в поживних речовинах, тобто воді, двоокису вуглецю і основних мінеральних речовинах (Джиллер, 1988). Фундаментальна ніша омели білої за даними різних авторів за виміром «живитель» представлена 411 видами дерев (Barney et al. 1998; Idzajtich et al. 2006) (за даними інших авторів – 450 (Szmidla et al. 2019)). Реалізована в умовах м. Харків екологічна ніша омели за цим виміром значно вужча – лише 39 видів дерев. За даними суцільного обліку дерев-живителів омели у північній, північно-західній, північно-східній, центральній, північно-західній та південно-східній частинах Харкова (загальна площа дослідженої території становить 4700 га або 15 % від загальної площі міста) екологічним оптимумом можна вважати такий набір видів: клен сріблястий (*Acer saccharinum* L.), тополя чорна (*Populus nigra* L.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) і тополя бальзамічна (*Populus balsamifera* L.).

Для визначення найбільш привабливих для омели білої видів дерев у складі міських зелених насаджень використовували ступінь відносної біотопічної приуроченості (F_{ij}) (Песенко, 1982). Для її розрахунку закладено 15 ділянок у різних частинах міста. Вони є квадратами площею 40 га, які вибрані випадково на карті в межах міського селитебного ландшафту. Польові роботи передбачали не тільки суцільний облік усіх дерев-живителів омели на ділянках та визначення ступеню їх ураження за 8-бальною шкалою, й дослідження видового складу міських зелених насаджень із використанням методу маршрутних обстежень. Найбільш привабливими для омели білої є 12 видів дерев: тополя чорна та її гібриди з непірамідальною формою крони і осика (*Populus tremula* L.) ($F_{ij} = 1,000$); дещо нижчі значення показника відносної приуроченості омели встановлено для яблуні домашньої (*Malus domestica* Borkh.), тополі білої (*Populus alba* L.), тополі Болле (*P. bolleana* Launche), горобини звичайної (*Sorbus aucuparia* L.), верби білої (*Salix alba* L.), ясена звичайного, клена сріблястого і тополі бальзамічної та її гібридів із непірамідальною формою крони ($0,999 \geq F_{ij} \geq 0,995$); найнижчі – для робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.) та груші звичайної (*Pyrus communis* L.) ($0,991 \geq F_{ij} \geq 0,994$).

Омела біла – це рослина тропічного походження, яка завдяки своїм адаптаціям змогла поширитися до зони помірних і навіть суббореальних широт. Наші фенологічні спостереження свідчать, що в умовах Харкова омела біла цвіте у березні – квітні, запилення рослини відбувається влітку, дозрівання та поширення плодів – у листопаді – грудні і триває до кінця зими. Основним агентом розповсюдження виду в насадженнях міста є омелюх (Вергелес, 2009). Зграї омелюха в Харкові та Харківській області, як правило, з'являються у середині листопада і тримаються до середини березня. В окремі роки омелюхи прилітають у жовтні (але не раніше третьої декади жовтня) і знаходяться на прольоті аж до кінця першої декади травня або з'являються тільки на початку і в кінці зимового періоду. Їхня чисельність на зимівлі зазнає значних коливань. Піки та спади чисельності демонструють певну періодичність із періодами приблизно 4 – 5 років. Максимальний час, який вони проводять у місті, становить близько півроку, саме на цей період припадає дозрівання плодів омели.

Значно меншою мірою омелю розповсюджують у міських умовах дрізд-омелюх (*Turdus viscivorus* L.) та чикотень (*T. pilaris* L.). Для дрозда-омелюха плоди рослини є основним кормовим ресурсом узимку, але його чисельність на території міста є дуже низькою, а особини цього виду тримаються переважно у прирічкових насадженнях, де вони мають кормові території. Дрізд-омелюх перебуває на території м. Харків упродовж усього року. Для чикотня ягоди омели білої взимку є випадковим кормом. Птахи цього виду перебувають у місті впродовж усього року, а взимку утворюють великі зграї.

Механізми взаємодії між омелою білою та її деревами-живителями. За санітарним станом зелені насадження Харкова на вододілах у центральній та північно-західній частинах міста оцінені як перехідні від ослаблених до суховерхівкових (середнє значення індексу санітарного стану за 7-бальною шкалою О. Д. Маслова (Вергелес, 2011): $2,50 \pm 0,03$). Аналіз зібраних даних свідчить, що досліджувані дерева ($n = 956$), розділені на дві групи – «непошкоджені» ($n = 845$) та «пошкоджені омелою» ($n = 111$), – ростуть у доволі близьких умовах за типами насаджень, індексами ґрунтових умов і класами віку. За санітарним станом непошкоджені омелою дерева оцінені як перехідні

від ослаблених до суховерхівкових (середнє значення індексу санітарного стану $2,43 \pm 0,03$), а дерева-живителі омели – як суховерхівкові ($2,98 \pm 0,08$).

Розподіли неінфікованих і інфікованих омелою дерев за класами санітарно-гігієнічного стану також істотно відрізняються, рис. 1. Для порівняння двох емпіричних розподілів застосовували непараметричний критерій узгодженості Колмогорова-Смірнова. Результати його розрахунку такі: $K-S = 1,94$, $K-S_{st} = 0,04$. Отже, на рівні значущості $p < 0,05$ групи за розглянутою ознакою відрізняються істотно. Цікаво також зазначити, що коли розподіл для уражених дерев було зрушено на один клас вперед, розподіли (за тим же тестом) не відрізнялися ($K-S = 0,13$, $K-S_{st} = 0,96$), отже, омела зумовлює погіршення санітарного стану на один клас.

Крім того, для статистичного комплексу даних по деревах-живителях омели за допомогою кореляційного аналізу виявлено тісний додатний зв'язок між індексами чисельності і віком, а також санітарним станом дерев. Отже, рослина-напівпаразит негативно впливає на облистяність крони дерев-живителів, і цей вплив посилюється з віком. Найбільш чітко взаємозв'язок між індексами чисельності і класами віку простежувався у клена сріблястого (непараметричний коефіцієнт кореляції Ч. Е. Спірмена $r_s = 0,65$; є статистично значущим на рівні $p < 0,05$), а між індексами чисельності омели і станом дерева – у робінії звичайної (був незначущим). Для статистичного комплексу даних по непошкоджених омелою деревах зв'язки виявилися іншими: санітарний стан дерев тісно корелював із номером маршруту, типом насаджень, а також ґрунтовими умовами. Проведене дослідження свідчить, що в умовах міста, де стресори комбінуються і посилюють один одного, омела – це своєрідний тригер, який переводить траєкторію розвитку міських зелених насаджень на шлях прискореної деградації.

Омела біла здатна спричинювати у дерев-живителів різні негативні ефекти, зокрема зміни в формуванні деревини і розвитку листя. Середні значення річного приросту деревини клена сріблястого – за результатами наших досліджень, один із найбільш привабливих для омели білої видів, – закономірно збільшуються у міру зростання індексу чисельності омели: для дерев із індексами ураження «0» і «1» у середньому вони становили $2,09 \pm 0,18$ мм, для дерев з індексами ураження «3» – «6» – $3,99 \pm 0,41$ мм (тобто є вищими майже вдвічі у порівнянні з контролем), рис. 2. За допомогою дисперсійного аналізу виявлено, що різниця між радіальним приростом деревини у здорових та заселених омелою дерев є статистично достовірною на рівні $p < 0,05$.

Наступним кроком стало проведення кореляційного аналізу зв'язку між індексами радіального приросту та кліматичними показниками. Для аналізу впливу клімату на

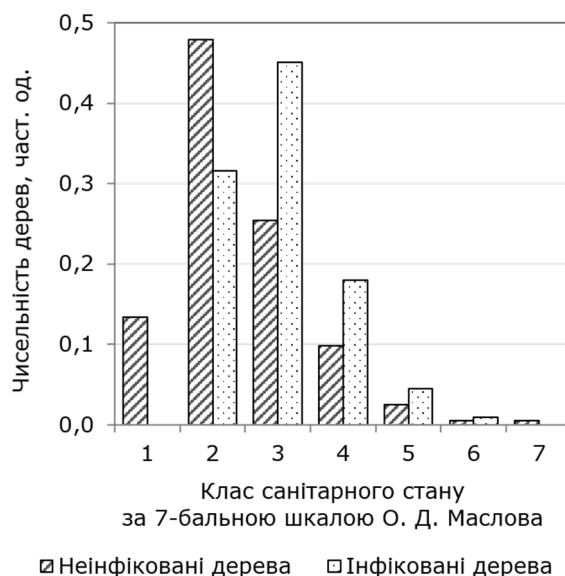


Рис. 1. Оцінка впливу омели білої на санітарний стан міських зелених насаджень

формування деревних кілець використано дані метеостанції м. Зміїв, яка знаходиться на відстані близько 40 км від центру Харкова, що дало змогу уникнути можливого впливу локальних змін клімату, притаманних великому місту.

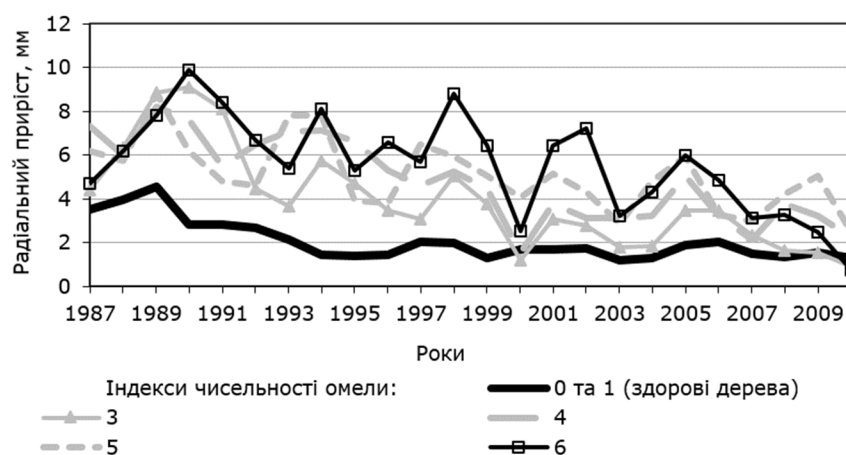


Рис. 2. Динаміка радіального приросту (ZR) клена сріблястого з різним ступенем пошкодження омелою в парку імені М. Горького, м. Харків

Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції К. Пірсона (з поправкою) між індексами радіального приросту та кліматичними показниками відображені в табл. 1.

Таблиця 1

Кореляційні коефіцієнти між індексними хронологіями клена сріблястого та кліматичними показниками

Кліматичні чинники	Дерева з індексом чисельності омели				
	«0» і «1» (контроль)	«3»	«4»	«5»	«6»
Сума опадів за IV – VI місяці, мм	-0,40	0,49*	0,29	0,19	0,30
Середньорічні температури, °C	0,37	-0,28	-0,43*	-0,30	-0,15
Середні температури за IV – VIII місяці, °C	0,47*	-0,48*	-0,60*	-0,58*	-0,38
Середні температури за III – X місяці, °C	0,43*	-0,32	-0,51*	-0,41	-0,19

Примітки: * – зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$.

З табл. 1 зрозуміло, що виявлено суттєвий позитивний вплив середньорічних температур за IV – VIII місяці на радіальний приріст у насадженні з індексами ураження «0» і «1» (контроль), а також від'ємні кореляції між індексами радіального приросту дерев із індексами ураження «3», «4» і «5». Подібні результати отримано і для середньорічних температур за III – X місяці. Отже, реакція дерев-живителів на заселення омелою простежується впродовж усього вегетаційного періоду. Також виявлено суттєвий позитивний вплив річної суми опадів за IV – VI місяці на радіальний приріст у насадженні з індексом ураження «3». Тобто загалом простежуються чіткі закономірності щодо чутливості радіального приросту груп дерев із різними індексами ураження омелою до змін клімату. В посушливий період року омела поставала вагомим фактором скорочення радіального приросту дерев, тоді як у роки з достатнім водним забезпеченням такого ефекту не виявлено. Таким чином, омела біла спричиняє зниження адаптивного потенціалу міської рослинності до кліматичних змін, зокрема до впливу посух і високих температур.

Також нами здійснено спробу кількісно оцінити вплив посушливості клімату на радіальний приріст модельних дерев. Для цього розраховували індекс посушливості Мартонна (I) (Дрє, 1976) за даними, що характеризують річну кількість опадів і річну температуру. Чим вищий цей індекс, тим вологішим є клімат. Розрахунки показали, що для заданих умов індекс I варіював у межах від 20,08 (визначено для 2008 р.) до 40,27 (для 2003 р. відповідно), але спроби визначити взаємозв'язок між індексами посушливості та щорічним радіальним приростом у дерев із різним ступенем ураження омелою виявилися безуспішними.

Наші дослідження показали, що тополі із непірамідальною формою крони є найбільш придатними для заселення омелою різновидами. На прикладі тополі канадської (*Populus deltoides* Moench.) показано, що середній діаметр для неінфікованих омелою гілок становив $2,69 \pm 0,17$ см, для інфікованих (на 10 см вище фіксації куща) – $2,44 \pm 0,16$ см, тобто є меншим на 9 %, ніж у контролі. Водночас міцність для непошкоджених омелою гілок становила $92,0 \pm 10,4$ кг·с/см², а для пошкоджених – $68,0 \pm 7,4$ кг·с/см², тобто є меншою на 28 %, ніж у контролі. Середня маса одного листка для непошкоджених гілок тополі канадської становила $0,72 \pm 0,05$ г, для інфікованих – $0,54 \pm 0,04$ г; середня площа листкової пластинки для непошкоджених гілок тополі становила $26,47 \pm 2,17$ см², для пошкоджених – $20,26 \pm 1,58$ см², тобто є меншою, ніж у контролі на 25 % та 23 % відповідно. Різниця між параметрами гілок і листя у здорових та заселених омелою дерев є статистично достовірною на рівні $p < 0,05$.

Особливості розповсюдження виду. Загалом на досліджуваній території (шість ділянок, які знаходяться у північній, північно-західній, північно-східній, центральній, північно-західній та південно-східній частинах Харкова, загальною площею 4700 га) виявлено 7 747 деревних рослин, інфікованих омелою. Наведено перелік дерев-живителів омели, що представлений 39 видами. Найчастіше на досліджуваній території виявляли дискретні групи омели, на яких знаходилося від 1 до 5 кущів (індекс чисельності – «1»), а це вказує на те, що розповсюдження рослини в ще не заселені нею місця триває. Найбільше таких дискретних груп виявлено у північно-східній частині міста.

У різних частинах міста чисельність омели й динаміка її популяції суттєво відрізняються (рис. 3). У центральній-західній і південно-східній частинах міста щільність омели в перерахунку на квадрат UTM 1 км × 1 км значно більша, ніж на північному-сході, у центральній і південно-східній частинах міста переважають стабільні локальні популяційні фрагменти, а у північно-східній частині – молоді. Загалом у місті простежується така тенденція: омела продовжує розповсюджуватися у північно-східному напрямку.

Структура популяції омели. За результатами натурної зйомки чисельності популяції омели білої на шести ділянках у різних частинах Харкова оцінювали кількість «молодих» (ювенільного класу віку), «зрілих» (генеративного 1-го та генеративного 2-го класів віку) та «старих» (сенільного класу віку) кущів омели. Ці дані використано для побудови вікових пірамід локальних популяційних фрагментів омели у міських умовах. За віковими пірамідами встановлено такі типи динаміки популяції омели: «популяція, що зростає» (ділянка у північній частині міста), «стабільна популяція»

(ділянки у північно-західній, північно-східній, центральній, південно-західній та південно-східній частинах).

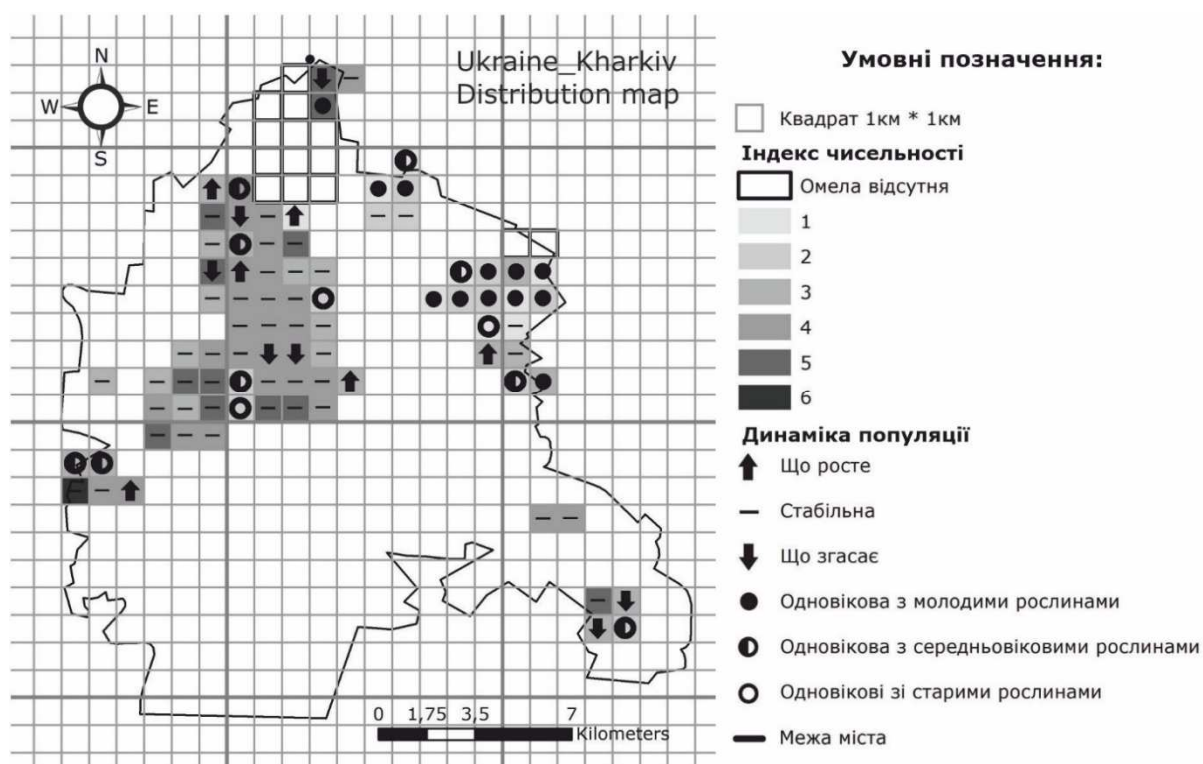


Рис. 3. Карта розповсюдження омели білої в ландшафтах м. Харків

За літературними даними, співвідношення в популяції омели чоловічих та жіночих кущів дуже часто істотно відрізняється від співвідношення 1:1, зазвичай переважають жіночі рослини (понад 70 % популяції) (Zuber, 2004).

Для визначення типу просторового розподілу особин у популяції використовували індекс Одума (I_o) (Крамаренко, 2020). Для його розрахунку закладено 25 ділянок площею 1 га кожна у центральній частині міста, рис. 4. Щільність омели на ділянках у середньому становила 22 кущ./га, а тип розподілу особин популяції омели у просторі – груповий (або агрегований) ($I_o = 76$).

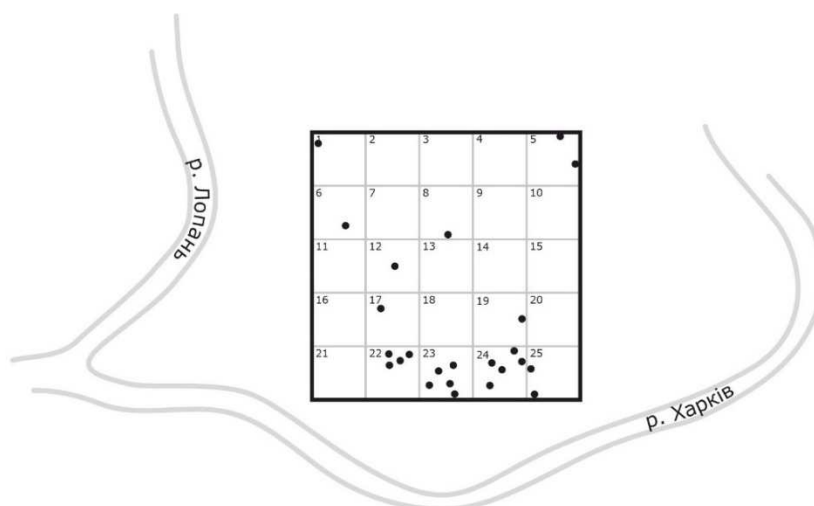


Рис. 4. Розподіл особин популяції омели у просторі в Харкові

Моделювання динаміки популяції омели білої у міських умовах. Зібрані дані на шести ділянках у різних частинах м. Харків стали експериментальною базою для розробки матричної моделі динаміки чисельності популяції омели білої. Для імітаційного моделювання динаміки популяції омели застосовано підхід, використаний М. Уільямсоном (Прокопенко, 1997; Уільямсон, 1975).

Наведено опис математичної моделі та детально розглянуто процедуру її налаштування за даними польових спостережень. На основі проведених розрахунків було підтверджено гіпотезу щодо розподілу чисельності омели за віком згідно геометричної прогресії. На рис. 5 представлено модельований стабільний розподіл чисельності особин омели за віком на ділянці у північно-західній частині міста (одна із найбільш заселених). Розроблена модель надала можливість провести аналіз змін у часі чисельності кущів омели білої, розподілу їх за віком як у ретроспективі, так і на перспективу, а також змодельовати випадкове знищення рослин.

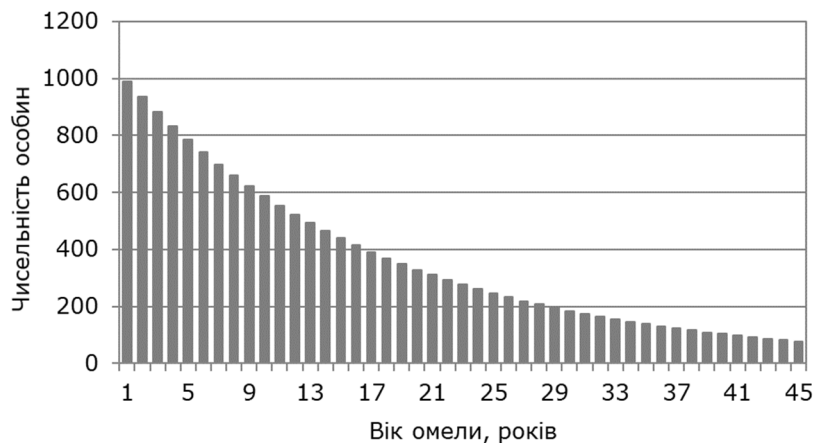


Рис. 5. Розподіл чисельності особин омели за віком на ділянці № 2

За допомогою моделі, появу перших особин омели в місці на ділянці № 1 (у північній частині міста) можна приблизно датувати 1912 р., на ділянці № 2 (північно-західній) – 1896 р., № 3 (північно-східній) – 1926 р., № 4 (центральній) – 1873 р., № 5 (південно-західній) – 1898 р., № 6 (південно-східній) – 1911 р. Отримані результати близькі до експертних оцінок. Прогнозування свідчить, що на ділянках № 1, № 4 і № 5 загальна кількість кущів омели через 20 років після проведення польових спостережень збільшиться приблизно утричі; на ділянках № 2 і № 6 – у чотири рази; на ділянці № 3 – у п'ять разів. Найбільш стрімко чисельність омели зростатиме на ділянці № 3, у Салтівському житловому масиві, а найповільніше – на ділянці № 4, в центральній частині міста. У разі застосування механічного контролю чисельності й поширення омели найбільш ефективним заходом є вилучення гілок із «молодими» та «зрілими» кущами, що забезпечує максимальне зниження швидкості росту популяції у майбутньому.

Механізми взаємодії «омела – вектор». На графіку (рис. 2) чітко простежуються піки та спади радіального приросту дерев-живителів омели з високим ступенем ураження, які, ймовірно, значною мірою збігаються із піками та спадами чисельності популяції птахів-розповсюджувачів насіння омели.

Враховуючи, що багаторічні спостереження за рослиною-напівпаразитом на території Харкова не проводили, нами було здійснено спробу оцінити вплив птахів-розповсюджувачів насіння омели на ріст її колонізаційних плям опосередковано, через радіальний приріст дерев-живителів. Модельним видом птахів для нашого дослідження обрано омелюха. За допомогою кореляційного аналізу виявлено зв'язок між часовими рядами індексів чисельності омели та радіального приросту дерев-живителів, згрупованих за індексом чисельності «4» (коефіцієнт кореляції Пірсона (з поправкою) $r_{xy}^* = 0,57$ є статично значущим на рівні $p < 0,05$).

ЕКОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПОШИРЕННЯ ТА ЧИСЕЛЬНІСТЬ ОМЕЛИ БІЛОЇ

На рівні особин дерев-живителів. Досліджуваний статистичний комплекс був сформований із 10 об'єктів (дерева-живителів омели на вододілах у північно-західній частині Харкова, які ростуть у подібних умовах, мають приблизно однакові характеристики стану крони, діаметр на рівні погруддя, клас за висотою та вік), для кожного з яких вимірювали 17 ознак: діаметр стовбура на рівні погруддя (см), висота (м), індекс чисельності омели, положення крони в наметі та ін. За результатами аналізу головних компонент встановлено, що існує тісний додатний взаємозв'язок між індексами чисельності омели білої та показниками периферійного відмирання крони дерева-живителя, ступенем дефоліації, класом та категорією санітарного стану, а також діаметром крони у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

На рівні біоценозу. На рівні біоценозу ми розглянули взаємодію популяції омели з популяціями дерев-живителів і птахів-розповсюджувачів її насіння. У цьому дослідженні основну увагу було приділено взаємозв'язкам між популяцією омели білої та видовим багатством і видовою різноманітністю насаджень. Ділянки ($n = 15$), на яких проводили дослідження, знаходяться у північній, північно-східній, центральній, північно-західній та південно-східній частинах м. Харків. За результатами кореляційного аналізу встановлено, що щільність омели білої тісно корелює з видовим багатством деревостану: $r_s = 0,70$, $p < 0,05$. Водночас достовірної кореляції щільності популяції омели білої з показниками видового різноманіття насаджень не виявлено. Наведено рекомендації щодо оптимізації видового складу міських зелених насаджень Харкова.

На рівні ландшафту. Досліджуваний статистичний комплекс був сформований із 15 об'єктів (ділянки у різних частинах міста), для кожного з яких вимірювали 80 ознак: щільність омели білої (кущ./км²), частка площі забудови та зелених насаджень, кількість окремих фрагментів насаджень (шт.), щільність вулично-дорожньої мережі (км/км²) та ін. За результатами аналізу головних компонент встановлено, що щільність омели тісно пов'язана зі щільністю вулично-дорожньої мережі, середньою відстанню між деревами, переважаючим віком дерев у складі насаджень і часткою площі забудови. Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що омела біла в умовах урбанізованого довкілля є індикатором антропогенної трансформації ландшафтів, яка супроводжується неконтрольованою фрагментацією і вирубанням насаджень, відведенням значних площ під промислово-селитебну забудову та вилученням земель під транспортні мережі.

Крім того, встановлено, що зі збільшенням щільності популяції омели закономірно зменшується коефіцієнт розмноження (кінцева швидкість розмноження), рис. 6. Це є ілюстрацією відомого в загальній екології принципу Ч. Оллі ($r_s = -0,85$, зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$).

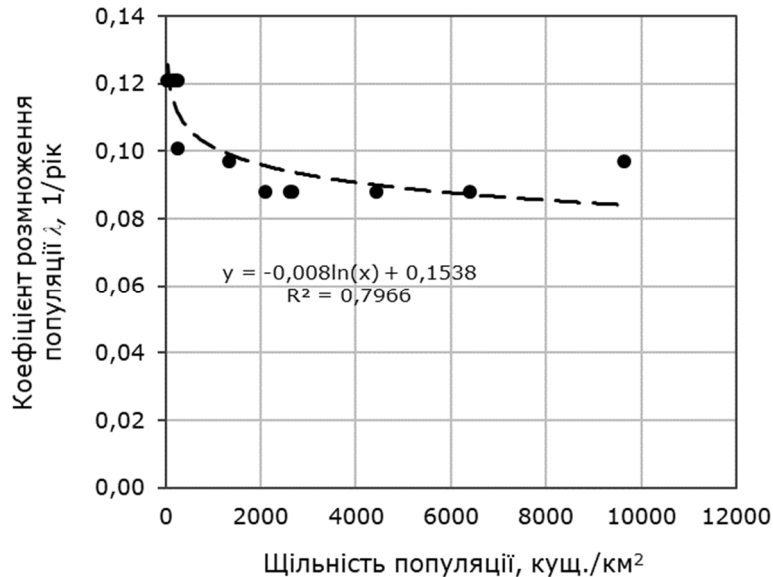


Рис. 6. Залежність коефіцієнта розмноження від показника щільності популяції омели

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО МОНІТОРИНГУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

Методика моніторингу насаджень. На нашу думку, альтернативою суцільній інвентаризації насаджень територіальних громад міст та селищ України як одноразової акції за багаторічний період є використання вибірових методів для постійного (щорічного) моніторингу та оцінювання якісного стану зелених насаджень. У зв'язку зі значною неоднорідністю характеру міської забудови і, відповідно, розміщенням рослинних угруповань різного походження, найпоширенішим прийомом під час вибіркового обліку насаджень є поділ території населеного пункту на однорідні зони. Стратифікація сукупності – загальноприйнятий у математичній статистиці спосіб зниження мінливості досліджуваної ознаки (Миронюк та ін., 2011). Ми пропонуємо виділяти чотири страти відповідно до генплану населеного пункту: житлова малоповерхова забудова; житлова та адміністративно-ділова багатоповерхова забудова; промислова забудова і транспортні зони; суцільні зелені масиви (парки, сади, лісопарки тощо). Основна ідея полягає у поділі зазначених зон на дрібніші сегменти, в межах яких закладають декілька пробних ділянок для суцільного обстеження (у певному сенсі є аналогами елементарних інвентаризаційних ділянок).

На наш погляд, процедура здійснення локального моніторингу насаджень населених пунктів України має складатися із двох основних стадій – розроблення проєкту моніторингу та, власне, виконання спостережень за станом насаджень, рис. 7. Детально розглянуто кожну зі стадій. Наведено алгоритм закладання мережі постійних пробних ділянок, обґрунтовано польові показники та вибір обладнання, визначено регламент спостережень, відображено принципи аналізу зібраних даних та ін.

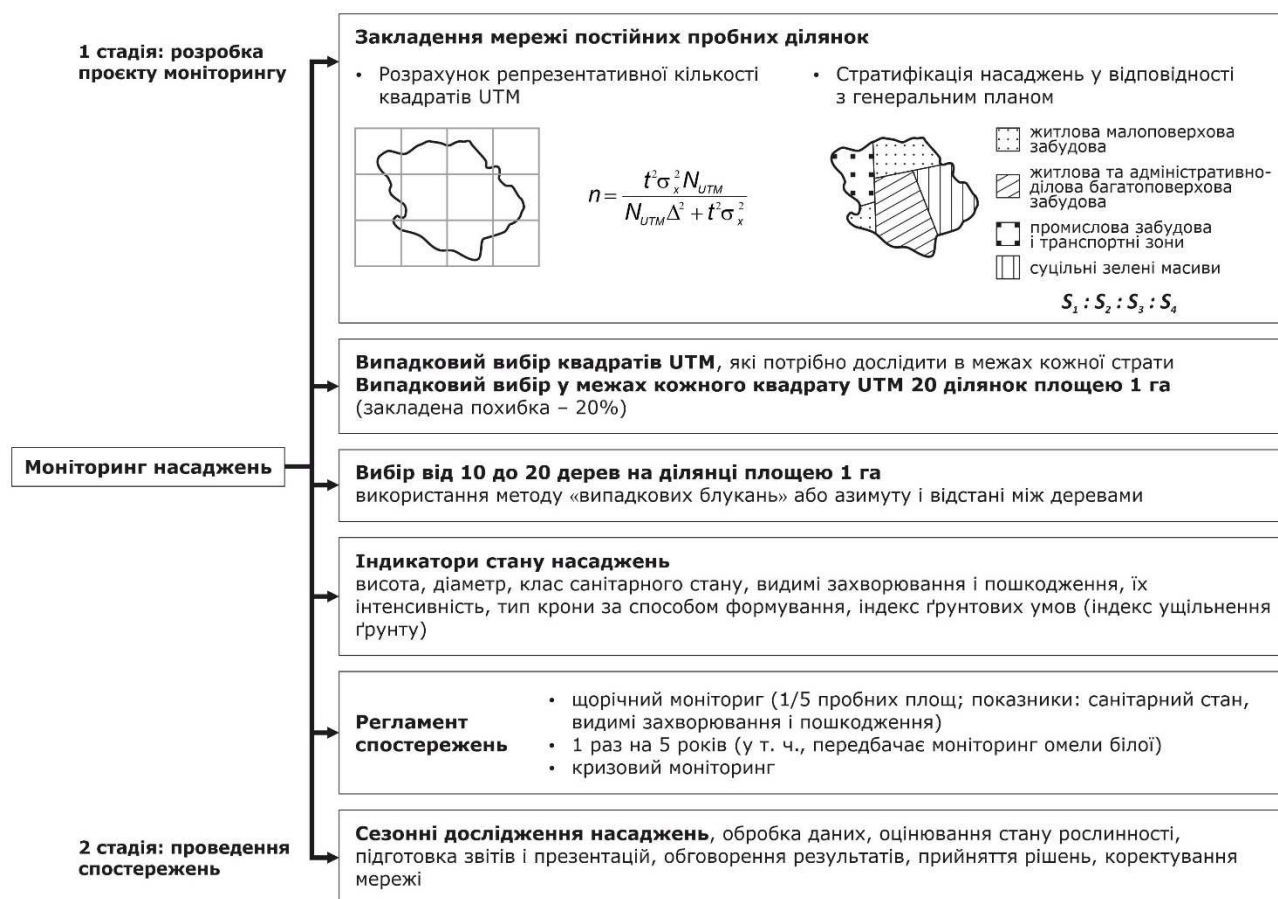


Рис. 7. Стадії і алгоритм моніторингу насаджень населених місць

Порівняння існуючої системи моніторингу зелених насаджень населених місць із запропонованими підходами. Наведено результати порівняння існуючої системи моніторингу зеленої інфраструктури населених місць із запропонованими підходами. Запропонована у дисертації методика базується на прототипі, що апробований в насадженнях Харкова (Vergeles, Vyshnevetski, 2001) і який істотно перероблено у частині вибору моніторингових ділянок і переліку показників стану насаджень. Запропонована методика має низку переваг у порівнянні з їх суцільною інвентаризацією (не потребує значних людських ресурсів і дає змогу отримати повнішу інформацію про стан насаджень), а також із методикою моніторингу лісів (бере до уваги гетерогенність і функціональну специфіку міських насаджень).

ВИСНОВКИ

У дисертації відображено результати визначення особливостей поширення омели білої в біоценозах м. Харків, комплексного оцінювання її шкодочинності в міських зелених насадженнях, моделювання динаміки популяції цього виду, а також визначення основних екологічних факторів розповсюдження у міських умовах, що дає підстави узагальнити це у таких положеннях:

1. В умовах Харкова за трьома екологічними факторами – загальний терморезим клімату, вологість клімату та режим затінення, – склалися оптимальні для омели білої умови. Екологічний фактор, близький до субпессимуму, – морозистість клімату.

2. Реалізована в умовах м. Харків трофічна ніша омели білої представлена 39 видами дерев (екологічний оптимум: клен сріблястий, тополя чорна, ясен звичайний, клен гостролистий та тополя бальзамічна). Найбільш привабливими для омели є 12 видів дерев у складі міських зелених насаджень: тополя чорна та її гібриди з непірамідальною формою крони, осика, яблуня домашня, тополя біла, тополя Болле, горобина звичайна, верба біла, ясен звичайний, клен сріблястий та ін.
3. За санітарним станом міські насадження Харкова оцінено як перехідні від ослаблених до суховерхівкових, причому індекс санітарного стану з 1998 р. донині збільшився від $2,37 \pm 0,02$ до $2,50 \pm 0,03$.
4. Середні значення деревно-кільцевих хронологій клена сріблястого закономірно збільшуються у міру зростання індексу чисельності омели: для дерев з індексами ураження «0» і «1» у середньому вони становили 2,09 мм, для дерев із індексами ураження «3» – «6» – 3,99 мм, тобто є вищими майже в два рази у порівнянні з контролем. Простежуються чіткі закономірності щодо чутливості радіального приросту груп дерев із різним ступенем ураження омелою до змін клімату, зокрема до впливу посух і високих температур.
5. Діаметр інфікованих гілок модельних видів-живителів вище місця фіксації куща омели є меншим (у середньому на 9 %), так само як і міцність (у середньому на 28 %) та приріст листової маси (у середньому на 24 %) у порівнянні із неінфікованими.
6. У центрально-західній і південно-східній частинах Харкова щільність омели в перерахунку на квадрат УТМ $1 \text{ км} \times 1 \text{ км}$ значно більша, ніж на північному сході. У центральній і південно-східній частинах міста переважають стабільні локальні популяційні фрагменти, а у північно-східній частині – молоді. Загалом у місті омела продовжує розповсюджуватися у північно-східному напрямку.
7. Типи динаміки локальних фрагментів популяції омели у місті, встановлені за аналізом вікової структури, є такими: «популяція, що зростає» (ділянка № 1) та «стабільна популяція» (ділянки № 2 – 6). Тип розподілу особин популяції омели у просторі – груповий (або агрегований).
8. Ретроспективний аналіз поширення омели білої в Харкові із застосуванням матричної популяційної моделі свідчить, що її заселення відбулося на ділянці № 1 у 1912 р., на ділянці № 2 – у 1896 р., № 3 – у 1926 р., № 4 – у 1873 р., № 5 – у 1898 р., № 6 – у 1911 р. Отримані результати близькі до експертних оцінок.
9. Прогнозування динаміки популяції омели білої в м. Харків свідчить, що загальна кількість кущів омели через 20 років після проведення польових спостережень збільшиться на окремих ділянках від 2 до 5 разів, найбільш стрімко – в Салтівському житловому масиві, а найповільніше – в центральній частині міста, якщо сучасні популяційні тенденції зберігатимуться без впливу додаткових факторів.
10. Статистично доведено наявність взаємозв'язку між вектором і чисельністю колонізаційних плям омели у місті на прикладі модельного виду дерева-живителя – клена сріблястого: при аналізі часових рядів отримано достовірний коефіцієнт кореляції ($r_{xy}^* = 0,57$, $p < 0,05$) між індексами чисельності омелюха («вектор») і динамікою радіального приросту у інфікованих омелою дерев.
11. Існує тісний додатний взаємозв'язок між індексами чисельності омели та показниками периферійного відмирання крони дерева-живителя, ступенем дефоліації,

класом та категорією санітарного стану, а також діаметром його крони у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

12. Визначено достовірну кореляцію між щільністю популяції омели білої та видовим багатством деревостану і її відсутність між щільністю популяції омели та показниками видового різноманіття насаджень.

13. Щільність омели білої тісно пов'язана зі щільністю вулично-дорожньої мережі, середньою відстанню між деревами, переважаючим віком дерев у складі насаджень і часткою площі забудови (факторні навантаження $> 0,70$).

14. У міру збільшення щільності популяції омели закономірно зменшується коефіцієнт розмноження, що є ілюстрацією відомого в загальній екології принципу Ч. Оллі: $r_s = -0,85$ (зв'язок достовірний на рівні значущості $p < 0,05$).

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Вергелес Ю. І., **Рибалка І. О.** Комплексна порівняльна ландшафтно-екологічна характеристика ділянок міської території, що належать до різних функціональних зон: методичні вказівки. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2011. 19 с.
2. **Рибалка І. О.** Взаємозв'язок між інтенсивністю зараження омелою білою (*Viscum album* L.) та деякими екологічними параметрами дерев-живителів. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2016. № 26(5). С. 146–152.
3. **Рибалка І. О.** Омела біла (*Viscum album* L.) у міському ландшафті: дослідження змін чисельності популяції у ретроспективі та на перспективу. *Тематичний щорічник Інституту екології Карпат НАН України «Наукові основи збереження біотичної різноманітності»*. 2016. Т. 7(14). № 1. С. 211–228.
4. **Рибалка І. О.** Прикладні аспекти екологічного менеджменту популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях (на прикладі м. Харків). *Біологічні студії*. 2016. № 3(4). С. 141–154.
5. **Рибалка І. О.** Сучасні проблеми екологічної безпеки насаджень урбанізованих територій. *Проблеми екологічної безпеки: Праці 14 міжнар. наук.-техн. конф. (Кременчук, 12–14 жовтня 2016)*. Кременчук, 2016. С. 96.
6. **Рибалка І. О.** Увага: омела біла. До питання контролю розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) у насадженнях міст Східного Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 11–12. С. 19–24.
7. **Рибалка І. О.** Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на стан зелених насаджень. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2017: Праці 20 міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 10-річчю створення екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна (Харків, 19–22 квітня 2017)*. Харків, 2017. С. 178–179.
8. **Рибалка І. О.** До екологічної безпеки зелених насаджень в умовах швидкої інвазії омели білої (*Viscum album* L.). *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Сер.: Технічні науки*. 2017. № 1. С. 124–136.
9. **Рибалка І. О.** До питання підвищення рівня екологічної безпеки насаджень населених пунктів України в умовах надмірного розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.). *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. № 102(1). С. 111–120.

10. **Рибалка І. О.** Економічна ефективність технології захисту зелених насаджень від впливу омели білої (*Viscum album* L.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Экономические науки*. 2017. № 138. С. 42–47.
11. **Рибалка І. О.** Застосування лінійних регресійних моделей чисельності омели білої (*Viscum album* L.) для підвищення ефективності управління екологічною безпекою зелених насаджень. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2017. № 16. С. 143–151.
12. **Рибалка І. О.** Практичні рекомендації щодо захисту міських зелених насаджень від пошкодження омелою білою (схвалено за засіданні кафедри інженерної екології міст, протокол № 9 від 20.05.2019 р.). Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, 2019. 5 с.
13. **Рибалка І. О.,** Бараннік В. О., Вергелес Ю. І. Використання геоінформаційних технологій в дослідженні особливостей розповсюдження омели білої (*Viscum album* L.) на території м. Харків. *Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Праці 3 регіональної наук. конф. студентів, магістрантів, аспірантів та молодих учених* (Харків, 15–16 грудня 2010). Харків, 2010. С. 179–181.
14. **Рибалка І. О.,** Бараннік В. О., Вергелес Ю. І. Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) на урбанізованих територіях для контролю її поширення та чисельності. *Лісівнича наука: витоки, сучасність, перспективи: Праці наук. конф., присвяченої 80-річчю від дня заснування УкрНДІЛГА* (Харків, 12–14 жовтня 2010). Харків, 2010. С. 206–207.
15. **Рибалка І. О.,** Вергелес Ю. І. Особливості поширення омели білої (*Viscum album* L.) на території міста Харкова. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2016. № 26(7). С. 145–151.
16. **Рибалка І. О.,** Вергелес Ю. І. Дослідження взаємозв'язку між чисельністю омели білої (*Viscum album* L.) та омелюха (*Bombus garrula* L.) у міському ландшафті. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2017. № 27(1). С. 73–78.
17. **Рибалка І. О.,** Вергелес Ю. І. Дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на приріст біомаси дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Екологічна безпека та збалансоване природокористування*. 2017. № 2(16). С. 72–77.
18. **Рибалка І. О.,** Вергелес Ю. І. Оцінка впливу омели білої на санітарний стан міських насаджень. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища: Матеріали міжнар. наук. конф., присвяченої 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України* (Київ, 22–24 вересня 2020). Київ, 2020. С. 291–294.
19. **Рибалка І. О.,** Вергелес Ю. І. Щодо вдосконалення системи моніторингу насаджень територіальних громад міст та селищ України. *Multidisciplinary academic research and innovation: Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference*. Amsterdam, 2021. P. 93–95.
20. **Рибалка І. О.,** Вергелес Ю. І., Бараннік В. О. Моделювання розвитку популяції омели білої (*Viscum album* L.) у міському ландшафті. *Екологія. Людина. Суспільство: Праці 13 міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених* (Київ, 19–23 травня 2010). Київ, 2010. С. 53–54.
21. **Рибалка І. О.,** Вергелес Ю. І., Бараннік В. О. Моделювання популяції омели білої (*Viscum album* L.) для забезпечення сталого розвитку садово-паркового господарства

- міст. *Науковий вісник Чернівецького університету «Біологія (Біологічні системи)»*. 2016. Т. 8. № 2. С. 298–309.
22. **Рибалка І. О.**, Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на динаміку радіального приросту клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.) в Лісостеповій зоні України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2012. № 22(15). С. 57–63.
23. **Рибалка І. О.**, Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Результати дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на продуктивність насаджень. *Охорона довкілля: Праці 9 всеукр. наук. Таліївських читань (Харків, 19–20 квітня 2013)*. Харків, 2013. С. 139–141.
24. **Рибалка І. О.**, Вергелес Ю. І., Лапшин О. С. Дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Технические науки и архитектура*. 2017. № 137. С. 72–79.
25. **Рибалка І. О.**, Стольбег Ф. В. Щодо вдосконалення методики дослідження впливу омели білої (*Viscum album* L.) на міцність гілок дерев (на прикладі тополі канадської, *Populus deltoides* Moench.). *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. Сер.: Технические науки и архитектура*. 2017. № 139. С. 130–134.
26. **Рибалка І. О.**, Чайка А. С., Вергелес Ю. І. Результати досліджень поширення омели білої (*Viscum album* L.) в ландшафтах центральної частини м. Харків. *Фундаментальні та прикладні дослідження в біології: Праці 1 міжнар. конф. студентів, аспірантів та молодих учених (Донецьк, 23–26 лютого 2009)*. Донецьк, 2009. С. 394–395.
27. **Рыбалка И. А.** Взаимосвязь между плотностью омелы белой (*Viscum album* L.) и некоторыми ландшафтно-экологическими характеристиками урбанизированных территорий (на примере г. Харькова). *Экологический вестник*. 2017. № 39(1). С. 87–97.
28. **Rybalka I.**, Vergeles Yu., Barannik V. The White Mistletoe's (*Viscum album* L.) population modeling and control in urban areas. *Ecobaltica – 2011: Book of proceedings of the XIII International Youth Environmental Forum (St.-Petersburg, September 29 – October 1, 2011)*. St.-Petersburg, 2011. С. 101–105.

АНОТАЦІЯ

Рибалка І. О. Омела біла (*Viscum album* L.) в біоценозах м. Харків: екологічна ніша, шкодочинність, динаміка популяції. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова МОН України, Харків, 2021.

Захист дисертації відбудеться на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.257.01. Інститут екології Карпат НАН України, Львів, 2021.

Дослідження проведено в північно-східній частині України, на території м. Харків. Визначено особливості поширення омели білої у складі біотичних угруповань штучного походження. З'ясовано механізми взаємодії між рослиною-напівпаразитом та деревами-живителями як на рівні всього організму деревної рослини, так і на рівні її окремих частин (стовбур, гілки, листя). Визначено особливості розповсюдження виду в ландшафтах міста Харків. Розроблено матричну модель динаміки чисельності популяції омели білої, яка надала можливість провести аналіз змін у часі чисельності кущів омели білої, розподілу їх за віком як у ретроспективі, так і на перспективу, а також

змоделювати випадкове знищення рослин. З'ясовано механізми взаємодії між омелою та первинним вектором її розповсюдження – птахами (на прикладі омелюха). Вивчено екологічні фактори, які сприяють поширенню омели білої на рівнях особин дерев-живителів, біоценозу, ландшафту. Розроблено методологічні засади організації та здійснення локального моніторингу насаджень на території населених місць України, що є основою для забезпечення їхнього сталого розвитку.

Ключові слова: омела біла, деревні насадження, антропогенний ландшафт, вид-едифікатор, стан дерева, популяція, екологічний фактор, моніторинг.

АННОТАЦІЯ

Рыбалка И. А. Омела белая (*Viscum album* L.) в биоценозах г. Харьков: экологическая ниша, вредоносность, динамика популяции. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова МОН Украины, Харьков, 2021.

Защита диссертации состоится на заседании диссертационного совета К 35.257.01. Институт экологии Карпат НАН Украины, Львов, 2021.

Исследование проведено в северо-восточной части Украины, на территории г. Харьков. Определены особенности распространения омелы белой в составе биотических сообществ искусственного происхождения. Выявлены механизмы взаимодействия между растением-полупаразитом и деревьями-хозяевами как на уровне всего организма древесного растения, так и на уровне его отдельных частей (ствол, ветки, листья). Определены особенности распространения вида в ландшафтах города Харьков. Разработана матричная модель динамики численности популяции омелы белой, которая позволила провести анализ изменений во времени численности кустов омелы белой, распределения их по возрасту как в ретроспективе, так и на перспективу, а также смоделировать случайное уничтожение растений. Выявлены механизмы взаимодействия между омелой и первичным вектором ее распространения – птицами (на примере свиристеля). Изучены экологические факторы, которые способствуют распространению омелы белой на уровнях особей деревьев-хозяев, биоценоза, ландшафта. Разработаны методологические основы организации и осуществление локального мониторинга насаждений на территории населенных мест Украины, что является основой для обеспечения их устойчивого развития.

Ключевые слова: омела белая, древесные насаждения, антропогенный ландшафт, вид-эдификатор, состояние дерева, популяция, экологический фактор, мониторинг.

SUMMARY

Rybalka I. O. The White Mistletoe (*Viscum album* L.) in biocoenoses of the city of Kharkiv: its ecological niche, damaging effects on the tree stands, and populations dynamics. – A scholarly qualification manuscript.

A Thesis on obtaining the degree of Cand. Sci. (=Ph.D.) in Biology on specialty 03.00.16 – Ecology. – O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The thesis defense will be held at the Specialized Academic Council K 35.257.01 meeting. The Institute of Ecology of the Carpathians of the NAS of Ukraine, Lviv, 2021.

The study was carried out at 6 plots in the city of Kharkiv, Ukraine. Following the field surveys, the place of the White Mistletoe in biotic communities of artificial tree stands was highlighted, in particular, the host tree species with which the mistletoe is closely associated. Interactions between the White Mistletoe and its tree host were studied at the level of a whole tree, as well as its different parts, e.g. trunk, branches, leaves. It was found that the mistletoe infestation can deteriorate the tree health state down one degree (applying the A. D. Maslov's scale for assessing tree health). From studying interactions of the White Mistletoe with the model host tree species, the Silver Maple, I've found that the mistletoe infestation caused almost twofold increase in radial wood increment comparing to the control (non-infested trees of the same age in the same growing conditions of an urban park). In another model host tree species, the Cottonwood, I've found that both diameters and strength of infested branches behind the mistletoe's fixation point decrease remarkably (by 9 % and 28 % in average respectively) with the mistletoe shrub's growth comparing to non-infested branches at the same trees. Moreover, the mistletoe causes decrease in leaf biomass growth (by 24 % in average) at this host tree species.

I've found that the White Mistletoe is gradually colonizing new neighbourhoods in the studied urban area north-eastward, in general.

The data on the number and age structure of the mistletoe populations obtained from survey plots served as an input to the model of the White Mistletoe's population dynamics. This scenario-based model enables both hind casting and forecasting of the species dynamics that, in turn, can be used as a tool for defining urgent actions to manage mistletoe's populations in urban areas in a sustainable way.

Interactions between the White Mistletoe and its primary dispersal vector – birds – were investigated following a case of the Bohemian Waxwing that is a major disperser of mistletoe's seeds in the studied area. Following analysis of almost 30-year long time series of Waxwing's winter invasions to the north-east Ukraine I've concluded that ornithochory cannot be viewed as a single vector of mistletoe's dispersal but anemo-hydrochory should be considered as an additional powerful driver of the mistletoe patch dynamics.

For an integrated study of ecological factors favouring the mistletoe's expansion in urban areas, its functional relations with tree stands were scaled down to three levels: a single tree, a woody patch, and a landscape. From the correlation and the Principal Components (PC) analyses I got known that mistletoe infestation risk to a single tree from the susceptible species set is increasing at increase of a crown diameter in both cross-perpendicular directions. Negative impact of the White Mistletoe on a single tree is also manifested by increased

peripheral crown's dieback and defoliation, as well as general deterioration of the tree health status.

The density of the White Mistletoe on the surveyed plots is positively correlated with the tree species richness. However, at the woody patch level, no correlation was found between the mistletoe's density and tree species diversity (measured with the Shannon's and Berger-Parker's diversity indexes). Negative correlation was found between the White Mistletoe's density and the finite growth rate of its populations that is an illustration of the Ch. Allee's principle.

At the landscape level, multiple correlation and PC analyses revealed factors that positively influenced the mistletoe's expansion. These included urban road and street density, building density, mean distance between trees in a stand, and prevailing tree age. Thus, the White Mistletoe can be regarded as valuable indicator of an overall anthropogenic transformation of landscapes.

The study resulted in methodological backgrounds for local ecological monitoring of urban forest in cities and municipalities of Ukraine, as a measure to provide for achieving the urban sustainable development goals.

Key words: *the White Mistletoe, tree stands, human-made landscape, ecosystem engineer species, tree health, population, ecological factor, monitoring.*