

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЧИСЕЛЬНІСТЮ ОМЕЛИ БІЛОЇ (*VISNUM ALBUM L.*) ТА ОМЕЛЮХА (*BOMBYCILLA GARRULA L.*) У МІСЬКОМУ ЛАНДШАФТІ

I. O. Rybalka, Yu. I. Vergeles

Харківський НУ міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, Україна

Наведено результати дослідження взаємозв'язку між чисельністю омели білої (*Viscum album L.*) та омелюха (*Bombycilla garrulus L.*) у міському ландшафті. Дослідження проведено в період із 1989 по 2010 рр. на території Центрального парку культури і відпочинку ім. Горького, м. Харків (Україна). Спостереження за омелою та омелюхом здійснено за оригінальними методиками. Під час аналізування часових рядів враховано результати моделювання сценаріїв еволюції популяції омели білої в ретроспективу та результати дендрохронологічного аналізу ходу росту дерев-живителів омели (на прикладі клена сріблястого (*Acer saccharinum L.*)). Ретроспективний аналіз проведено із застосуванням матричної моделі динаміки чисельності популяції омели білої. Для визначення взаємозв'язку між досліджуваними часовими рядами застосовано параметричні методи аналізу (коєфіцієнтами парної кореляції Пірсона). Обґрунтовано, що чисельність омели білої позитивно корелює з чисельністю птахів, які поширюють насіння рослини-напівпаразита.

Ключові слова: омела біла, омелюх, міський ландшафт, аналіз часових рядів.

Вступ. Омела біла (*Viscum album L.*) – це вічнозелений кулястий напівпаразитний "куш" родини ремнецевітих. Воду і мінеральні речовини вона отримує від дерева-живителя, на якому оселяється, а органічні речовини синтезує самостійно. В умовах помірного клімату рослина-напівпаразит виростає до 100-120 см у діаметрі. Плід омели білої – соковита ягода з клейкою м'якоттю, яка спочатку зелена (жовто-зелена, напівпрозора), а під час дозрівання (взимку) – біла. Поширюють насіння омели птахи, що живляться її плодами в зимовий період року: дрозди – омелюх (*Turdus viscivorus L.*) та, набагато меншою мірою, – чикотень (*T. pilaris L.*), а також, головним чином, – омелюх (*Bombycilla garrulus L.*). Насіння омели, яке пройшло через травну систему птаха, зберігає схожість, залишається клейким і легко прилипає до гілок дерев. Природний ареал поширення омели білої, австрійської та ялицевої в Європі простягається від 10° зх. д. до 80° сх. д. і від 60° пн. ш. до 35° пд. ш. Лімітувальним чинником, який обмежує поширення омели у північному та східному напрямках, є середньомісячна температура січня (Zuber, 2004; Zuber, & Widmer, 2009).

На сьогодні, через зміни клімату, ареали поширення багатьох видів змінюються, не винятком є й омела біла. Якщо кілька десятиліть тому в Україні вона пошкоджувала переважно окремі дерева, то зараз нерідко уражені цілі деревостани. Тобто нині омела увійшла в розряд активних інвазійних рослин (Ivchenko et al., 2014). Від її впливу потерпають насадження мість (Київ, Харків, Івано-Франківськ, Біла Церква, Володимир-Волинський, Полтава, Умань, Черкаси, Кіровоград й ін.) (Vasylenko et al., 2013; Ivchenko et al., 2014; Levon, 2003; Lysenko, 2007; Nikitenko, 2004; Radova, 2013; Rybalka, Vergeles, & Koval, 2012; Rogovskiy, & Ryzhov, 2014; Rogovskiy, 2008), старовинних парків із цінною рідкісною дендрофлорою (Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, дендропарк "Олександрія" НАН України, Наці-

ональний дендрологічний парк "Софіївка" НАН України й ін.), захисні смуги вздовж доріг (повсюдно), про що свідчать численні публікації у популярній та науковій літературі.

Вважають, що омела спричиняє погіршення санітарного стану (передчасна суховерхівковість, різке зниження енергії росту й урожайності) та естетичного вигляду деревних рослин. Особливо сприятливі умови для розвитку популяції омели складаються у містах, де насадження більш ослаблі, порівняно з природними, через значне антропогенне навантаження.

Василенко І. Д. та ін. (Vasylenko, Filipova, & Fuchylo, 2013) зазначають, що досить важливу роль у процесі росту чисельності омели відіграють птахи-поширювачі її насіння, їхня чисельність та активність. Д. Цубер із цього приводу у своїй публікації наголошує (Zuber, 2004), що птахи є тільки вектором поширення омели у ландшафті, а кореляція між чисельністю напівпаразита та птахів-поширювачів його насіння не є суворою. Тобто дані щодо характеру взаємозв'язку між чисельністю омели білої та птахів-поширювачів її насіння є суперечливими.

Одним із ключових видів, які забезпечують поширення омели на території України, є омелюх. Ареал цього птаха в Євразії простягається від Фінляндії до Камчатки, а в Америці охоплює Аляску, північно-західні штати США, а також центральні та західні провінції Канади. Омелюхи ведуть кочовий спосіб життя: у листопаді вони прилітають до місць зимівлі (зокрема і в Україну), а у березні – квітні повертаються на північ до гніздового ареалу. Вони не уникають людських поселень: трапляються у парках, садах, вуличних насадженнях мість тощо. В антропогенних ландшафтах Харкова омелюхи є основним агентом поширення омели білої (Vergeles, 2009), тож визначення взаємозв'язку між чисельністю омели білої та птахів цього виду є актуальним на цей час.

Мета дослідження – визначити взаємозв'язок між чисельністю омели білої та птахів-поширювачів її на-

сіння (на прикладі омелюха) в урбанізованих ландшафтах.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проведено на території Харкова. За ландшафтним районуванням вона належить до Харківської схилово-височинної області Середньоруської лісостепової провінції Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни і розташована на південному заході Середньоруської височини. Клімат помірний, із середньорічною кількістю опадів 500-570 мм і середніми температурами січня – $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, липня – понад $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Основні генетичні типи ґрунтів – чорноземи (які утворилися на лесах різного механічного складу) і сірі опідзолени лісові ґрунти, які на території міста зазнали істотної антропогенної трансформації (Stolberg, 2000).

Ділянки, на яких проводили дослідження, розташовані на території Центрального парку культури і відпочинку ім. Горького (ЦПКіВ) та на вододілах у північно-східній частині Харкова. Натурні спостереження за омелою білою проведено у травні – червні 2011 р. за методикою, яку опубліковано у статті (Rybalka, Vergeles, & Koval, 2012). Польові спостереження за омелюхом здійснено за методикою, яку подано в роботі (Vergeles, 2009). Вона передбачала визначення інтегрального показника чисельності омелюха (N_R) у період спостережень, який визначали комбінацією трьох індексів: індексом рясності N_A , індексом поширення особин виду на досліджуваній території (N_D) і частотою, з якою особини виду траплялись за період спостережень (індекс постійності N_F).

Враховуючи, що багаторічний моніторинг поширення омели білої на території Харкова не проводили, а також беручи до уваги той факт, що виявлено позитивні кореляції між радіальним приростом дерев-живителів та чисельністю омели (Rybalka, Vergeles, & Koval, 2012), у цьому дослідженні також використано результати дендрохронологічного аналізу ходу росту дерев-живителів омели білої (на прикладі клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.)).

Дендрохронологія займається датуванням річних кілець, які протягом росту дерева акумулюють інформацію про явища у природному середовищі (кліматичні зміни, антропогенний вплив тощо) і зберігають їх протягом необмеженого часу; вивченням впливу екологічних чинників на величину приросту деревини; анатомічну структуру річних шарів та їх хімічний склад; аналізом інформації в річних кільцях з метою реконструкції умов природного середовища. Дендрохронологічні методи дають змогу за відносно короткий термін оцінити реакцію радіального приросту дерев на екологічні зміни в екосистемах як у часовому, так і у просторовому аспектах. На відміну від звичайних методів моніторингу, які полягають у спостереженні за тим чи іншим впливом на лісові екосистеми, дендрохронологія дає змогу встановити зміни в насадженнях за кілька десятиліть і навіть століть (Koval, 2006; 2011). Методику відбору кернів деревини та оброблення зібраного матеріалу наведено у (Rybalka, Vergeles, & Koval, 2012).

Враховуючи, що на кожному окремому дереві-живителі співвідношення ювенільних рослин, рослин 1-

го і 2-го генеративного віку та сенільних значно змінювалося (на одних деревах омела тільки-но з'явилась, на інших – її популяція вже досягла стабільного стану), з метою уникнення хибних кореляцій і висновків, на підготовчому етапі роботи із застосуванням матричної моделі динаміки чисельності популяції омели білої, що представлена у роботі (Barannik, Vergeles, & Rybalka, 2010), було запроваджено ретроспективні сценарії еволюції популяції омели. Це дало змогу визначити часовий інтервал, в якому відбулося заселення деревних рослин омелою, що й стало одним із факторів впливу на радіальний приріст.

Так, максимальний час T (у роках) розвитку популяції омели від моменту появи перших особин у році t визначено за формулою

$$T = \frac{\ln(a_t^{-1})}{\ln(q)} + 1, \quad (1)$$

де: q – співвідношення чисельності омел i -го і $i+1$ -го років розвитку, яке розраховується методом послідовних наближень як

$$q = \frac{1}{\left[1 + \frac{M_2}{M_3}(1 - q^{I_3})\right]^{1/I_2}}; \quad (2)$$

де a_t – кількість омел однолітнього віку у році t , що обчислюють як

$$a_t = \frac{M_2 \cdot (1 - q)}{q^{I_1} \cdot (1 - q^{I_2})}. \quad (3)$$

Символами $M_{1,t}$, $M_{2,t}$, $M_{3,t}$ позначено чисельності омели в межах груп "молодих", "зрілих" і "старих" особин відповідно (визначено на основі натурних спостережень для кожного дерева-живителя із застосуванням індексу чисельності за формулою середнього геометричного); символами I_1 , E_2 (визначають як $I_2 = E_2 - I_1$) і E_3 ($I_3 = E_3 - I_2$ відповідно) – максимальний вік омели, за яким її може бути віднесено до групи "молодих", "зрілих" і "старих" особин (Barannik, Vergeles, & Rybalka, 2010).

Для визначення взаємозв'язку між динамікою зміни радіального приросту та чисельності птахів-поширювачів насіння омели (на прикладі омелюха) проаналізовано часові ряди. Аналіз проведено в кілька етапів: на першому етапі перевірено гіпотезу щодо не випадковості даних у часових рядах, на другому етапі – здійснено очищення часових рядів від шуму, на третьому – проведено аналіз на їх стаціонарність, на четвертому – перевірено нормальність розподілу спостережень, на п'ятому – зіставлено один з одним.

Так, спочатку з'ясували природу часових рядів, а саме, чи не є всі їх коливання чисто випадковим стохастичним процесом. Таке стохастичне варіювання значень ряду називають "білим шумом". Для цього застосували автокореляційний критерій: оцінювання зв'язку між величинами одного і того ж ряду зі зрушенням один відносно одного у часі передбачає розрахунок коефіцієнтів автокореляції (r_a). Очевидно, що у припущенні про випадковість характеру коливань спостережень у досліджуваному часовому ряді (H_0) зв'язку між їхніми рівнями бути не повинно. Альтер-

нативна гіпотеза (H_1) допускає залежність величини послідовних значень одне від одного, або, іншими словами, не випадковість часового ряду. Коефіцієнт автокореляції розраховували за формулою

$$r_{Y_t, Y_{t-\tau}} = (\overline{Y_t Y_{t-\tau}} - \bar{Y}_t \cdot \bar{Y}_{t-\tau}) / (\sigma_{Y_t} \cdot \sigma_{Y_{t-\tau}}), \quad (4)$$

де: \bar{Y} і $\bar{Y}_{t-\tau}$ – середні арифметичні відповідних рядів, а $\overline{Y_t Y_{t-\tau}}$ – середнє арифметичне значення ряду їх парних добутків; σ_{Y_t} і $\sigma_{Y_{t-\tau}}$ – стандартні відхилення відповідних рядів.

Значущість коефіцієнтів автокореляції оцінювали шляхом порівняння з табличними значеннями, які запропонував Р. Андерсон (Nikitin, & Sosunova, 2003). Сукупність послідовних значень r_a на різних порядках (або лагах) представляє собою автореляційну функцію. Вважають, що коректним є розрахунок r_a порядку автокореляційної функції, який не перевищує величини відношення $n/4$, де n – довжина досліджуваного часового ряду. Коливання r_a з більш високим лагом не мають брати до уваги (Nikitin, & Sosunova, 2003). Якщо значення коефіцієнтів автокореляції ряду на всій цій відстані не виходило за рамки довірчих інтервалів, то досліджуваний ряд вважали "білим шумом" (аналіз здійснено засобами програмного пакету MS Excel 2013). З метою очищення часового ряду з індексами чисельності омелюха від шуму використано трьохрічну ковзну.

На наступному етапі проаналізували ряди на стаціонарність із застосуванням методу послідовного групування і порівняння груп. Ряд вважають стаціонарним, якщо в ньому відсутні нециклічні тренди, а амплітуда коливань досліджуваного параметра приблизно однакова на будь-якім його відрізку. Оцінювання стаціонарності ряду методом послідовного групування є порівнянням його параметрів, згрупованих для початку, середини і кінця ряду. Розбивши ряд на три групи (вибірки), для кожної із них вираховують середнє арифметичне і дисперсію, після чого ці параметри порівнюють для окремих відрізків вихідного ряду. Для встановлення факту стаціонарності ряду відносно його центральної тенденції (відсутності нециклічного тренду) порівняння середніх арифметичних вибірок здійснюють за t-критерієм (критерій Ст'юдента) за формулою

$$t = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2(n_1 - 1) + \sigma^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}, \quad (5)$$

де: \bar{Y} і $\bar{Y}_{t-\tau}$ – середні арифметичні; n_1 і n_2 – число спостережень; σ_1 і σ_2 – стандартні відхилення відповідно для першого і другого рядів.

Якщо розраховане t менше від табличного (тобто відмінності між середніми окремих відрізків вихідного часового ряду є неістотними), нуль-гіпотезу про стаціонарність ряду відносно його центральної тенденції приймають як робочу (Nikitin, & Sosunova, 2003).

На наступному кроці перевірили гіпотезу щодо нормальності розподілу спостережень у досліджува-

них часових рядах (за винятком "білого шуму"). Для цього застосовано критерії Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса), Шапіро-Уїлка (визначено засобами програмного пакету Statistica 10.0), а також визначено відношення розмаху мінливості в кожному досліджуваному часовому ряді до його стандартного відхилення за формулою

$$C = |P / \sigma|, \quad (6)$$

де: P – розмах коливань, тобто значення, отримане шляхом віднімання мінімального спостереження із максимального; σ – стандартне відхилення ряду (розраховано із застосуванням програми MS Excel 2013).

Гіпотезу щодо нормальності розподілу приймають як робочу, якщо тест Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса) має рівень значущості $p \geq 0,2$, тест Шапіро-Уїлка – $p \geq 0,5$ та якщо величина C знаходиться в межах довірчих інтервалів, які наведено у публікації (Nikitin, & Sosunova, 2003).

Після перевірки досліджуваних часових рядів на нормальність із застосуванням трьох тестів, перевірили гіпотезу про наявність взаємозв'язку між індексами чисельності омелюха та радіальним приростом, впорядкованими за часом і за ступенем ураження дерев-живителів омелою. Для цього застосували параметричні методи аналізу – коефіцієнт парної кореляції Пірсона (r) (розраховують тільки для стаціонарних, нормального розподіленних рядів). Помилку емпіричного коефіцієнта кореляції відносно свого генерального параметру оцінено за формулою

$$s_r = \sqrt{\frac{n - r^2}{n - 2}}, \quad (7)$$

де: n – загальна кількість парних спостережень або об'єм димірної вибіркової сукупності; r – емпіричний коефіцієнт кореляції (розраховано із застосуванням програми MS Excel 2013).

Значимість коефіцієнта кореляції оцінено за формулою (Lakin, 1990)

$$t_\phi = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}} \geq t_{st}. \quad (8)$$

Результати дослідження та обговорення. Дендрологічний аналіз дав змогу визначити щорічний радіальний приріст у деревних рослин із 1987 по 2010 рр. (24 роки). Польові спостереження за омелюхами провів Ю. І. Вергелес із 1989 по 2010 рр. (21 рік).

Враховуючи, що натурні спостереження за омелою проведено у 2011 р., на основі розрахунку величини T за формулою (1), можна зробити висновок, що на деревах-живителів з індексами чисельності "3" і "4" омела з'явилась у 1988 р., з індексом чисельності "5" – не пізніше 1973 р., а з індексом чисельності "6" – не пізніше 1954 р. Для дерев із індексами чисельності "0" та "1" встановлено, що омела на них з'явилась приблизно в 2010 р., тож із подальших досліджень їх вилучили (особливо враховуючи, що навіть якщо омела і з'явилась на дереві, то істотного впливу на радіальний приріст деревної рослини вона одразу не нестиме). Тоді для дерев-живителів, які входять до груп 2 і 3, оцінених індексами ураження "3" і "4", репрезента-

тивні часові ряди мають обмежуватися періодом у 23 роки (із 1988 по 2011 рр.), для групи 4, оціненої індексом ураження "5" – у 38 років (із 1973 по 2011 рр.), а для групи 5, оціненої індексом ураження "6" – у 57 років (із 1954 по 2011 рр.). З урахуванням ретроспективного аналізу, а також беручи до уваги результати дендрологічного аналізу, досліджувані часові ряди обмежили: для дерев-живителів, які входять до груп 2 і 3, періодом у 23 роки (тобто із 1988 по 2010 рр.), для груп 4 і 5 – у 24 роки (із 1987 по 2010 рр.).

Автокореляційний аналіз п'яти досліджуваних часових рядів дав змогу виявити лаги, на яких значення автокореляційної функції виходили за межі довірчих інтервалів навколо нульового значення коефіцієнта кореляції (при цьому виконувалося відношення $n/4$). Так, для часового ряду з індексами чисельності омельюха (позначимо його умовно "ЧР-ом.1") на 2-му лазі (період у 19 років із 1991/1992 рр. по 2009/2010 рр.) коефіцієнт автокореляції становив 0,314 (за $K_{кр} = 0,305$ на рівні значущості $p \leq 0,05$), для часового ряду з радіальним приростом дерев-живителів, які входять до групи 2 ("ЧР-гр.2"), на 2-му лазі (22 роки, 1989-2010 рр.) коефіцієнт автокореляції становив 0,752 (за $K_{кр} = 0,418$, $p \leq 0,01$), для часового ряду з радіальним приростом дерев-живителів, які входять до групи 3 ("ЧР-гр.3") на 2-му лазі (22 роки, 1989-2010 рр.) коефіцієнт автокореляції становив 0,701 (за $K_{кр} = 0,418$, $p \leq 0,01$), для часового ряду з радіальним приростом дерев-живителів, які входять до групи 4 ("ЧР-гр.4") на 2-му лазі (23 роки, 1988-2010 рр.) коефіцієнт автокореляції становив 0,294 (за $K_{кр} = 0,285$, $p \leq 0,05$), для часового ряду з радіальним приростом дерев-живителів, які входять до групи 5 ("ЧР-гр.5") на 2-му лазі (23 роки, 1988-2010 рр.) коефіцієнт автокореляції становив 0,469 (за $K_{кр} = 0,412$, $p \leq 0,01$). Це вказувало на те, що подані у них дані не є випадковими стохастичними коливаннями.

Перевірка на стаціонарність досліджуваних часових рядів. Результати оцінювання стаціонарності п'яти досліджуваних рядів за методом послідовного групування подано у табл. 1, які свідчать, що відмінності між середніми окремих відрізків досліджуваних ЧР є неістотними, тому нуль-гіпотезу про стаціонарність рядів відносно своїх центральних тенденцій приймають як робочу.

Табл. 1. Результати оцінювання стаціонарності часових рядів методом послідовного групування

Досліджуваний часовий ряд (умовне позначення)	Число ступенів свободи ($df=n_1+n_2-2$)	$t_{\phi 1}$	$t_{st 2}$	$t_{\phi 2}$	$t_{st 2}$
ЧР-ом.1	9	4,16	4,78 ^{****}	3,06	3,25 ^{****}
ЧР-гр.2	13	2,65	3,01 ^{****}	0,99	1,77 [*]
ЧР-гр.3	13	3,83	4,22 ^{****}	0,77	1,77 [*]
ЧР-гр.4	13	1,17	1,17 [*]	1,07	1,77 [*]
ЧР-гр.5	13	0,78	1,77 [*]	2,09	2,16 ^{**}

Примітки: * – зв'язок достовірний на рівні значущості $p \leq 0,1$; ** – зв'язок достовірний на рівні $p \leq 0,05$; *** – зв'язок достовірний на рівні $p \leq 0,01$, **** – зв'язок достовірний на рівні $p \leq 0,001$.

Перевірка на нормальність розподілу спостережень у досліджуваних часових рядах. Результати визначення критеріїв Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса) та Шапіро-Уїлка, а також розрахунку величини C (6) наведено у табл. 2.

За результатами трьох проведених тестів гіпотезу щодо нормальності розподілу спостережень у досліджуваних часових рядах прийнято як робочу.

Табл. 2. Оцінювання нормальності розподілу спостережень у часових рядах

Часовий ряд	Тест Колмогорова-Смірнова (з виправленням Ліллефорса)	Тест Шапіро-Уїлка	C	Тест на нормальність
ЧР-ом.1	$p < 0,20^*$	$p = 0,37225$	3,31 [*]	"+"
ЧР-гр.2	$p < 0,20^*$	$p = 0,01308$	3,49 [*]	"+"
ЧР-гр.3	$p < 0,20^*$	$p = 0,44462$	3,50 [*]	"+"
ЧР-гр.4	$p < 0,20^*$	$p = 0,47955$	3,86 [*]	"–"
ЧР-гр.5	$p < 0,20^*$	$p = 0,91029^*$	3,97 [*]	"–"

Примітки: * – гіпотезу щодо нормальності розподілу приймають як робочу; "+" – позитивний; "–" – негативний.

Порівняння часових рядів і виявлення зв'язку між ними. Враховуючи, що досліджувані часові ряди є стаціонарними та що спостереження у них демонструють нормальний розподіл, у цьому випадку для порівняння часових рядів застосовано параметричні методи аналізу, до яких належить коефіцієнт парної кореляції Пірсона. Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції наведено у табл. 3.

Табл. 3. Результати вимірювання зв'язку між рядами

	ЧР-ом.1	ЧР-гр.2	ЧР-гр.3	ЧР-гр.4	ЧР-гр.5
ЧР-ом.1	1,000	–	–	–	–
ЧР-гр.2	0,470	1,000	–	–	–
ЧР-гр.3	0,567 [*]	0,830 [*]	1,000	–	–
ЧР-гр.4	0,203	0,527 [*]	0,643 [*]	1,000	–
ЧР-гр.5	0,062	0,824 [*]	0,626 [*]	0,557 [*]	1,000

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

Згідно з даними табл. 3, виявлено зв'язок між часовими рядами з індексами чисельності омели і радіальним приростом дерев-живителів омели, які входять до групи 3. Помилка емпіричного коефіцієнта кореляції відносно свого генерального параметра, оцінена за формулою (7), становить 0,228. Розрахований коефіцієнт кореляції є статистично значущим: величина t_{ϕ} , розрахована за формулою (8), становить $t_{\phi} = 2,67 > t_{st}$ (t_{st} дорівнює 2,13 на рівні значущості $p \leq 0,05$). Отже, гіпотезу про наявність взаємозв'язку між чисельністю омели білої та птахів-поширювачів її насіння (на прикладі омельюха) на основі наявних даних не може бути відхилено.

Низькі коефіцієнти кореляції, які встановлено внаслідок зіставлення часових рядів з індексами чисельності омели і радіальним приростом дерев-живителів омели, які входять до груп 2, 4 і 5 (r^2 становив 0,470, 0,203 і 0,062 відповідно) можна пояснити тим, що омела біла є тільки одним із факторів, які впливають на радіальний приріст клена. З іншого боку, чисельність птахів – це тільки один із факторів, які впливають на чисельність омели білої на деревах. З іншого боку, для подібного роду досліджень потрібно

мати значно більше даних з різних частин ареалу поширення омели білої.

Висновок. За результатами дослідження на рівні значущості $p \leq 0,05$ виявлено позитивний взаємозв'язок між радіальним проростом дерев-живителів омели, які входять до груп 3, і чисельністю птахів-поширювачів насіння омели. Отже, гіпотезу про наявність взаємозв'язку між чисельністю омели білої та птахів-поширювачів її насіння (на прикладі омелюха) на основі наявних даних не може бути відхилено. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розроблення екологічно обґрунтованих рекомендацій щодо управління популяцією омели білої в урбоеко-системах.

Подяки. Автори висловлюють ширю вдячність В.О. Баранніку за корисні поради, надані під час підготування статті до публікації, та А.С. Чайці за участь у деяких польових спостереженнях, а також І.М. Коваль за безцінну допомогу у проведенні дендрологічного аналізу.

Перелік використаних джерел

Barannik, V. O., Vergeles, Yu. I., & Rybalka, I. O. (2010). Matrychna model prognozu dynamiky populjacii omely biloi u miskomu landshafti. *Nauk. – tehn. zb. Harkivskoi nacionalnoi akademii miskogo gospodarstva. Kommunalnoe hozjajstvo gorodov, 93 (series Tehnichni nauky j arhitektura)*, pp. 392–396. [in Ukrainian].

Ivchenko, A. I., Bozhok, O. P., Patsura, I. M., Koljada, L. B., & Bozhok, V. O. (2014). On the Issue of an Organization of Effective Fight against White Mistletoe. *Scientific Bulletin of UNFU*, 24(5), pp. 12–18. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2014/24_5/4.pdf. [in Ukrainian].

Koval, I. M. (2006). Dendrochronologija v Ukraini: retrospektyva i perspektyvu rozvytku. *Lisove gospodarstvo, lisova, paperova i derevoobrobna promyslovist, 31*, pp. 221–227. [in Ukrainian].

Koval, I. M. (2011). Response of pine radial growth to change of climate and recreational load in forest-steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(2), pp. 63–70. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_2/63_Kow.pdf. [in Ukrainian].

Lakin, G. F. (1990). *Biometrija*. Moscow: Vyssh. shk., p. 352. [in Russian].

Levon, F. M. (2003). Creation of green plantings in conditions of the urbanized environment: the requirements limiting factors, ways of optimization. *Scientific Bulletin of UNFU*, 13(5), pp. 157–162. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2003/13_5/157_Lewon_13_5.pdf. [in Ukrainian].

Lysenko, M. (2007). Zeleni nasadzhenja v urbanizovanomu sere-dovyshhi mista Ivano-Frankivska. *Visnyk Prykarpatskogo naci-onalnogo universytetu imeni V. Stefanyka, 7(series Biology)*, pp. 236–240. [in Ukrainian].

Nikitenko, L. (2004). Omela dereva zamela. Retrieved March 21, 2016, from <http://www.umoloda.kiev.ua/number/181/116/6274>. [in Russian].

Nikitin, A. Ya., & Sosunova, I. A. (2003). *Analiz i prognoz vremennyh rjadov v jekologicheskijh nabljudenijah i jeksperimentah*. Irkutsk: Irkutskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, p. 88. [in Russian].

Radova, V. (2013). Poshyrennja omely v Umani vyvchatyme speci-alna komisija. Retrieved March 21, 2016, from <http://uman.info/ua/news/poshyrennja-omely-v-umani-vyvchatyme-spetsialna-komisija--3011>. [in Ukrainian].

Rogovskij, S. V. (2008). Features of introduction of optimization of recreation landscape on territory of sanatorium "Kvitka Polonunu". *Scientific Bulletin of UNFU*, 18(12), pp. 50–59. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2008/18_12/50_Rogowski_18_12.pdf. [in Ukrainian].

Rogovskij, S. V., & Ryzhov, A. M. (2014). Old-Growth Trees in Green Plantations of Bi-la Tserkva and their Role in the Modern Urban Image Formation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 24(5), pp. 46–51. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2014/24_5/10.pdf. [in Ukrainian].

Rybalka, I. O., Vergeles, Yu. I., & Koval, I. M. (2012). Effect of White Mistletoe (*Vis-cum album L.*) on dynamics of radial increment of silver maple (*Acer sacchari-num L.*) in the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(15), pp. 57–63. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2012/22_15/57_Ryb.pdf. [in Ukrainian].

Stolberg, F. V. (Ed.) (2000). *Jekologija goroda*. Kyiv: Libra, p. 464. [in Russian].

Vasylenko, I. D., Filipova, L. M., & Fuchylo, Ya. D. (2013). A fight is against mistletoe on trees of poplar in green zone of Bila Tserkva city. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(12), pp. 31–38. Retrieved from: http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2013/23_12/31_Was.pdf. [in Russian].

Vergeles, Yu. I. (2009). Ocenka obilija i haraktera mnogoletnej dinamiki vidov ptic v sezonnyh arealah (na primere sviristelja, *Bombycilla garrulus*, v g. Harkove i Harkovskoj oblasti). *Materijaly mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 80-letiju so dnja rozhdenija professora A.P. Krapivnogo*, pp. 107–112. Harkiv, december 4–5. [in Ukrainian].

Zuber, D. (2004). Biological flora of Central Europe: *Viscum album L. Flora*, 199, pp. 181–203.

Zuber, D., & Widmer, A. (2009). Phylogeography and host race differentiation in the European mistletoe (*Viscum album L.*). *Molecular Ecology*, 18, pp. 1946–1962.

И. А. Рыбалка, Ю. И. Вергелес

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЧИСЛЕННОСТЬЮ ОМЕЛЫ БЕЛОЙ (*VISCUM ALBUM L.*) И СВИРИСТЕЛЯ (*BOMBYCILLA GARRULUS L.*) В ГОРОДСЬКОМ ЛАНДШАФТЕ

Представлены результаты исследования взаимосвязи между численностью омелы белой (*Viscum album L.*) и свиристеля (*Bombycilla garrulus L.*) в городском ландшафте. Исследования проведены в период с 1989 по 2010 гг. на территории Центрального парка культуры и отдыха им. Горького, г. Харьков (Украина). Наблюдения за омелой и свиристелями проведены по оригинальным методикам. При проведении анализа временных рядов учитывали результаты моделирования сценариев эволюции популяции омелы белой в ретроспективу и результаты дендрохронологических анализа хода роста деревьев-хозяев омелы (на примере клена серебристого (*Acer saccharinum L.*)). Ретроспективный анализ проведен с применением матричной модели динамики численности популяции омелы белой. При определении взаимосвязи между исследуемыми временными рядами применены параметрические методы анализа (коэффициент парной корреляции Пирсона). Обоснованно, что численность омелы белой положительно коррелирует с численностью птиц, которые распространяют семена растения-полу-паразита.

Ключевые слова: омела белая, свиристель, городской ландшафт, анализ временных рядов.

THE STUDY OF INTERRELATION BETWEEN THE NUMBER OF WHITE MISTLETOE (VISCUM ALBUM L.) AND WAXWINGS (BOMBYCILLA GARRULA L.) IN URBAN LANDSCAPE

White mistletoe (*Viscum album* L.) is an evergreen hemiparasitic dwarf shrub which is known to cause deterioration of tree health. In anthropogenic landscapes of Kharkiv waxwings are the main agent distributing white mistletoe, so the definition of the relationship between the number of white mistletoe and birds of this species is relevant at this time. Thus, the aim of the study was to determine relationship between the number of the white mistletoe and its frugivorous birds (the Waxwings) in urban landscapes. The authors carried the field survey in the city of Kharkiv (Ukraine). In this study we applied the results of dendrochronological analysis of radial increment of the Silver Maple (*Acer saccharinum* L.) model trees. The changes in number of mistletoe shrubs over time and their distribution by age in retrospect were identified on the base of field data and by the application of matrix model of *Viscum album* population dynamic. The analysis of time series was conducted in order to determine relationships between radial growth of trees and the abundance of the Mistletoe's avian dispersers. In this study we applied parametric methods of analysis (Pearson coefficient of correlation). In the case of the city of Kharkiv, the white mistletoe number depends on the waxwing's seasonal abundance. We have got the following results. Firstly, white mistletoe sub-populations with semi-quantitative indexes "3" and "4" appeared on the host trees no later than in 1988, with semi-quantitative index "5" – no later than 1973, and with semi-quantitative indexes "6" – no than in 1954. Secondly, the autocorrelation analysis of the mistletoe and the waxwing time series proved the reliability of data. It is found that the white mistletoe number weakly relates to the abundance of the waxwing. To conclude, white mistletoe number depends on the waxwing's seasonal abundance. Further research should be directed to the developing of environmentally sound recommendations on the white mistletoe population management in urban ecosystems.

Keywords: white mistletoe; waxwing; urban landscape; time series analysis.

Інформація про авторів:

I. O. Рыбалка, асистент, Харківський НУ міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна.

E-mail: Inna.Rybalka@gmail.com

Ю. І. Вергелес, ст. викладач, Харківський НУ міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна.

E-mail: Yuri_Vergeles@hotmail.com