



I. М. Коваль¹, О. В. Орловський²

¹ Український ордена "Знак пошани" НДІ лісового господарства та агролісомеліорації
ім. Г. М. Висоцького, м. Харків, Україна

² Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, м. Полтава, Україна

ДЕНДРОІНДИКАЦІЯ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО В ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ ПОЛТАВИ

Проаналізовано зв'язки радіального приросту гіркокаштану звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) з кліматичними показниками до початку та після інвазії каштанового мінера (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986) в зелених насадженнях Полтави. За порівняння середніх температур і сум опадів за 1993-2007 і 2008-2023 рр. встановлено, що у другому періоді відбулося підвищення температури упродовж квітня-серпня на 13 %, а зменшення кількості опадів – на 3 %. Кількість опадів упродовж холодного періоду (з листопада попереднього року по лютий поточного року) – навпаки, збільшилася на 14 %. Виявлено, що найбільше підвищення температури у другому періоді, порівняно з першим, є характерним для холодного періоду та березневих температур, коли зафіксовано підвищення температури відповідно на 1,2 та 1,3 °C у другому періоді. Встановлено, що середній річний радіальний приріст гіркокаштану звичайного у дендропарку був більшим, ніж біля дороги з інтенсивним рухом транспорту, як у 1992-2007 рр. – до початку інвазії каштанового мінера (2,55^{±0,11} та 2,27^{±0,09} мм відповідно), так і у 2008-2023 рр. – після інвазії (1,91^{±0,10} та 1,36^{±0,08} мм відповідно). З'ясовано, що у другому періоді радіальний приріст гіркокаштану звичайного біля дороги зменшився на 40 %, а в дендропарку – на 25 %. Мінімальні значення радіального приросту в обох насадженнях визначено у 2000, 2012 та 2017 рр., а максимальні – у 1997, 2003 та 2018 рр., що зумовлено спільним впливом кліматичних факторів на всі насадження. Під додатковим впливом викидів транспорту у насадженнях біля дороги виявлено тренд стійкого зниження приросту гіркокаштану звичайного, а у дендропарку зміни приросту за роками відбувалися відповідно до погодних умов, що підтверджено значущими коефіцієнтами кореляції. Отримано значущі додатні коефіцієнти кореляції середньої сили між індексами радіального приросту гіркокаштану звичайного біля дороги та кліматичними факторами: кількістю опадів за гідрологічний рік, середніми зимовими температурами, індексом аридності лісів (FAI), а від'ємний коефіцієнт кореляції – з мінімальними температурами за гідрологічний рік у насадженнях біля дороги (на тлі впливу викидів транспорту та пошкодження каштановим мінером) за період 2008-2022 рр.

Ключові слова: *Aesculus hippocastanum* L.; *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic; індекс річного радіального приросту; зміна клімату; антропогенне навантаження.

Вступ / Introduction

Гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), який використовують у парках і вуличних насадженнях, наразі потерпає від інвазії каштанового мінера (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae)) на тлі зміни клімату та дії антропогенного навантаження. Від виявлення в Македонії в 1984 р., каштановий мінер поширився на теренах усієї Європи. В Україні цей шкідник з'явився у 1998 р. на Закарпатті, куди проник з Угорщини. Упродовж наступного десятиріччя каштановий мінер заселив майже всю територію України. На сході України ця комаха поширилася у 2007-2008 рр. [5, 11, 17].

Засоленість і сухість ґрунту, загазованість та інші негативні фактори, які властиві урбанізованим ландшафтам, підсилюють шкоду, яку спричиняє каштановий мінер. Формування стійких осередків шкідника з

високою щільністю популяції в урбанізованих ландшафтах за відсутності заходів захисту зелених насадженнях може призвести до щорічної 100 % дефоліації каштанів, що ослаблює дерева і може призвести до їх загибелі. Кліматичні сценарії передбачають більш часті спеки та періоди посух [16].

Радіальний приріст дерев є інтегральним показником, який відображає стан дерева упродовж онтогенезу. Він дає змогу оцінити реакцію дерев на вплив комплексу екологічних факторів і може варіювати зі зміною клімату. Водночас комплексного оцінювання цієї реакції досі немає [15].

Об'єкт дослідження – встановлення зв'язку радіального приросту гіркокаштану звичайного в зелених насадженнях Полтави з кліматичними показниками.

Предмет дослідження – методи і засоби визначення впливу комплексу абіотичних і біотичних факторів на радіальний приріст гіркокаштану звичайного, що дасть

Інформація про авторів:

Коваль Ірина Михайлівна, д-р с.-г. наук, ст./пров. наук. співробітник, сектор екології лісу відділу лісівництва та економіки лісового господарства. Email: koval_iryina@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

Орловський Олексій Володимирович, аспірант, кафедра біології, здоров'я людини та фізичної реабілітації. Email: orlovskiy886@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7488-2024>

Цитування за ДСТУ: Коваль І. М., Орловський О. В. Дендроіндикація гіркокаштану звичайного в зелених насадженнях Полтави. Науковий вісник НЛТУ України. 2025, т. 35, № 2. С. 45–54.

Citation APA: Koval, I. M., & Orlovsky, O. V. (2025). Dendroindication of common horse chestnut in Poltava urban green zones. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35(2), 45–54. <https://doi.org/10.36930/40350205>

зможу виявити його ступінь адаптації до зміни клімату та впливу інвазії каштанового мінера.

Мета роботи – виявити особливості реакції радіального приросту гіркого каштана звичайного на кліматичні фактори до та після інвазії каштанового мінера в зелених насадженнях Полтави, що дасть змогу порівняти втрати радіального приросту дерев від так званих стрес-факторів.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- відібрати керни гіркого каштана звичайного з насадження, які ростуть під впливом антропогенного навантаження (біля дороги на вул. Європейська), де високий рівень забруднення повітря від інтенсивного руху автомобілів, та в дендропарку Полтави (контроль), де відсутнє інтенсивне антропогенне навантаження, що дасть змогу порівняти динаміку радіального приросту дерев в обох насадженнях;
- порівняти величини річних кілець дерев як у часовому аспекті (для 1998-2007 рр. та 2008-2023 рр.), так і в просторовому (для насадження, яке росте біля дороги і для насадження в дендропарку), що дасть змогу порівняти втрати радіального приросту дерев від стрес-факторів;
- провести кореляційний аналіз між індексами радіального приросту гіркого каштана звичайного та кліматичними показниками для двох періодів: 1993-2007 рр. та 2008-2022 рр., що забезпечить встановлення ступеня вразливості насаджень до впливу зміни клімату та до впливу інвазії каштанового мінера.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Досліджуючи гіркого каштан звичайний у Любляні [2], столиці Словенії, встановлено, що найвужчі кільця дерев були результатом надзвичайно сухих періодів під час активності камбію та/або росту нових клітин. З прогнозом триваліших і частіших літніх періодів посухи в Любляні, стрес вологості ґрунту збільшиться, і, як наслідок, очікується зменшення радіального приросту дерев з парку Тіволі.

Дослідженнями, проведеними [12] у 100-річних насадженнях дуба звичайного та сосни звичайної в Південному лісництві в умовах Лівобережного Лісостепу на Харківщині, встановлено, що за порівняння відгуку радіального приросту дерев до варіацій клімату у 1960-1987 рр. та 1988-2016 рр., стан як сосни, так і дуба послабився, про що свідчить збільшення значущих коефіцієнтів кореляції між індексами приросту і кліматичними факторами.

Зміни чутливості радіального приросту *Chukrasia tabularis* до зміни клімату можуть бути пов'язані з тенденцією до потепління, яка спричинила збільшення тривалості сухого сезону впродовж останніх десятиліть. З подальшим прогнозованим підвищенням температури результати досліджень свідчать про те, що радіальний ріст *C. tabularis* буде ще більше знижуватися у відповідь на потепління клімату [25].

Дендрохронологічними дослідженнями в Латвії встановлено [10], що потепління може сприяти радіальному приросту гіркого каштана звичайного, хоча поява каштанової мінуючої молі ускладнює ці зв'язки. Поява каштанової мінуючої молі мала певний вплив на чутливість відгуку радіального приросту дерев, особливо важливу роль мала травнева температура.

Каштановий мінер становить велику загрозу для гіркого каштана звичайного у міських насадженнях [18]. Оцінено особливості багаторічної та сезонної динаміки щільності мін і фенології каштанового мінера у різних

типах зелених насаджень Харкова у період 2017-2020 рр. та зіставлення цих результатів із даними 2008-2011 рр. на тлі відповідних показників перебігу температури повітря. Розраховано, що у зелених насадженнях Харкова каштановий мінер "гарантовано" розвивається у трьох поколіннях на рік. Водночас, зважаючи на зміни дат початку й завершення сезонного розвитку каштанового мінера, можна очікувати, що певна частка популяції буде розвиватися в додатковому поколінні [24].

Дослідженнями у Києві встановлено [4], що дерева, які розташовані на ізольованій території ліцею, упродовж місяця зазнали менших пошкоджень каштанового мінера і мали значно вищу життєздатність та декоративність, порівняно з гіркого каштанами, що ростуть вздовж дороги. Феромонний моніторинг фітофага показав, що чисельність каштанового мінера, яку зафіксовано в пастках обабіч проїжджої частини на вулиці Дмитрія Ростовського, істотно перевищувала кількість пійманих комах на території навчального закладу. Встановлено чітку обернену залежність між кількістю впійманих шкідників і метеорологічними умовами: у період сильних дощів за високої вологості повітря, літ каштанового мінера практично повністю припинявся, а кількість комах у пастках була близькою до нуля, і навпаки.

Дерева гіркого каштана звичайного зазвичай заражені каштановим мінером [18], активність личинок якої спричиняє руйнування паренхіми листя та дефоліацію. Напади шкідників призводять до утворення дрібніших плодів і повторного цвітіння дерев восени. Визначено у насадженнях гіркого каштана звичайного у Вроцлаві, розташованого у північно-західній частині Польщі, вплив інвазії каштанового мінера на внутрішньорічну камбіальну активність та диференціацію провідних тканин дерев. Ці дані порівнювали з фенологічними фазами та активністю шкідників. Живлення шкідників призвело до змін на початку, припиненні та тривалості камбіальних поділів і диференціації вторинної ксилеми. Тривалість активності камбію була приблизно на місяць меншою у сильно заражених дерев і була пов'язана з передчасним опаданням листя [20]. Для уражених дерев характерні зменшення камбіальних поділів і більш раннє припинення диференціації деревини, що призводить до формування вужчих деревних кілець. Окрім цього, заражені дерева демонстрували змінену структуру деревини, з більшою кількістю судин меншого діаметра, однак ці зміни не вплинули на її гідрологічну провідність. Тобто інвазія каштанового мінера може призвести до зниження радіального приросту каштана звичайного через припинення активності камбію внаслідок вуглецевого голодування.

Отже, проаналізувавши останні дослідження та публікації, з'ясовано, що існує потреба у проведенні саме нашого дослідження, позаяк в аналізованій літературі подібного дослідження в зелених насадженнях гіркого каштана звичайного в Полтаві ще ніхто не проводив.

Матеріали та методи дослідження. Закладено три пробні площі: дві з них розташовані на вул. Європейській у Полтаві на відстані 3 та 6 м від дороги, а третя – у дендропарку Полтави (умовний контроль).

Застосовано стандартні дендрохронологічні методики [9]. У червні 2024 р. відібрано по 11 кернів з дерев гіркого каштана звичайного на вул. Європейська з двох пробних площ, які розташовані біля дороги, та з пробної площі у дендропарку (контроль). Буравом Преслера

відібрано по 11 кернів з кожної пробної площі на висоті 1,3 м від кореневої шийки. Величини річних кілець гіркокаштана звичайного виміряно за допомогою приладу для вимірювання шарів деревини "HENSON". Для всіх пробних площ зафіксовано 36-40 % кернів із гниллю. З огляду на те, що значущої різниці між величинами річних кілець на першій та другій пробних площах біля дороги не було виявлено, вибірки було об'єднано.

З індивідуальних деревно-кільцевих хронологій для кожного дерева створено локальні деревно-кільцеві хронології для періоду 1998-2023 рр. Індексні хронології отримано способом згладжування 3-річною ковзною [14]. Унаслідок цього отримано серії для 1993-2022 рр., з яких вилучено низькочастотні коливання, тобто біологічний (віковий тренд), що дало змогу провести дендрокліматичний аналіз. Температури та опади обчислено за гідрологічний рік, тобто з жовтня попереднього року по вересень поточного. Норму опадів і температур за різні періоди гідрологічного року обчислювали як середнє за 1974-2023 рр. [14].

Для дендрокліматичного аналізу застосовано кореляційний аналіз між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного та температурами та опадами за гідрологічний рік, а також середніми, мінімальними, максимальними температурами, відносною вологістю, сумами опадів та середніми температурами за квітень-серпень, зимовий період, гідротермічними коефіцієнтами де Мартонне *DM* (англ. *de Marton's Drought Index*), гідротермічним коефіцієнтом Г. Т. Селянінова, стандартизованим індексом опадів *SPI* (англ. *Standardized Precipitation Index*), індексом посушливості/аридності лісів *FAI* (англ. *Forestry Aridity Inde*), гідротермічними коефіцієнтами O_1 , O_3 та відносною вологістю [8, 14, 19].

Індекс аридності лісів *FAI* визначають за формулою

$$FAI = C_g \cdot \frac{T_{VII-VIII}}{P_{V-VII} + P_{VII-VIII}}, \quad (1)$$

де: $T_{VII-VIII}$ – середня температура липня та серпня, °C; P_{V-VII} – сума опадів за травень-липень та $P_{VII-VIII}$ – сума опадів за липень-серпень, мм; $C_g = 100 \text{ мм}/^\circ\text{C}$ є константою. Вводячи константу C_g з розмірністю, *FAI* втратив свою розмірність і став "істинним" індексом, тобто без-

розмірним числом. *FAI* може бути дуже важливим інструментом для представлення кліматичних умов під час щорічного росту лісу, що особливо важливо для тих, хто займається лісовим і сільським господарством [8].

Коефіцієнт варіації використовують як показник однорідності сукупності [26]. Вважають, що за значення цього показника, меншого ніж 33 %, сукупність є однорідною, а отже, середня арифметична $\bar{x}$ є типовою характеристикою сукупності. Якщо коефіцієнти варіації мають значення, що перевищують 33 %, то вибірки є неоднорідними, тобто середні значення для них не є надійними характеристиками. Чим більший коефіцієнт варіації, тим меншою є однорідність вибірки і середнє значення є менш типовим для цієї сукупності. Оскільки аналізовані дані характеризуються коефіцієнтами варіації, що не перевищують критичного значення 33 %, тому вибірки є однорідними.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Порівнюючи середні температури та суми опадів за 1993-2007 і 2008-2023 рр. встановлено, що у другому періоді відбулося підвищення температури упродовж квітня-серпня на 13 %, а зменшення кількості опадів на 3 %. Найбільше підвищення температури у другому періоді, порівняно з першим, є характерним для холодного періоду (з листопада попереднього року по лютий поточного року) та березневих температур, коли зафіксовано підвищення температури відповідно на 1,2 та 1,3 °C у другому періоді. Винятком є січень, для якого характерне зниження температур на 13 % у другому періоді. Але кількість опадів упродовж холодного періоду (з листопада попереднього року по лютий поточного року) навпаки – збільшилася на 14 % (рис. 1, 2).

У другому періоді на пробній площі біля дороги радіальний приріст дерев зменшився на 40 %, а на контролі – на 25 %. На пробній площі на вул. Європейській відбулося зменшення радіального приросту упродовж 1998-2023 рр. на відміну від контрольного насадження в дендропарку, де радіальний стабілізувався упродовж 2013-2023 рр. (рис. 3).

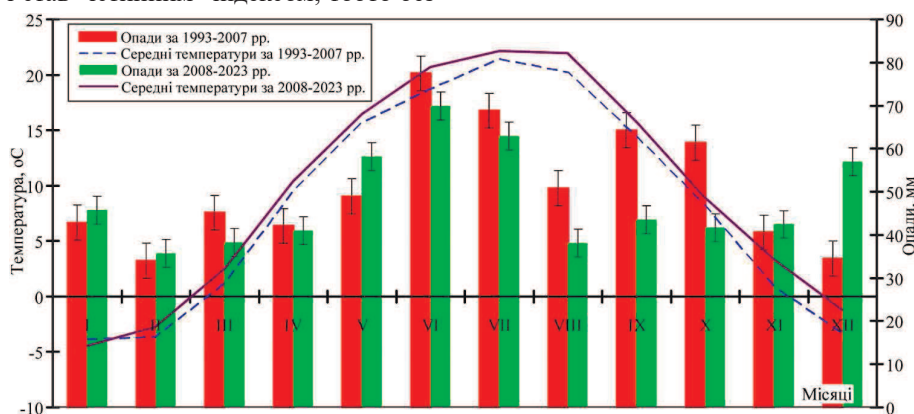


Рис. 1. Кліматограма за даними Полтавської метеостанції (планки – стандартні похибки) / Climatogram according to data from the Poltava Meteorological Station (bars are standard errors)

Радіальний приріст дерев був значно нижчим у насадженні біля дороги, що пов'язано з ослабленням дерев, які ростуть в умовах підвищеної загазованості. У дендропарку умови для росту дерев були значно кращими. Різниця між величинами річних кілець була незначущою для пробної площі біля дороги та пробної площі в дендропарку для 1992-2007 рр. У наступному періоді,

у 2008-2023 рр., ця різниця стала вже значущою ($t_{\text{факт.}} = 4,13$, $t_{\text{теор.}} = 3,05$ на рівні 0,01 значущості).

Виявлено загальні роки мінімального радіального приросту каштана звичайного пробних площ біля дороги та в дендропарку: 2000, 2012 та 2017 рр. (див. рис. 3). Радіальний приріст дерев у 2000 р. обмежував дефіцит вологи (за норми 282 мм за квітень-серпень випало

всього 222 мм, тобто на 21 % менше від норми) та аномально тепла зима (норма становила -3,7 °C, середні зимові температури 2000 р. становили -2,7 °C, тобто температури були вищими від норми на 27 %).

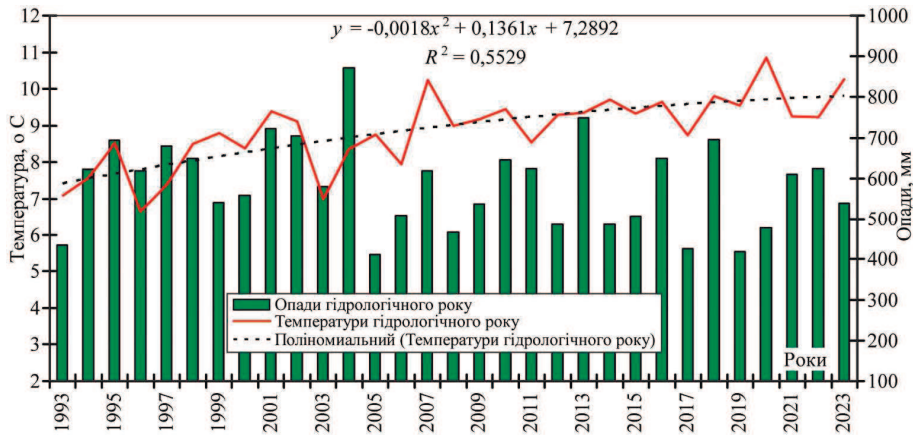


Рис. 2. Динаміка температур та опадів гідрологічного року за даними Полтавської метеостанції / Dynamics of temperatures and precipitation of the hydrological year according to data from the Poltava Meteorological Station

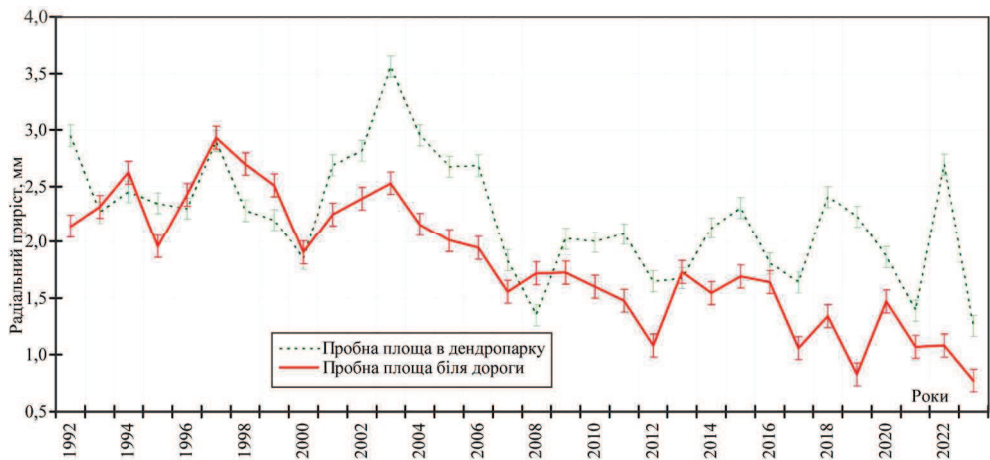


Рис. 3. Динаміка середніх радіальних приростів гіркого каштана звичайного в зелених насадженнях Полтави (планки – стандартні похибки) / Dynamics of radial growth of common horse chestnut in Poltava urban green zones (bars indicate standard errors)

Мінімальний приріст 2012 р. зумовлений високими температурами за квітень-серпень (норма становила 17 °C, температура цього року становила 20 °C, що на 15 % вище від норми), дефіцитом опадів за гідрологічний рік (норма – 574 мм, а відповідна величина для поточного року – 485 мм, що на 15 % нижче від норми). До того ж зима була холоднішою, ніж зазвичай (норма – -3,7, а відповідна величина – -4,5 °C, що на 16 % нижче від норми).

Мінімальний приріст 2017 р. зумовлений дефіцитом опадів упродовж вегетаційного періоду. Так, норма опадів за квітень-серпень становила 282 мм, а випало цього року 123 мм, тобто на 56 % нижче від норми. До того ж цього року були високі ранньовесняні температури, які перевищили норму майже у чотири рази. Так, норма для березня становила 1,3 °C, а відповідна температура для 2017 р. – 5,3 °C.

Максимальний радіальний приріст дерев спостережено у 1997, 2003 та 2018 рр., які характеризувалися сприятливим співвідношенням тепла та вологи, тобто температури були нижчими на 11-16 % упродовж гідрологічного року, а опади навпаки – більшими, тобто перевищили норму на 16-21 %.

Коефіцієнти варіації радіального приросту для обох пробних площ та для обох періодів є меншими ніж 33 %, що свідчить про однорідність і надійність вибірок. Водночас у другому періоді коефіцієнт варіації для індексів радіального приросту каштана звичайного зрос-

тає, що свідчить про деяке зменшення однорідності у вибірках, що означає збільшення чутливості радіального приросту дерев до впливу екологічних факторів (табл. 1).

Табл. 1. Описова статистика шарів річної деревини гіркого каштана звичайного в зелених насадженнях Полтави / Descriptive statistics of annual layers of common horse chestnut wood in Poltava urban green zones

Пробна площа біля дороги		
Період, роки	1992-2007	2008-2023
Середнє, мм	2,27 ^{±0,09}	1,36 ^{±0,08}
Стандартне відхилення	0,35	0,33
Дисперсія	0,12	0,11
Мінімум, мм	1,56	0,77
Максимум, мм	2,93	1,73
Коефіцієнт варіації	15	24
Пробна площа у дендропарку		
Середнє, мм	2,55 ^{±0,11}	1,91 ^{±0,10}
Стандартне відхилення	0,45	0,40
Дисперсія	0,20	0,16
Мінімум, мм	1,83	1,25
Максимум, мм	3,56	2,69
Коефіцієнт варіації	18	21

Обчислено індекси радіального приросту для пробних площ біля дороги та у дендропарку (рис. 4).

Для 1993-2007 та 2008-2022 рр. проведено кореляційний аналіз між деревно-кільцевими хронологіями каштана звичайного обох пробних площ і температура-

ми та опадами з червня попереднього року по серпень поточного року, а також такими кліматичними факторами: середніми температурами, мінімальними та максимальними температурами, опадами, відносною вологістю за гідрологічний рік та за квітень-серпень. Також

для дендрокліматичного аналізу використано гідротермічні показники: індекс посушливості Де Мартонне (*DM*), гідротермічний коефіцієнт зволоження Г. Т. Селянінова (ГТК), індекс аридності лісів (*FAI*) та гідротермічні показники O_1 та O_3 [14].

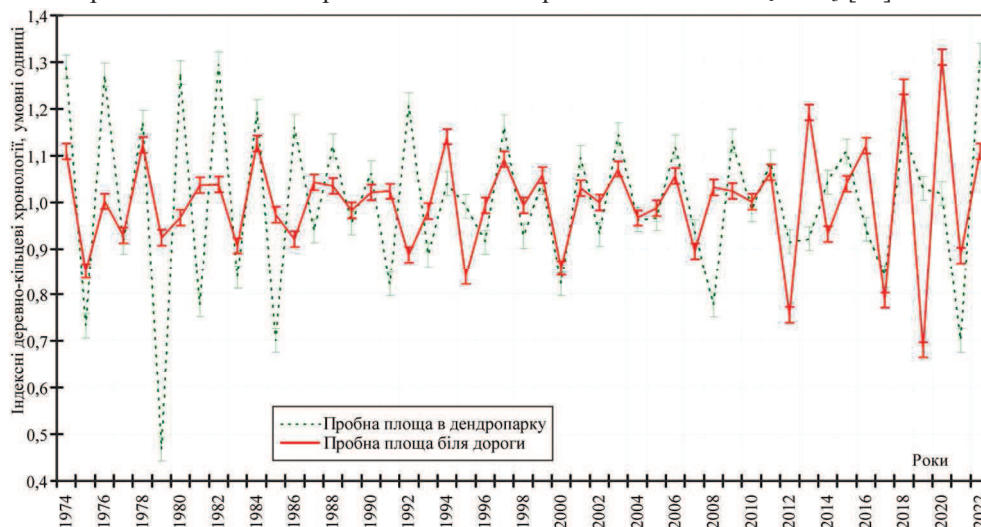


Рис. 4. Динаміка індексних деревно-кільцевих хронологій каштана звичайного в зелених насадженнях Полтави (планки – стандартні похибки) / Dynamics of index tree-ring chronologies of common horse chestnut in Poltava urban green zones (bars indicate standard errors)

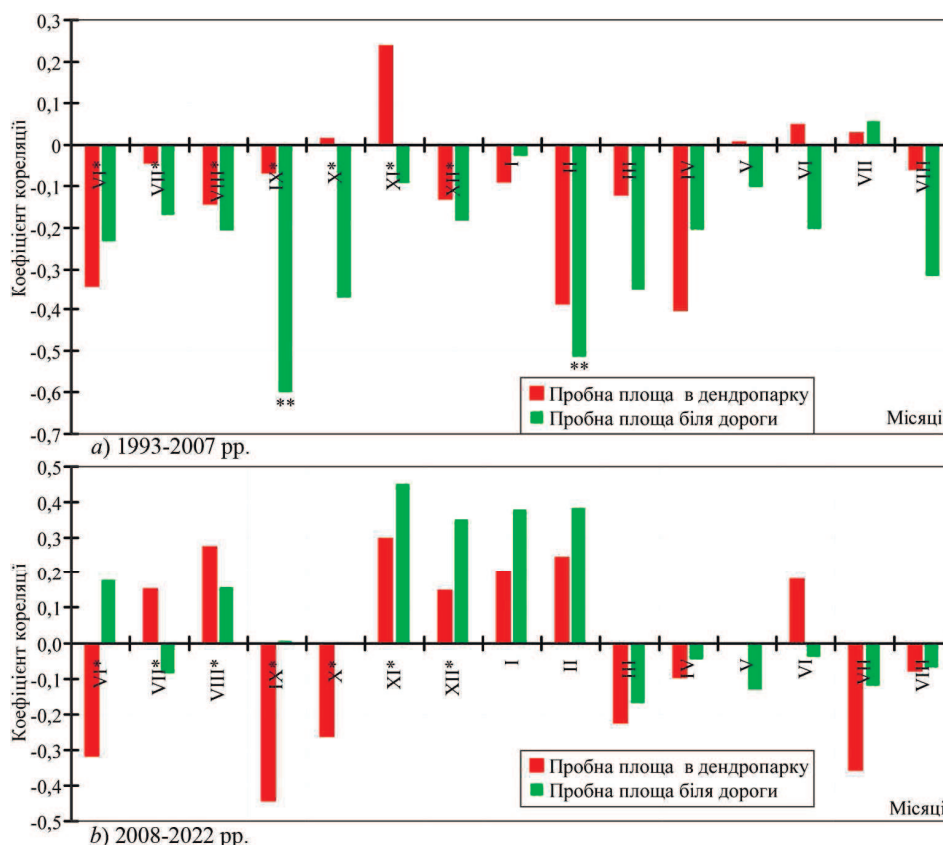


Рис. 5. Кореляційний аналіз між індексними деревно-кільцевими хронологіями та температурами / Correlation analysis between index tree-ring chronologies and temperatures

У 1993-2007 рр. загалом переважав негативний вплив температур на радіальний приріст дерев, при цьому встановлено негативний значущий вплив на приріст у вересні попереднього року та у лютому поточного року. У другому періоді реакція радіального приросту каштана звичайного стала позитивною на температури холодного періоду – з листопада попереднього року по лютий поточного року, а також температури попереднього року стали менше обмежувати приріст дерев.

Підвищення зимових температур позитивно вплинуло на радіальний приріст каштана звичайного у другому періоді, на відміну від першого (рис. 5).

У другому періоді значно збільшилася залежність радіального приросту дерев від опадів упродовж березня-липня. Встановлено значущий прямий вплив вересневих опадів попереднього року на радіальний приріст дерев пробної площі біля дороги для першого періоду та негативний вплив опадів на дерева цієї ж пробної

площі для другого періоду. Упродовж першої половини холодного періоду (з листопада попереднього року по лютий поточного року) та упродовж січня поточного року вплив опадів пом'якшився на радіальний приріст

дерев. Встановлено негативний значущий вплив опадів листопада попереднього року на радіальний приріст гіркого каштана звичайного на контролі для другого періоду (рис. 6).

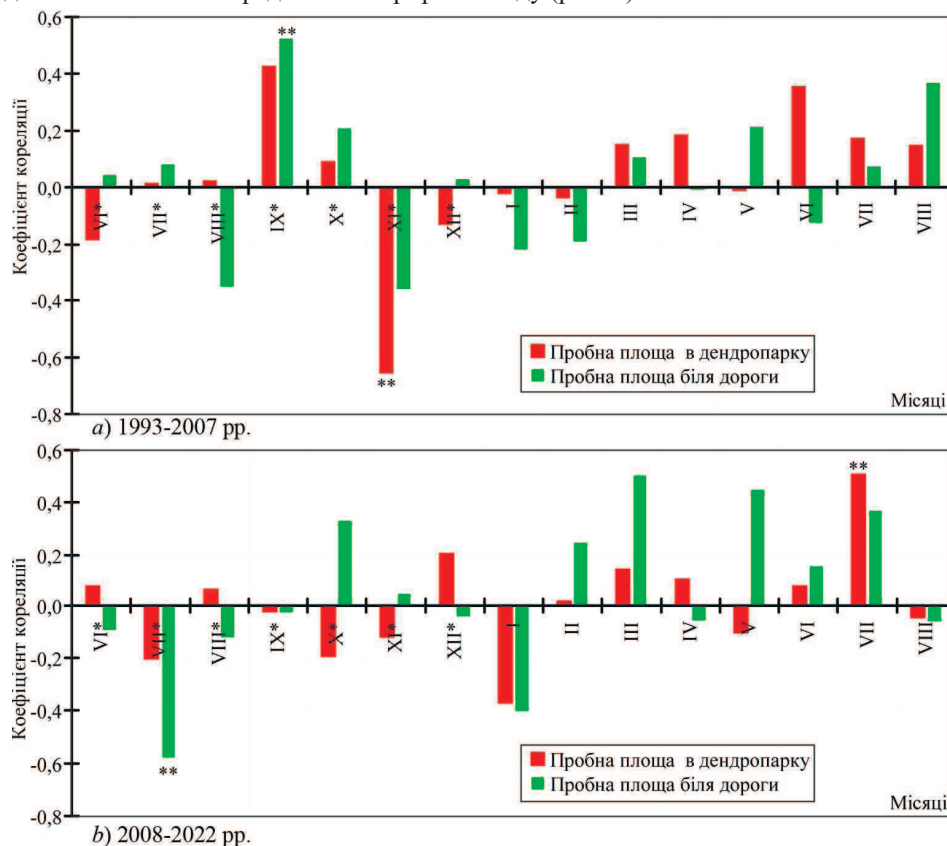


Рис. 6. Кореляційний аналіз між індексними деревно-кільцевими хронологіями та опадами / Correlation analysis between index tree-ring chronologies and precipitation

Для насадження, яке росте біля дороги, пошкодженого не тільки каштановим мінером, але й повітряним забрудненням від автомобільного транспорту, встановлено значущий прямий вплив середніх зимових температур на радіальний приріст дерев у 2008-2023 pp., що свідчить про те, що такий теплолюбний деревний вид як гіркий каштан звичайний позитивно зреагував на підвищення зимових температур. Також встановлено негативний вплив мінімальних температур та опадів на радіальний приріст дерев упродовж гідрологічного року.

Найкращі результати кореляційного аналізу отримано за опадами і мінімальними температурами за гідрологічний рік, зимовими температурами і індексом аридності лісів FAI. У першому періоді не виявлено значущих зв'язків між індексними деревно-кільцевими хронологіями та наведеними вище кліматичними показниками, а у другому періоді знайдено значущий позитивний вплив опадів за гідрологічний рік та зимових температур та негативний вплив мінімальних температур за гідрологічний рік на радіальний приріст дерев на пробній площі біля дороги. Також між радіальним приростом та індексом аридності лісів FAI встановлено прямий кореляційний зв'язок. З іншими гідротермічними коефіцієнтами зв'язків не встановлено (табл. 2).

Встановлено значущий вплив температур у період спокою (лютому) та у вересні попереднього року для 1993-2007 pp. на радіальний приріст дерев, які ростуть біля дороги і пошкоджені забрудненням повітря.

Значущий прямий вплив опадів на приріст виявлено для вересня та негативний для листопада попереднього

року для періоду 1993-2007 pp. У наступних роках, 2008-2022, значуще негативно вплинули опади липня попереднього року на радіальний приріст дерев пробної площі біля дороги також встановлено значущий позитивний вплив опадів липня для контрольного насадження.

Табл. 2. Коефіцієнти кореляції між локальними індексними деревно-кільцевими хронологіями гіркого каштана звичайного та кліматичними факторами / Correlation coefficients between local index tree-ring chronologies of common horse chestnut and climatic factors

Показник	Пробна площа біля дороги	Пробна площа у дендропарку (контроль)
1993-2007 pp.		
Середні зимові температури (з грудня попереднього року по лютий поточного року), °C	-0,31	-0,37
Сума опадів за гідрологічний рік, мм	-0,40	-0,17
Сума опадів за квітень-серпень, мм	-0,38	-0,16
Індекс аридності лісів FAI	-0,13	-0,34
2008-2022 pp.		
Середні зимові температури (з грудня попереднього року по лютий поточного року), °C	0,57*	0,31
Мінімальні температури за гідрологічний рік, °C	-0,56*	-0,40
Опади за гідрологічний рік, мм	0,59*	0,20
Індекс аридності лісів FAI	0,54*	-0,04

Примітка: * – рівень значущості на рівні 0,05.

Обговорення отриманих результатів. У дослідженні [11] автори встановили зменшення величин річних кілець дерев у пошкоджених насадженнях гіркого каштана звичайного у Харкові на 36 %. Відновлення радіального приросту кінського каштана в пошкоджених деревах не відбулося внаслідок щорічної дефоліації (30–80 %), спричиненої каштановим мінером. Депресію приросту пошкоджених дерев поглибили посухи, низькі зимові та ранньовесняні температури, осіннє цвітіння. У наших дослідженнях середній річний радіальний приріст гіркого каштана звичайного у дендропарку був більшим, ніж біля дороги з інтенсивним рухом транспорту, як у 1998–2007 рр. – до початку інвазії каштанового мінера, так і в 2008–2023 рр. У другому періоді радіальний приріст гіркого каштана звичайного біля дороги зменшився на 40 %, а у дендропарку – на 25 %.

У роботі [27] автори порівнювали тенденції зміни температури на території Чехії упродовж періоду 1961–2019 років. Порівнюючи три десятиліття після 1990 р. з нормою 1961–1990 рр., кожне десятиліття було загалом теплішим, ніж попередній період, з особливо посиленням потепління у 2011–2019 роках. У нашому дослідженні, порівнявши середні температури та суми опадів за 1993–2007 і 2008–2023 рр., встановлено, що у другому періоді відбулося підвищення температури упродовж квітня–серпня на 13 %, а зменшення кількості опадів на 3 %.

У роботі [6] автори оцінили вплив каштанового мінера на динаміку радіального приросту дерев кінського каштана у південно-західній частині Польщі. Дендрокліматичний аналіз проведено для двох періодів: до визначеної дати інвазії каштанового мінера (до 1999 р.) та після інвазії (2000–2016 рр.). Тобто початком інвазії було взято 2000 р., оскільки, незважаючи на сприятливі погодні умови, у більшості дерев спостережено зменшення ширини деревного кільця, яке тривало до 2010 року. У 2000 р., незважаючи на сприятливі погодні умови, у 91 % проаналізованих дерев спостережено зниження швидкості росту. До інвазії швидкість радіального приросту залежала від температури та кількості опадів у травні та червні поточного року, тоді як після інвазії радіальний приріст залежав від температури та кількості опадів у попередньому році, і кореляція була сильнішою. Останніми роками (2011–2016 рр.), незважаючи на зараження каштановим мінером дерев гіркого каштана звичайного щороку, санітарний стан проаналізованих дерев покращився, а ширина деревного кільця збільшилася. Ми ж отримали значущі додатні коефіцієнти кореляції середньої сили між індексами радіального приросту гіркого каштана звичайного біля дороги та кліматичними факторами: кількістю опадів за гідрологічний рік, середніми зимовими температурами, індексом аридності лісів (FAI), а від'ємний коефіцієнт кореляції – з мінімальними температурами за гідрологічний рік у насадженнях біля дороги (на тлі впливу викидів транспорту та пошкодження каштановим мінером) за період 2008–2022 роки. За попередні 1998–2007 рр. між радіальним приростом та вище наведеними кліматичними чинниками не було встановлено значущих зв'язків кореляції.

У дослідженні [7] автори проаналізували відгук радіального приросту гіркого каштана звичайного до кліматичних факторів для дерев, які ростуть на алеї, та дерев,

які ростуть у лісовому середовищі. Було встановлено відмінності у зв'язках приріст–клімат для обох насаджень, встановлених для температури (T) впродовж періоду 1948–2018 р. та для опадів (P) впродовж періоду 1951–2018 років. Для дерев, що ростуть на алеї, встановлено негативний значущий вплив температури повітря за липень і серпень попереднього року. Для дерев у лісовому середовищі значущими є кількість опадів (позитивна кореляція) у вересні попереднього року. Ці відмінності можуть бути наслідком відмінних особливостей досліджуваних місць існування та контрастної інтенсивності зараження дерев каштановим мінером. У нашому ж дослідженні дерева в дендропарку і біля дороги по-різному відреагували на кліматичні чинники: дерева біля дороги виявилися більш чутливими до кліматичних чинників порівняно з деревами у дендропарку.

У роботі [22] автори встановили, що в Любляні, столиці Словенії, індекс SPEI (англ. *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* – стандартизований індекс евапотранспірації), який заснований на даних опадів і температури, мав найсильніший вплив на радіальний ріст дерев. За результатами аналізу кліматичного приросту дерев з'ясовано, що в липні 3-місячний SPEI мав найсильніший вплив на радіальний приріст, але його вплив на приріст з часом зменшився, можливо, через процес відмирання дерев. Найвужчі кільця дерев були результатом надзвичайно сухих періодів під час активності камбію. За прогнозом триваліших і частіших літніх періодів посухи в Любляні, стрес вологості ґрунту збільшиться, і, як наслідок, очікується зменшення радіального росту дерев *A. hippocastanum* з парку Тіволі. Оскільки *A. hippocastanum* відомий своєю вразливістю до посухи, виникло питання щодо майбутньої придатності цього міського виду дерев у Любляні. У нашому дослідженні найпридатнішим для дендрокліматичного аналізу виявився індекс аридності FAI.

У роботі [21] встановлено, що дерева гіркого каштана звичайного в заплавної зоні можуть опинитися під загрозою через зниження рівня ґрунтових вод, пов'язаний зі зміною клімату, а старший вік посилює наслідки посухи. Річний дефіцит води в досліджуваному районі щорічно перевищував 340 мм.

Своєчасне видалення хворих і всихаючих дерев, систематичне прибирання і знищення опалого листя знижують шкодочинність мінуючої молі та сприяють підвищенню життєздатності дерев. Згідно з результатами дослідження [23], осіннє прибирання опалого листя зі зимуючими в них лялечками *C. ohridella* значно знижує кількість відроджуваних навесні метеликів, що дає змогу досить успішно знизити чисельність I генерації молі в осередках. Проведено лікування каштанів за допомогою мікроін'єкцій дерева препаратом Актарофіт Е18. Препарат вводять безпосередньо у стовбур дерева, що переміщується його судинною системою. Перевага такого оброблення полягає у "прицільному" введенні препарату, що унеможливорює розпилення в навколишнє середовище, витікання препарату з дерева, контактування зі шкірою фахівця тощо [13]. Отримані тут результати свідчать про те, що останніми роками санітарний стан заражених дерев покращується. У лісовому середовищі, де листя скупчується під деревами, відбувалася сильніша та більш рання градація каштанового мінера, що вплинуло на радіальний ріст стовбурів та ес-

тетичну цінність дерев. За нашими спостереженнями, градація першого покоління комах на деревах, що ростуть у середньому полі, є менш інтенсивною, що призводить до обмеженого пошкодження листя кінського каштана. Результати, отримані в цьому дослідженні, свідчать про те, що дерева кінського каштана краще ростуть у середовищі існування. Щоб покращити санітарний стан, важливо вживати активних захисних заходів, таких як видалення з-під дерев опалого листя, яке використовують для зимівлі личинки каштанового мінера [7]. Ми встановили, що значення приросту гіркокаштану звичайного у дендропарку зменшилося на 25 % у 2008-2022 рр. порівняно з 1998-2007 рр. внаслідок того, що на цій пробній площі листя з-під дерев не прибирали.

У роботі [1] автори встановили, що в зелених насадженнях Житомира навесні щільність поселень каштанового мінера була найменшою у парках і вулицях центра, де восени прибирали опале листя. На величину пошкодженої площі листків гіркокаштану впливала не тільки щільність мін каштанового мінера, але також техногенні фактори. У нашому ж дослідженні встановлено, що радіальний приріст гіркокаштану звичайного зменшився більше на пробній площі біля дороги порівняно з насадженням у дендропарку внаслідок ослаблення дерев забруднювальними речовинами від транспорту.

У дослідженні [4] автори проаналізували вплив інвазії каштанового мінера на ширину кільця дерев і взаємозв'язок між ростом і кліматом у каштанах південної Польщі. Дереву кінського каштана, що ростуть у межах Кракова, виявилися вразливими до погодних умов року, що передував росту: для температури повітря в липні, серпні та вересні відзначено негативні коефіцієнти кореляції, а для суми опадів – у серпні року, що передував росту, і в червні поточного року – позитивні. Початок пошкодження каштановим мінером у Кракові було визначено в 1997 р.: значні скорочення приросту було відмічено між цим роком і 2005 роком. Також встановлено, що вразливішими до погодних умов є дерева на пробній площі біля дороги порівняно з деревами на пробній площі у дендропарку. Про це свідчать значущі коефіцієнти кореляції.

Унаслідок обговорення результатів дослідження підтверджено доцільність проведення саме нашого дослідження, тому що в аналізованій літературі подібного дослідження в зелених насадженнях гіркокаштану звичайного в Полтаві ще ніхто не проводив.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше для Полтави встановлено особливості реакції радіального приросту гіркокаштану звичайного до кліматичних факторів відносно початку впливу на них каштанової мінуючої молі та після нього, що, на відміну від наявних результатів, дало змогу порівняти втрати радіального приросту дерев від так званих стрес-факторів.

Практична значущість результатів дослідження – отримані особливості реакції радіального приросту гіркокаштану звичайного до кліматичних факторів можна використати у подальшому проведенні екологічного моніторингу зелених насаджень Полтави.

Висновки / Conclusions

Виявлено особливості реакції радіального приросту гіркокаштану звичайного на кліматичні фактори до та після інвазії каштанового мінера в зелених насадженнях Полтави, що дало змогу порівняти втрати радіального приросту дерев від так званих стрес-факторів. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Встановлено, що середній річний радіальний приріст гіркокаштану звичайного у дендропарку був більшим, ніж біля дороги з інтенсивним рухом транспорту, як у 1998-2007 рр. – до початку інвазії каштанового мінера ($2,55^{\pm 0,11}$ та $2,27^{\pm 0,09}$ мм відповідно), так і у 2008-2023 рр. – після інвазії ($1,91^{\pm 0,10}$ та $1,36^{\pm 0,08}$ мм відповідно). У другому періоді радіальний приріст гіркокаштану звичайного біля дороги зменшився на 40 %, а у дендропарку – на 25 %.
2. Виявлено мінімальні значення радіального приросту в обох насадженнях у 2000, 2012 та 2017 рр., а максимальні – у 1997, 2003 та 2018 рр., що зумовлено спільним впливом кліматичних факторів на всі міські насадження.
3. Під додатковим впливом викидів транспорту у насадженнях біля дороги виявлено тренд стійкого зниження приросту гіркокаштану звичайного, а у дендропарку коливання приросту за роками відбувалися відповідно до погодних умов, що підтверджено значущими коефіцієнтами кореляції. Встановлено тренд стійкого зниження приросту гіркокаштану звичайного у насадженнях біля дороги, що під додатковим впливом викидів транспорту, а у дендропарку коливання приросту за роками відбувалися відповідно до погодних умов, що підтверджено значущими коефіцієнтами кореляції.
4. Встановлено, що в насадженнях біля дороги (на тлі впливу викидів транспорту та пошкодження каштановим мінером) за період 2008-2022 рр. значущі додатні коефіцієнти кореляції середньої сили отримано між індексами радіального приросту гіркокаштану звичайного біля дороги та кліматичними факторами: кількістю опадів за гідрологічний рік, середніми зимовими температурами, індексом аридності лісів (FAI), а від'ємний коефіцієнт кореляції – з мінімальними температурами за гідрологічний рік.
5. Отримано значущі додатні коефіцієнти кореляції середньої сили між індексами радіального приросту гіркокаштану звичайного біля дороги та кліматичними факторами: кількістю опадів за гідрологічний рік, середніми зимовими температурами, індексом аридності лісів (FAI), а від'ємний коефіцієнт кореляції – з мінімальними температурами за гідрологічний рік у насадженнях біля дороги (на тлі впливу викидів транспорту та пошкодження каштановим мінером) за період 2008-2022 рр.

References

1. Andreieva, O. Yu., Goychuk, A. F., Kulbanska, I. M., Shvets, M. V., & Vyshnevsky, A. V. (2021). Adventive leaf-mining insects in the green stands of Zhytomyr. *Forestry and Forest Melioration*, 140, 57–63. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.140.2022.57>
2. Atramentova, L. O., & Utevska, O. M. (2007). Statistical methods in biology. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University, 288 p. [In Russian]. URL: <https://dokumen.pub/978-966-2129-26-7.html>
3. Bednarz, B., & Scheffler, M. (2008). Effect of horse-chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) outbreak on tree ring widths of white horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). Wpływ żeru szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) na szerokość słojów rocznych kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum* L.). *Sylwan*, 7,

- 53–66. [In Polish]. URL: <https://bibliotekanauki.pl/articles/1012840>
4. Bondareva, L., & Tamavskiy, N. (2023). The main factors influencing the damage and population dynamics of *Cameraria ohridella* (Deschka & Dimic, 1986) in urban plantations of Kyiv Region. *Biological systems: theory and innovation*, 14(3–4), 128–141. [https://doi.org/10.31548/biologiya14\(3-4\).2023.012](https://doi.org/10.31548/biologiya14(3-4).2023.012)
 5. Cedro, A., & Nowak, G. (2021). Effect of the outbreak of horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) on tree-ring width in common horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). This work is licensed under a CC BY 4.0 License, 16. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-466202/v1>
 6. Cedro, A., & Nowak, G. (2022). Influence of horse-chestnut leaf miner invasion on the growth-climate relationship of common horse-chestnut trees from north-western Poland. *Sylvan*, 166(2), 101–113. <https://doi.org/10.26202/sylvan.2021107>
 7. Cedro, A., & Nowak, G. (2023). Do horse chestnut trees grow better in a forest or in a mid-field habitat? *Sylvan*, 167(10), 678–694. <https://doi.org/10.26202/sylvan.2023043>
 8. Cook, E. R., & Kairiukstis, A. (1992). *Methods of dendrochronology*. Berlin: Kluwer Academic Publishers, 351 p. URL: https://pure.iasa.ac.at/id/eprint/3354/1/Methods_of_Dendrochronology_Applications.pdf
 9. Cook, E. R., & Kairiukstis, L. A. (1990) *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. International Institute for Applied Systems Analysis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 394 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7879-0>
 10. Führer, E., Horváth, L., Jagodics, A., Machon, A., & Szabados, I. (2011). Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás*, 15(3), 205–216. URL: https://www.researchgate.net/publication/269099675_Application_of_a_new_aridity_index_in_Hungarian_forestry_practice
 11. Jansone, D., Matisons, R., Jansons, Ā., & Jaunslaviete, I. (2023). Meteorological conditions have a complex effect on the tree-ring width of horse chestnut *Aesculus hippocastanum* in a forest plantation in Latvia. *Dendrochronologia*, 77, article ID 126031. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2022.126031>
 12. Koval, I. M. (2023). *Dendrochronological principles of assessing pine and oak stands in Ukraine*. Kharkiv: Machulin, 252. [In Ukrainian]. URL: https://www.researchgate.net/publication/369825923_Dendrochronologicni_zasadi_ocinuvanna_sosnovih_i_dubovih_derevostaniv_Ukraini
 13. Koval, I. M., & Bräuning, A. (2024). The effect of climate change on the radial growth of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus robur* L. in the stands of Kharkiv green zone. *Man and Environment. Issues of Neocology*, 41, 132–142. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-41-10>
 14. Koval, I. M., & Mikulina, I. M. (2012). Dendrochronological research of common horse chesnut damaged by the horse-chestnut leaf miner in forest-steppe zone. *Scientific bulletin of UNFU*, 22(10), 40–45. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?i21dbn=link&p21dbn=ujm&z21id=&s21ref=10&s21cnr=20&s21stn=1&s21fmt=asp_meta&c21com=s&2_s21p03=filas&2_s21str=nnvltu_2012_22_10_9
 15. Let's protect Ukraine's chestnuts together. (2025). *Effective treatment of plants and forests, diagnosis of pests and diseases, ecosystem phytopathology and forest pathology*. <https://zelenaklika.com/en/blog/lets-protect-ukraines-chestnuts-together/>
 16. Li, T., He, B., Chen, D., Chen, H. W., Guo, L., Yuan, W., Fang, K., Shi, F., Liu, L., Zheng, H., Huang, L., Wu, X., Hao, X., Zhao, X., & Weiguo, Jiang W. (2024). Increasing sensitivity of tree radial growth to precipitation. *Geophysical Research Letters*, 51, article ID e2024GL110003. <https://doi.org/10.1029/2024GL110003>
 17. Martynenko, V. G. (2010). The chestnut miner in Ukraine. *Scientific notes*, 10(1), 61–62. [In Ukrainian]. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/d9e7cc6b-bb94-46a7-8f2c-bff1b2f7a30e/content>
 18. Meshkova, V. (2021). Predicted Seasonal Development of Phytophagous Forest Insects in the Temperate Zone. *Advances in Agriculture, Horticulture and Entomology*, 6, article ID AAHE-158. <https://doi.org/10.37722/AAHAE.2021601>
 19. Meshkova, V. (2022). Alien phytophagous insects in forest and urban stands of Ukraine. *Bucovina Forestiera*, 22(1), 29–40. <https://doi.org/10.4316/bf.2022.004>
 20. Milentijević, N., Dragojlović, J., Ristić, D., Cimbaljević, M., Demirović, D., & Valjarević, A. (2018). The assessment of aridity in Leskovac Basin, Serbia (1981–2010). *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić"*, 68(2), 249–264. <https://doi.org/10.2298/IJGI1802249M>
 21. Myškow, E., Sokolowska, K., Shupianek, A., & Gryc, V. (2021). Description of Intra-Annual Changes in Cambial Activity and Differentiation of Secondary Conductive Tissues of *Aesculus hippocastanum* Trees Affected by the Leaf Miner *Cameraria ohridella*. *Forests*, 12(11), article ID 1537. <https://doi.org/10.3390/f12111537>
 22. Plichta, R., Úradníček, L., & Gebauer, R. (2022). Stem Growth of Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) under a Warming Climate-Tree Age Matters. *Forests*, 13(10), article ID 1677. <https://doi.org/10.3390/f13101677>
 23. Poljanšek, S., & Marion, L. (2016). Radial growth response of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) trees to climate in Ljubljana, Slovenia. *Urban Forestry and Urban Greening*, 18, 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.05.013>
 24. Rogovsky, S. V., & Dragan, G. I. New pests of *Aesculus hippocastanum* in forest-steppe of Ukraine measures of its control (2009). *Scientific Bulletin of UNFU*, 28, 26–33. [In Ukrainian]. URL: https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BAU/1909/1/zaxody_borotby.pdf
 25. Shvydenko, I. M., Kardash, Ye. S., & Kolienkina, M. S. (2020). Features of dynamics of mine density and phenology of the horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986) in plantations of Kharkiv. *Biodiversity, ecology and experimental biology*, 2, 59–69. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2020.22.2.07>
 26. Statistics. (2025). Section 4.4. Variation indicators, 2 p. URL: <https://buklib.net/books/35953/>
 27. Szymański, N., Wilczyński, S., Kowalczyk, J., et al. (2025). The tree-ring width and interval trend values as indicators of sensitivity to temperature and precipitation in different provenances of European larch. *Scientific Reports*, 15, article ID 1656. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85652-5>
 28. Zahradníček, P., Brázdl, R., Štěpánek, P., & Trnka, M. (2021). Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology*, 41(2), 1211–1229. <https://doi.org/10.1002/joc.6791>

I. M. Koval¹, O. V. Orlovsky²

¹ Ukrainian Order "Sign of Honour" Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Kharkiv, Ukraine

² Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University, Poltava, Ukraine

DENDROINDICATION OF COMMON HORSE CHESTNUT IN POLTAVA URBAN GREEN ZONES

The relationship between the radial growth of common horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) and climatic indicators before and after the invasion of the chestnut miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986) in Poltava urban green zones was analysed in the paper. In the course of research, it was detected that there was an increase in temperature during April–August by 13%, and a decrease in precipitation by 3% in the second period when comparing the average temperatures and precipitation for

1993–2007 and 2008–2023. Precipitation during the cold period (from November of the previous year to February of the current year) increased by 14%. It was found that the largest increase in temperature in the second period compared to the first period is characteristic of the cold period and March temperatures, when one increased by 1.2 °C and 1.3 °C respectively in the second period. It was also revealed that the average annual radial growth of common horse chestnut in the arboretum was greater than near the road with intensive traffic, both in 1992–2007 – before the invasion of the chestnut miner ($2.55^{\pm 0.11}$ and $2.27^{\pm 0.09}$ mm, respectively), and in 2008–2023 – after the invasion ($1.91^{\pm 0.10}$ and $1.36^{\pm 0.08}$ mm, respectively). Moreover, in the second period, the radial growth of common horse chestnut near the road decreased by 40%, and in the arboretum – by 25%. The minimum values of radial growth in both stands were determined in 2000, 2012 and 2017, and the maximum values occurred in 1997, 2003 and 2018, which is due to the joint influence of climatic factors on all stands. A trend of a steady decrease in the growth of common horse chestnut was observed under the additional influence of transport emissions in the stands near the road, whilst fluctuations in growth over the years occurred in accordance with weather conditions in the arboretum, which was confirmed by significant correlation coefficients. Significant average positive correlation coefficients were obtained between the radial growth indices of common horse chestnut near the road and climatic factors: the amount of precipitation per hydrological year, average winter temperatures, forest aridity index (FAI), and a negative correlation coefficient with the minimum temperatures per hydrological year in stands near the road (against the influence of transport emissions and damage by the chestnut miner) for the period 2008–2022.

Keywords: *Aesculus hippocastanum* L.; *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić; tree ring width index; climate change; anthropogenic load.