

Biosystems Diversity

ISSN 2519-8513 (Print)
ISSN 2520-2529 (Online)
Biosyst. Divers., 25(1), 52–59
doi: 10.15421/011708

Assessment and prediction of the invasiveness of some alien plants in conditions of climate change in the steppe Dnieper region

Y. V. Lykholat*, N. A. Khromykh*, I. A. Ivan'ko*, V. L. Matyukha**, S. S. Kravets**,
O. O. Didur*, A. A. Alexeyeva*, L. V. Shupranova*

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipro, Ukraine

**Institute of Grain Crops, Dnipro, Ukraine

Article info

Received 15.12.2016

Received in revised form

14.02.2017

Accepted 16.02.2017

Oles Honchar Dnipropetrovsk
National University,
Gagaryn Ave., 72,
Dnipro, 49010, Ukraine
E-mail: lykholat2006@ukr.net

Institute of Grain Crops,
Vernadsky Str., 14,
Dnipro, 49000, Ukraine

Lykholat, Y. V., Khromykh, N. A., Ivan'ko, I. A., Matyukha, V. L., Kravets, S. S., Didur, O. O., Alexeyeva, A. A., & Shupranova, L. V. (2017). Assessment and prediction of the invasiveness of some alien plants in conditions of climate change in the steppe Dnieper region. *Biosystems Diversity*, 25(1), 52–59. doi: 10.15421/011708

The flora of the steppe Dnieper region is characterized by an abundance of naturalized alien species, some of which colonised over the last decade. Climate change, associated primarily with increasing temperature, became clearly manifested in this period. We tested the hypothesis that there is an association between climate change and the initiation of invasiveness of some alien plant species in the steppe Dnieper region. For this purpose, comparative studies of the distribution boundaries of naturalized alien trees, shrubs and herbaceous plants were conducted. Along the research route numerous 5–10-year-old broadleaf linden trees (*Tilia platyphyllos* Scop.) were found in the man-made plantation communities of Dnipro city in areas with moist soil; seeded undergrowth was located at a significant distance from the adult linden plants. Numerous groups of young 7–10-year-old plants of the smoke trees (*Cotinus coggygria* Scop.), which had a seed origin, were found in the shelterbelt and urban recreational plantations. Young 10–12-year-old virginal and generative plants of the black cherry (*Padus serotina* Ehrh.) were found in large numbers in both the semi-natural and artificial plant communities at great distances from the adult trees. The alien plant species common hackberry (*Celtis occidentalis* L.) showed the ability to form fairly sparse seminal seedlings, which was presented by the plants at the age of 4–7 years in both the natural and urban plant communities. The perennial herbaceous plant common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) was found in the course of the research in ruderal habitats, urban plant communities, and also in the agrocoenoses. The common milkweed reached its greatest abundance in fields of winter crops, where the spread of this species was accompanied by a sharp decrease in the number of other species of segetal plants. Our study results confirm that the extension of the distribution boundaries of alien species over the last decade was not related to the ground conditions of the steppe Dnieper region. At the same time, changes in climatic conditions were favourable for some naturalized alien species because they have created the opportunity for seed reproduction of species away from the maternal plants. Alien species *C. coggygria*, *P. serotina* and *A. syriaca* were also the most sensitive to the influence of the climate changes. Consequently, these species have the greatest potential for increasing their level of invasiveness and endangering the biodiversity in the steppe Dnieper region under conditions of climate change. We suggest that a simultaneous initiation of invasiveness of these several alien species leads to an increase in the degree of threat to the diversity of natural plants in the region. The study results confirm the urgent need for analysis and forecasting of the consequences of introduction of alien species, in order to prevent the undesirable effects that this would bring for the region's native vegetation.

Keywords: warming; alien plants; seed reproduction; the initiation of invasiveness

Оцінка і прогноз інвазійності деяких адвентивних рослин за впливу кліматичних змін у Степовому Придніпров'ї

Ю. В. Лихолат*, Н. О. Хроміх*, І. А. Іванько*, В. Л. Матюха**, С. С. Кравець**,
О. О. Дідур*, А. А. Алексєєва*, Л. В. Шупранова*

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

**Інститут зернових культур НААН України, Дніпро, Україна

Досліджено зміни меж розповсюдження натуралізованих адвентивних деревних, чагарникових і трав'янистих рослин у Степовому Придніпров'ї на фоні кліматичних флуктуацій упродовж останніх десятиліть. Показано наявність віддаленої від материнських рослин насінневої порослі липи широколистої (*Tilia platyphyllos* Scop.) у насадженнях м. Дніпро на ділянках із свіжуватими та свіжими гіротопами. Скумпія звичайна (*Cotinus coggygria* Scop.) утворила численний насінневий підріст у полезахисних насадженнях та міських рекреаційних зонах. У напівприродних фітоценозах і лісових насадженнях знайдено віргінільні та генеративні рослини черемхи пізньої (*Padus serotina* Ehrh.) насінневого походження. У природних екотопах і міських фітоценозах зафіксовано насінневу поросль каркасу західного (*Celtis occidentalis* L.).

Виявлено проникнення ваточника сирійського (*Asclepias syriaca* L.) у міські фітоценози, а також різке зростання його чисельності в агроценозах, особливо у посівах озимих культур, де інвазія ваточника супроводжувалась зниженням чисельності інших сеgetальних видів. Зроблено припущення, що саме кліматичні зміни останніх десятиліть створили для досліджених адвентивних видів сприятливі умови для формування життєздатного насіння та його проростання. Адвентивні види *C. coggigria*, *P. serotina* та *A. syriaca* виявили найбільшу чутливість до кліматичних змін, отже, мають високий потенціал щодо посилення інвазійності та загрози біорізноманіттю у Степовому Придніпров'ї. Наголошується на необхідності аналізу та прогнозування можливих віддалених наслідків інтродукції чужорідних рослинних видів.

Ключові слова: потепління; чужорідні рослини; насіннєве відтворення; ініціація інвазійності

Вступ

У флорі Дніпропетровської області сьогодні майже 17% видового складу припадає на фракцію адвентивних рослин, причому для деяких із них відмічено зростання рівня інвазійності протягом останніх 30–40 років (Baranovski et al., 2016). Аналогічна тенденція для чужорідних видів рослин виявлена у різних частинах світу (Thuiller et al., 2007; Bergstrom et al., 2009; Vila et al., 2009), що вказує на наявність загальних закономірностей виникнення феномену. Онтогенез рослин і просторове розповсюдження рослинних видів жорстко детермінується кліматом (Ramirez-Valiente et al., 2015). Отже, актуальні упродовж останніх десятиліть кліматичні зміни в напрямку підвищення температури та посушливості здатні внести суттєві корективи у розселення видів рослин (Bahuguna and Jagadish, 2015; Sperlich et al., 2015). Установлено (Thuiller, 2007), що попри різноманіття аспектів впливу кліматичних змін на природні угруповання, екосистеми та місцезростання, найбільш безпосередня дія – зсув географічних діапазонів. Прогнозується (Pompe et al., 2010; Araujo et al., 2011; Jochner and Menzel, 2015), що у Західній і Центральній Європі внаслідок зростання температури та посухості загостриться проблема виживання рослин.

Зокрема, у Середземноморському регіоні може відбутися витіснення автохтонних лісових видів південними генотипами (Bussotti et al., 2015), у тому числі вічнозеленими видами рослин (Niinemets and Penuelas, 2008). Зміни кліматичних умов у різних регіонах нині спричиняють появу відмінностей у динаміці популяцій місцевих видів, а отже, у складі та структурі угруповань, трофічних зв'язках і функціонуванні екосистем у цілому (Gritti et al., 2006; Mund et al., 2010; Linder et al., 2014; Brygadyrenko and Nazimov, 2015; Brygadyrenko, 2016).

Зміни меж розповсюдження корінних видів за впливу кліматичних флуктуацій включають процеси, близькі до тих, що відбуваються під час розповсюдження чужорідних видів (Thuiller, 2007). Більше того, Walther et al. (2009) наголошують, що зміни клімату та біологічні інвазії – ключові процеси, які впливають на глобальне біорізноманіття та вказують на наявність зв'язку між двома процесами. Оскільки впливу кліматичних змін зазнають усі рослини певного місцезростання, то цілком ймовірно, що деякі види, як аборигенні, так і чужорідні, можуть за таких умов отримати переваги для свого розселення.

Нині вже існують свідчення того, що кліматичні зміни останніх десятиліть виявились сприятливими для деяких адвентивних видів і дозволили їм розповсюджуватися у регіонах, де раніше вони не мали шансів на виживання й відтворення. До прикладу, аналіз розплідників рослин у Європі виявив численні садові різновиди, які виживали у регіонах, розташованих на 1 000 км північніше, ніж вони раніше могли бути висаджені (Van der Veken et al., 2008). Багаторічні дослідження (Berger et al., 2007) підтвердили, що пом'якшені зимові умови останніх декількох десятиліть узгоджуються із трендом розширення з півдня на північ потенційних діапазонів та збільшення числа вічнозелених широколистяних порід, імовірним наслідком чого виявиться значна зміна складу та структури широколистяних лісів у різних частинах Європи.

У попередніх дослідженнях ми встановили, що у степовій зоні України автохтонні (Lykholat et al., 2016a) та адвентивні (Lykholat et al., 2016b) деревні рослини характеризуються надзвичайно високою чутливістю метаболічних процесів до мінливості мікроклімату та освітленості навіть у незначному діапазоні коливань. Зважаючи на континентальний характер ре-

гіонального клімату, можна очікувати, що його зміни в напрямку посилення рис аридності мають бути важливим чинником впливу на межі розповсюдження рослинних видів.

Ми припустили, що деякі адвентивні рослинні види могли отримати переваги для виживання та розселення на території Степового Придніпров'я за умов кліматичних змін останніх десятиліть. Для перевірки гіпотези проведено порівняльні дослідження сучасних меж розповсюдження деяких адвентивних рослин, які кількома десятиліттями раніше були асоційовані лише з локальними місцезростаннями. Мета роботи полягала у виявленні та оцінюванні рівня зростання інвазійності адвентивних видів і прогнозуванні ймовірних наслідків цього процесу для складу та структури регіональної рослинності.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені протягом 2013–2016 рр. на території Дніпропетровської області (47°32' – 49°11'N, 33° – 33°56'E), яка повністю розташована в межах Степового Придніпров'я, а також на території м. Дніпро. Об'єктами дослідження обрано адвентивні деревні та чагарникові види, які були висаджені в регіоні дослідження у лісонасадженнях різного призначення понад 50 років тому: черемха пізня (*Padus serotina* Ehrh.), липа широколиста (*Tilia platyphyllos* Scop.), каркас західний (*Celtis occidentalis* L.), скумпія звичайна (*Cotinus coggigria* Scop.). Серед трав'янистих видів досліджено стан інвазійності багаторічної рослини ваточник сирійський (*Asclepias syriaca* L.).

Біолого-екологічна характеристика та таксономія рослинних видів наведена відповідно до сучасної номенклатури, прийнятої в Україні (Mosyakin and Fedoronchuk, 1999; Baranich and Horhota, 1952). Згідно із загальноприйнятими підходами (Blackburn et al., 2014), адвентивними вважали такі види, які внаслідок діяльності людини розселялись у регіонах, де раніше були відсутні. Визначення інвазійності адвентивних рослин проводили за критерієм (Richardson et al., 2000), згідно з яким інвазійними вважали натуралізовані у регіоні види, що виявили спроможність до розселення на далекі відстані від материнських рослин.

Відповідно до поставленої мети щодо оцінки та прогнозування наслідків впливу кліматичних змін на розповсюдження адвентивних рослинних видів, необхідно конкретизувати напрями та діапазон флуктуацій кліматичних параметрів для регіону проведення досліджень у відповідний період часу. Подібні дослідження (Pompe et al., 2014) виявили складні ефекти взаємодії між значеннями температури та вологості та розширенням ареалу. Беручи до уваги той факт, що більшість досліджень кліматичних змін орієнтована на наслідки підвищення температури (Walther et al., 2009; Bahuguna and Jagadish, 2015), ми провели порівняльний аналіз температурного режиму протягом вегетації рослин за період з 2013 по 2016 рік. За основу брали дані Гідрометеослужби у Дніпропетровській області. Флуктуації температури протягом останніх років реєстрували у відношенні до усереднених значень багаторічних досліджень (рис. 1).

Аналогічний аналіз проведено для виявлення напрямків та діапазону коливань місячної кількості опадів (рис. 2) та кількості посушливих днів (коли рівень відносної вологості був нижче 30%) упродовж періоду вегетації за останні роки (рис. 3).

Відомо (Bowler et al., 2015), що вплив кліматичних змін на розвиток популяцій різних видів має варіативний характер. Це пояснюється видовими особливостями, такими як швидкість відтворення та пристосованість до певних умов середовища, зокрема надання переваги певному температурному режиму. З огляду

на такий феномен ми аналізували стан інвазійності досліджених адвентивних видів з урахуванням регіонів їх походження та еколого-біологічних особливостей.

Ваточник сирійський (*Asclepias syriaca* L.) – багаторічна коренепаросткова трав'яниста рослина, яка належить до родини Asclepiadaceae та походить із Північної Америки (Pauková et al., 2013; Basieczko and Borcz, 2015). Цей вид потребує мезотрофного рівня живлення та віддає перевагу середовищам із помірним зволоженням і достатнім освітленням, хоча й витримує затінення (Tarasov, 2005).

Скумпія звичайна (*Cotinus coggygia* Scop.) – чагарник або невелике дерево з родини сумарові (Anacardiaceae). Вид походить із Середземноморського регіону, а його сучасний природний ареал має диз'юнктивний характер у межах південної та східної частин Європи й Азії, у тому числі в Україні у Поліссі, Лісостепу, Криму. У степовій зоні України спостерігаються локальні природні ценопопуляції скумпії на території долини р. Сіверський Донець від м. Ізюм (Харківська обл.) до с. Криві Луки (Донецька обл.) (Barbarich and Horhota, 1952; Tarasov, 2005).

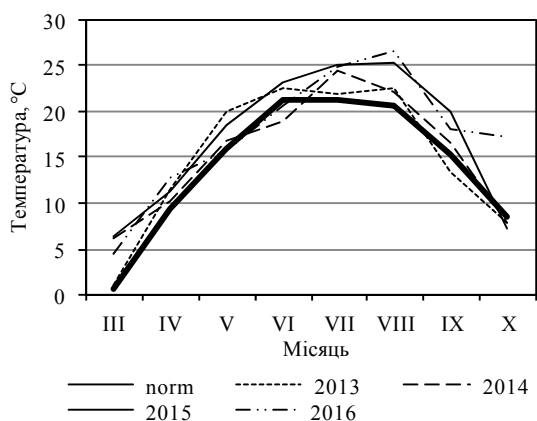


Рис. 1. Флуктуації температури повітря протягом періоду досліджень порівняно із середніми показниками багаторічних досліджень: norm – усереднені значення за багаторічний період досліджень (тут і далі)

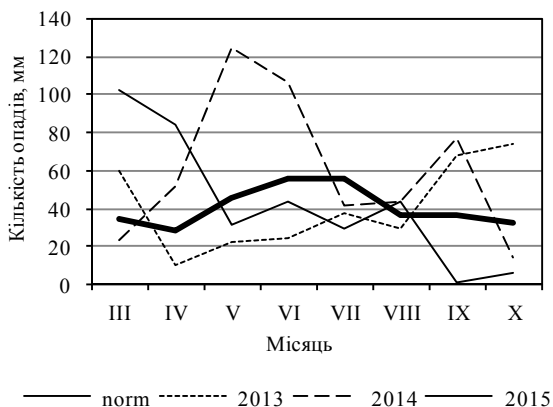


Рис. 2. Динаміка кількості опадів протягом періоду досліджень порівняно із середніми показниками багаторічних досліджень

Для Степового Придніпров'я *C. coggygia* не є компонентом природної флори, а її присутність у складі насаджень різного призначення – результат уведення в культуру. За класифікацією адвентивних видів скумпія звичайна у Степовому Придніпров'ї – кенофіт (неофіт), ергазіофіт, епекофіт.

Деревний вид черемха пізня (*Padus serotina* (Ehrh.) Ag.) належить до родини розові (Rosaceae) та має північноамериканське походження (Barbarich and Horhota, 1952; Tarasov, 2005). Черемха пізня – кенофіт (неофіт), ергазіофіт, агріофіт. Північноамериканське походження має також каркас західний (*Celtis occidentalis* L.), який належить до родини в'язові (Ulmaceae) та

характеризується як посухостійкий та морозовитривалий вид (Barbarich and Horhota, 1952; Tarasov, 2005). Для території Європи – адвентивний вид, відомий у культурі з 1856 року. Має тенденцію до експансії (Barbarich and Horhota, 1952; Pušek et al., 2012). За класифікацією адвентивних видів каркас західний – кенофіт (неофіт), ергазіофіт, колонофіт.

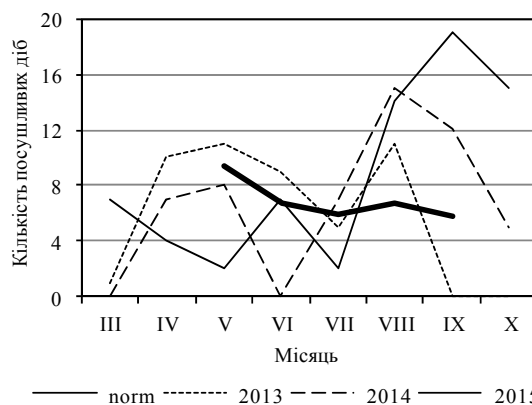


Рис. 3. Кількість посушливих діб за період досліджень порівняно із середніми показниками багаторічних досліджень

Геоботанічні дослідження проведені польовим маршрутним методом у складі Комплексної експедиції з вивчення лісів степової зони України Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара. Статистичне опрацювання даних здійснювали шляхом розрахунку середнього арифметичного та його стандартної помилки.

Результати та їх обговорення

Порівняльний аналіз виявив суттєві зміни меж розповсюдження досліджуваних рослинних видів на території Дніпропетровської області та м. Дніпро упродовж останніх 30–40 років. На фоні кліматичних флуктуацій у багатьох районах області адвентивні види виявили тенденцію до збільшення чисельності та до розселення у нових місцезростаннях (рис. 4).

Ваточник сирійський. За результатами наших досліджень, поширення ваточника сирійського набуло значних масштабів на території Синельниківського, Дніпропетровського та Солонянського районів. У складі сеgetальних угруповань *A. syriaca* як злісний бур'ян виявлено на площі 5–100 га у посівах різних культур, зокрема, пшениці озимої, ячменю озимого, рапсу озимого (рис. 4). Переважання ваточника сирійського саме у посівах озимих культур зумовлене комплексом причин, який включає еколого-біологічні особливості виду та специфічні умови агроценозів (табл. 1). Паростки *A. syriaca* з'являються у травні, коли в агроценозах з озимими культурами вже не застосовується механізована обробка ґрунту, тож єдиним засобом впливу на небажану рослинність залишається тільки одноразова гербіцидна обробка. За таких умов рослини ваточника сирійського встигають утворити потужні підземні органи, а пошкоджену гербіцидами надземну частину швидко відновлюють завдяки відростанню пагонів від кореневища. Припускаємо, що додатковою складовою успішного розповсюдження *A. syriaca* в агроценозах, поряд із високою конкурентоздатністю адвентивного виду, може бути несприятлива спрямованість кліматичних флуктуацій для інших сеgetальних видів. Наслідком одночасного впливу кліматичних та фітоценогічних чинників для деяких видів рослин може виявитись зниження їх чисельності, або навіть елімінація із сеgetальних угруповань.

Саме така тенденція встановлена нами у посівах озимої пшениці, де протягом 2013–2016 рр. спостерігали зниження чисельності (у шт./м²) талабану польового (*Thlaspi arvense* L.) у 2,2 раза, шириці жминдовидної (*Amaranthus blitoides* S. Watson) – удвічі, лободи білої (*Chenopodium album* L.) – в 1,7 раза,

мишію сизого (*Setaria glauca* (L.) P. Beauv.) і зеленого (*Setaria viridis* (L.) P. Beauv.) – у 3,3 раза, у той час як чисельність *A. syriaca* збільшилась у 2,1 раза.

На території м. Дніпро локалітети ваточника сирійського зафіксовані у парку Дружби народів (рис. 5) під наметом акацієво-ясеневих насаджень у сухуватих та свіжуватих позиціях на лучно-чорноземних слабковилужених потужних малогумусних важкосуглинистих ґрунтах. Під час дослідження виявлено 7 куртин *A. syriaca* з чисельністю по 10–15 рослин у куртинах.

Упродовж 1970–1980-х років *A. syriaca* на території Дніпропетровської області виявлений як натуралізований вид у Синельниківському та Дніпропетровському районах у рудеральних місцезростаннях із частотою трапляння на рівні 3,5 одиниць за шестибальною шкалою (Tarasov, 2005). За архівними даними Єрастівської дослідної станції (розташована у П'ятихатському районі), поодинокі рослини ваточника сирійського виявлені у 1974 році у посівах ярого ячменю, а також ярої та озимої пшениці, де вдалося контролювати розповсюдження адвентивної рослини завдяки комплексу агротехнічних заходів. Виявлена нами тенденція до зростання рівня інвазійності ваточника сирійського підтверджує закономірність, згідно з якою найуспішніше вторгнення демонструють види, здатні пристосуватися до порушених ландшафтів з антропогенним домінуванням (Suarez and Tsutsui, 2008).

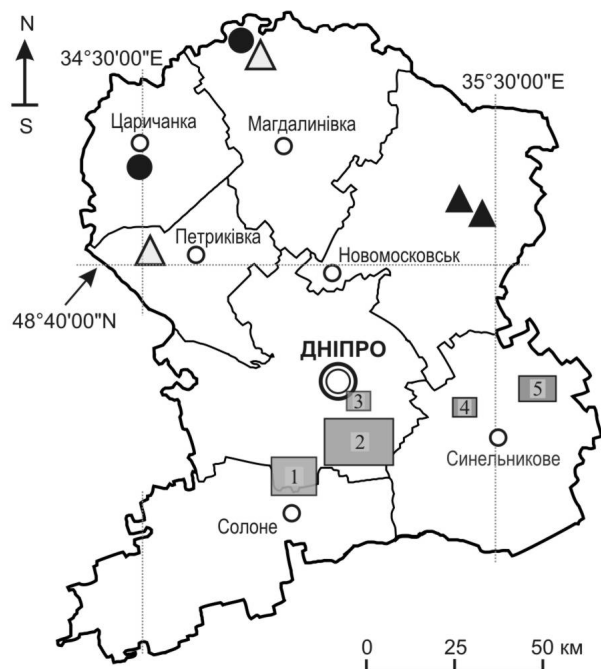


Рис. 4. Природні, напівприродні та штучні місцезростання Дніпропетровської області, в яких виявлено посилення інвазійності адвентивних рослинних видів:

■ – ваточник сирійський, ▲ – скуппія звичайна, ● – каркас західний; Δ – черемха пізня; площа зі знахідкою: 1 – 50 га, 2 – понад 100 га, 3 – 6 га, 4 – 5–6 га, 5 – 20 га

Таблиця 1

Чисельність ваточника сирійського (шт./м²) у посівах культурних рослин (дослідне господарство «Дніпро», 2016 р.)

Культура	Середня чисельність
Пшениця озима (агроценоз 1)	7,90 ± 0,45
Пшениця озима (агроценоз 2)	6,24 ± 0,41
Ячмінь озимий	4,18 ± 0,36
Кукурудза	3,50 ± 0,29

Вивчення динаміки адвентивних видів у різних регіонах із помірним кліматом показало, що адвентивні види з високою конкурентоздатністю у нових умовах (Urban et al., 2012) та успішно натуралізовані адвентивні рослини (Arianoutsou et al.,

2013), незалежно від регіону їх походження, найчастіше зустрічаються одразу у декількох місцезростаннях, спричинюючи високий рівень гомогенізації регіональної флори. Припускаємо, що саме такі наслідки може мати розширення меж розповсюдження ваточника сирійського у Степовому Придніпров'ї. Зроблений прогноз урахує виявлену упродовж останніх років тенденцію до масштабного поширення адвентивного виду *A. syriaca* не тільки у рудеральних місцезростаннях, а й у агроценозах із застосуванням сівозміни, проведенням агротехнічних заходів і внесенням гербіцидів. Експансію ваточника сирійського у регіоні ми вважаємо прикладом неконтрольованих наслідків інтродукції чужорідних видів, адже *A. syriaca* завезений до Європи як технічна та декоративна рослина, але за певних умов із культури проник у природне середовище. Актуальність проблеми підтверджується застереженням (Nii-nemets and Penuelas, 2008) щодо необхідності кількісних оцінок глобальних наслідків садівництва та міського озеленення.

Липа широколиста. На території м. Дніпро дослідження дозволили зафіксувати початкові етапи процесу розширення меж розповсюдження липи широколистої (*Tilia platyphyllos* Scop.). Цей адвентивний для Степового Придніпров'я вид виявив здатність до формування насінневої порослі, яка знайдена у фітоценозах парку Дружби народів та парку Зелений Гай (рис. 5) на відстані кількох десятків метрів від дорослих рослин. На території обох парків молоді рослини липи широколистої виявлені на ділянках із свіжуватими та свіжими гіротопами на ґрунтах із високою трофністю – чорноземах звичайних лісополішених (парк Зелений Гай) та лучно-чорноземних (парк Дружби народів). Материнські дерева виду *T. platyphyllos*, висаджені понад 45 років тому, під час дослідження мали задовільний життєвий стан та успішно проходили всі фенофази від цвітіння до утворення насіння. Віковий стан молодих дерев у складі насінневої порослі липи широколистої коливався у досить широкому діапазоні (табл. 2).

Таблиця 2

Розподіл насінневого покоління липи широколистої за онтогенетичними групами (парк Зелений Гай)

Показник	Онтогенетична група		
	ювенільні	віргінільні	генеративні
Вік, роки	1–2	5–8	11–12
Висота, м	0,51 ± 0,12	1,8 ± 0,45	4,1 ± 0,48
Чисельність, %	30	65	5

Отримані результати вказують, що сприятливі умови для проростання насіння та виживання паростків *T. platyphyllos* склалися саме останніми роками. Ми вважаємо, що ключову роль в ініціації інвазійності натуралізованого у регіоні адвентивного виду відіграли зміни температури та рівня зволоженості упродовж періоду вегетації, оскільки едафічні та гідрологічні умови протягом минулих десятиліть помітних змін не зазнали. Припускаємо, що вплив підвищеної температури повітря (рис. 2) та кількості опадів у березні та червні упродовж попередніх років (рис. 3) виявився сприятливим для проростання насіння та успішного розвитку паростків липи широколистої. Кліматичні флуктуації під час вегетаційного періоду могли спричинити певні зсуви фенофаз у дорослих деревах *T. platyphyllos*, унаслідок чого вони утворили більш життєздатне насіння.

Отримані результати узгоджуються з даними фенологічних досліджень 542 рослинних видів, проведених у 19 європейських країнах (Menzel et al., 2006), які виявили, що загальні реакції рослин на зростання температури середовища полягали у більш ранньому розкритті бруньок (у 78% видів рослин) та затриманні настання періоду зміни кольору та опадання листя. Ті самі дослідження показали, що під час зростання температури у попередні місяці на 1 °C весняні фенологічні фази починались на 2,5 доби раніше, тоді як осінні фенофази наставали пізніше на одну добу. Аналогічні результати дав аналіз динаміки урбанофлори в Німеччині протягом останніх трьох століть, який вказує, що наразі у багатьох видів рослин цвітіння починається раніше та закінчується

ся пізніше; при цьому зроста частка видів, яким властиве раннє утворення листків навесні (Knapp et al., 2009).

Скуппія звичайна. Під час геоботанічних досліджень у протиерозійних і ползахисних насадженнях і в міських рекреаційних зонах зареєстровано зростання ступеня натуралізації та інвазійної здатності скуппії звичайної, яке відбулося протягом останніх років. У Новомосковському районі на околиці села Андріївка (рис. 4) у лісонасадженнях головного моніторингового профілю Присамарського науково-навчального біосферного стаціонару імені О. Л. Бельгарда виявили масове формування куртин молодих рослин скуппії звичайної чисельністю до 10 рослин та віком не більше семи років. Куртини *C. coggygia* знайдені під наметом дубово-ясеневих насаджень (*Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L.) по схилах балки

Баштанна (N 48°46'40.10" E 35°27'26.90") і масивних 60-річних монодомінантних насаджень дуба звичайного (табл. 3) на плакорі (N 48°45'26.26" E 35°30'03.63"). За просторовим розміщенням куртини молодих рослин *C. coggygia* тяжіють до ділянок із деструкцією деревного намету та посиленою освітленістю нижніх фітогоризонтів на рівні 10,3% від відкритих ділянок. За нашими даними, в указаних насадженнях скуппію звичайну висадили понад 50 років тому в перших зовнішніх рядах для зниження бічного освітлення. Відстань від локалітетів молодих рослин скуппії звичайної до дорослих особин складала 10–50 м, що свідчить про насінневе походження порослі. Необхідно зауважити, що під час досліджень, проведених упродовж 2000–2005 років, наявність насінневої порослі скуппії звичайної під наметом тих самих лісонасаджень не зафіксовано.

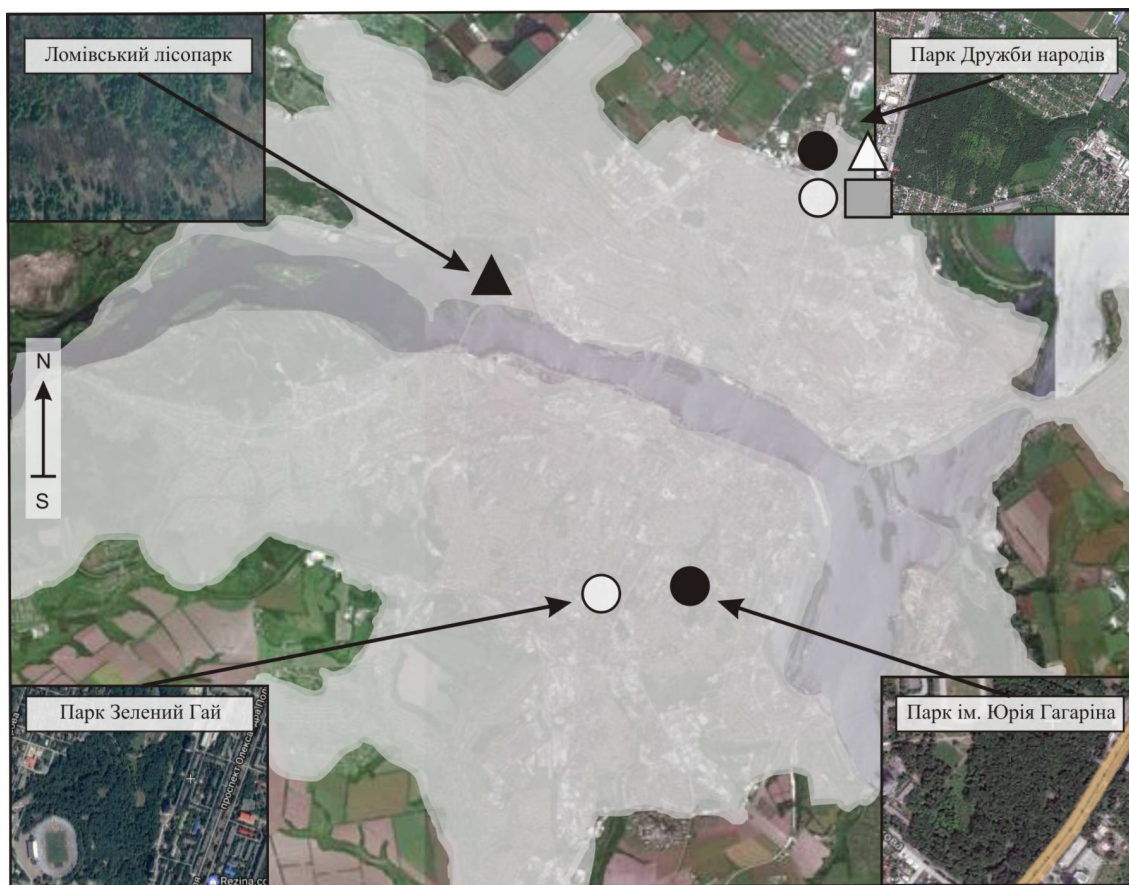


Рис. 5. Локалітети насінневої порослі адвентивних видів на території м. Дніпро:

■ – ваточник сирійський, ▲ – скуппія звичайна, Δ – черемха пізня, ● – каркас західний, ○ – липа широколиста

Таблиця 3

Розподіл насінневого покоління скуппії звичайної за онтогенетичними групами в насадженні дуба звичайного

Показник	Онтогенетична група		
	ювенільні	віргінільні	генеративні
Вік, роки	0,5–1,0	3–5	7
Висота, м	0,17 ± 0,07	0,80 ± 0,23	1,50 ± 0,35
Чисельність, %	30	60	10

На території м. Дніпро активне насінневе відтворення *C. coggygia* відмічено у проєктованому ландшафтному заказнику «Лівобережний» на території житлових масивів Кам'янський і Ломівський (рис. 5). У насадженні сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), розташованому в межах піщаної тераси долини р. Дніпро, виявлено чисельні розсіяні куртини з насінневої та кореневої порослі *C. coggygia*, сформовані із рослин віком 5–7 років. Джерелом розповсюдження насіння були, ймовірно, висаджені понад 25 років тому рослини скуппії звичайної, які наразі мають задовільний життєвий стан і ростуть на відстані

50–60 м від молодих рослин. Отже, у Степовому Придніпров'ї адвентивний вид *C. coggygia* натуралізувався упродовж декількох десятиліть в умовах створених насаджень, адаптувавшись до широкої амплітуди мікрокліматичних і ґрунтово-гідрологічних умов. Активне насінневе відтворення скуппії звичайної виявлено як у мезоксерофільних умовах зволоження на чорноземах звичайних середньогумусних, так і на бідних піщаних ґрунтах. Насіннева та коренева поросль скуппії звичайної витримує досить значне затінення під наметом дубових і дубово-ясеневих насаджень. Зважаючи на високу толерантність скуппії звичайної до едафічних умов у місцезростаннях степової зони, вважаємо, що підвищення рівня інвазійності *C. coggygia* упродовж останніх десятиліть асоційоване зі сприятливими для адвентивного виду кліматичними змінами, зокрема зростанням температури та освітленості. Наші висновки наближені до результатів досліджень, згідно з якими рослинні види походженням із теплих регіонів у місяцях із помірним кліматом через подовження періоду вегетації набули здатності утворювати плоди (Niinemets and Penuelas,

2008) або конкурувати з місцевими видами, такими як *Prunus laurocerasus* у Центральній Європі (Berger et al., 2007).

Черемха пізня. На території Дніпропетровської області на піщаній терасі р. Оріль знайдено ділянки з численною насінневою порослю черемхи пізньої. У Петриківському районі у південно-східному напрямку від села Сорочине (рис. 4) під наметом насаджень сосни звичайної (*P. sylvestris*) виявлено підріст черемхи пізньої, який складала ювенільні, віргінільні та генеративні рослини з максимальним віком 10–12 років. Джерелами розповсюдження насіння та фітоінвазії *P. serotina* були, ймовірно, 30–35-річні водозахисні насадження цього виду, розташовані уздовж Орільського каналу на відстані 50–100 м від куртин насінневої порослі. У Магдалинівському районі зафіксували незначну кількість молодих віргінільних рослин черемхи пізньої в натуралізованому масивному 70-річному сосновому насадженні (Шагарівський ліс) на піщаній терасі р. Оріль (рис. 4). Джерело розповсюдження насіння *P. serotina* у Шагарівському лісі не встановлено, оскільки дорослих рослин черемхи в насадженні під час досліджень не знайдено. Наявність генеративних рослин у складі насінневої порослі *P. serotina* підтверджує, що кліматичні зміни у Степовому Придніпров'ї протягом останніх десятиліть сприяли зростанню рівня інвазійності адвентивного натуралізованого деревного виду та його розселенню в напівприродному середовищі. Подібну тенденцію відмічено (Walther et al., 2007) для пальмової рослини *Trachycarpus fortunei*, яка, за рахунок пом'якшення зимових умов і зростання середньої температури найхолоднішого місяця протягом попереднього періоду на 2,0–2,8 °С, виявилась здатною створити плодючі популяції у дикій природі.

Ділянки, на яких спостерігали численні молоді рослини черемхи пізньої, знайдені також на території м. Дніпро у парку Дружби народів (рис. 5), розташованому в межах IV надзаплавної тераси Дніпра на лучно-чорноземних середньовилужених потужних малогумусних важкосуглинистих ґрунтах.

Вік деревних насаджень парку, включаючи дорослі рослини *P. serotina*, становить близько 50–60 років. Масова насіннева поросль черемхи пізньої локалізувалась на території парку у свіжуватих та свіжих умовах зволоження ґрунту під наметом акацієво-ясеневих насаджень з освітленістю нижніх фітогоризонтів на рівні 12,8% відкритих ділянок. У той самий час насіннева поросль була відсутня на ділянках із сухуватими умовами та високою освітленістю за рахунок деструкції дерево-стану (70,4% відкритих ділянок) навіть за наявності значної кількості генеративних особин *P. serotina*.

Зважаючи на високий рівень задерніння ґрунту травостоєм на вказаних ділянках (проективне покриття становить 70–100%), вважаємо задерніння ґрунту одним із важливих факторів, що лімітують формування насінневої порослі черемхи пізньої в мезоксерофільних умовах. Склад підросту черемхи пізньої, віддаленого на 10–50 м від материнських рослин, представлений усіма онтогенетичними групами з максимальним віком особин 14–15 років, що свідчить про насіннєве відтворення адвентивного виду в урбанізованих умовах (табл. 4). Локальна популяція черемхи пізньої у парку Дружби народів має прогресивний тип із переважанням рослин віргінільної групи та наявністю значної кількості генеративних особин, що вказує на її потенційну спроможність до подальшого розселення у парку та на прилеглих територіях.

Таблиця 4

Розподіл насіннєвого покоління черемхи пізньої за онтогенетичними групами (парк Дружби народів)

Показник	Онтогенетична група		
	ювенільні	віргінільні	генеративні
Вік, роки	1–2	3–8	7–15
Висота, м	0,55 ± 0,11	1,30 ± 0,25	2,80 ± 0,58
Чисельність, %	32	53	15

У країнах Західної та Східної Європи *P. serotina* занесена до «чорного списку» (Genovesi and Scalera, 2007), оскільки

проявляє значну інвазійну здатність і масово вторгається в приміські ліси та заселяє перелоги (Chabrierie et al., 2010; Wołkowsky, 2015). В Україні черемху пізню ввели в культуру і тривалий час широко використовували під час створення рекреаційних зон і захисних лісонасаджень у лісовій та лісостеповій зонах, де упродовж останніх десятиліть адвентивний вид проявив інвазійну активність у природних, напівприродних і штучних екосистемах. У Степовому Придніпров'ї черемху пізню рідко використовували в рекреаційних і захисних насадженнях, і дотепер розповсюдження виду за межами території інтродукції не досліджували. Отримані результати вказують на зростання ступеня інвазійності натуралізованого адвентивного виду *P. serotina*, яке не детерміноване едафічними умовами, оскільки черемха пізня виказала високу толерантність до умов зволоження місцезростань на території Дніпропетровської області. Отже, поява чисельної насінневої порослі черемхи пізньої пов'язана з тим, що зміни кліматичних умов у Степовому Придніпров'ї, які відбулись упродовж останніх десятиліть, виявились сприятливими для помітного зростання ступеня інвазійності адвентивного виду *P. serotina*.

Каркас західний. Цей вид для території Європи – адвентивний. Він має тенденцію до експансії (Rušek et al., 2012). В Україні *C. occidentalis*, інтродукований понад 200 років тому, останніми роками виявив здатність до успішного самовідтворення у степовій зоні. На території Дніпропетровської області існують нечисленні рекреаційні та захисні лісонасадження, в яких присутній каркас західний, що знижує кількість джерел інвазії даного адвентивного виду. Під час маршрутних досліджень у Царичанському районі поблизу с. Могилів у заплаві р. Оріль у природній берестово-липовій діброві виявлено молоді рослини *C. occidentalis* віком до 7 років (рис. 4). Найближчі до цієї ділянки дорослі дерева каркасу західного росли на відстані близько 400 м у прилеглому лісонасадженні, де також виявлено молоду насіннєву поросль цього виду. У Магдалинівському районі поблизу с. Чернеччина в підвищеній прируслової зоні р. Оріль також зафіксували нечисленний підріст *C. occidentalis* (рис. 4). Насіннева поросль каркасу західного сформувалась у природній липово-в'язовій діброві зі свіжуватим гіртопом і складалась із молодих рослин віком від 4 до 6 років.

У ході маршрутних досліджень, проведених на території м. Дніпро, виявили насіннєву поросль каркасу західного на відстані не менше 100 м від дорослих рослин у парку Дружби народів (табл. 5) і парку імені Юрія Гагаріна (рис. 5). Молоді рослини каркасу західного віком до 6–7 років знаходили під наметом 50–60-річних акацієвих та акацієво-ясеневих насаджень із досить значною світлопроникністю. Отримані результати дають підставу вважати, що насіннєве самовідтворення *C. occidentalis* упродовж останніх років у природних і антропогенних екотопах вказує на успішну натуралізацію виду та потенційну загрозу його інвазійності у Степовому Придніпров'ї в умовах подальших кліматичних змін. В урбофітоценозах процес самовідтворення каркасу західного відбувається в умовах відсутності належного догляду за зеленими насадженнями, включаючи вирубування насіннєвої порослі.

Таблиця 5

Розподіл насіннєвого покоління каркасу західного за онтогенетичними групами (парк Дружби народів)

Показник	Онтогенетична група		
	ювенільні	віргінільні	генеративні
Вік, роки	1	4–7	відсутні
Висота, м	0,32 ± 0,08	1,80 ± 0,45	–
Чисельність, %	60	40	–

Таким чином, зростання рівня інвазійності досліджених адвентивних рослинних видів свідчить про їх особливу чутливість до кліматичних змін, які протягом останніх десятиліть мали вплив на всю регіональну рослинність. Подібні результати отримані в експериментах із модельованими умовами потепління (Prieto et al., 2009), під час яких у восьми чагар-

никових і трав'янистих видів рослин у різних країнах Європи виявили прискорення весняного росту. Найчутливішими до змін температури були *Vassinium vulgare* та *Empetrum nigrum* у Уельсі, *Deschamsia flexuosa* у Данії, *Calluna vulgaris* у Нідерландах, *Populus alba* у Угорщині та *Erica multiflora* в Іспанії.

Виявлені тенденції розширення меж розповсюдження адвентивних рослинних видів у Степовому Придніпров'ї на фоні кліматичних змін узгоджуються із загальновідомими прогнозами (Suarez and Tsutsui, 2008) щодо загрози природному біорізноманіттю, яка посилюється у випадку зростання рівня інвазійності багатьох чужорідних видів. Фахівці наголошують на необхідності кількісних оцінок і прогнозування глобальних наслідків садівництва та міського озеленення, серед яких посилення біологічних інвазій посідає перше місце (Niinemets and Penuelas, 2008).

Висновки

Кліматичні флуктуації останніх десятиліть виявились пусковим механізмом для ініціації інвазійної здатності досліджених адвентивних рослинних видів у Степовому Придніпров'ї. Наявність життєздатної порослі насінневого походження у натуралізованих деревних адвентивних видів далеко за межами вихідних насаджень указує на настання сприятливіших умов середовища для формування та проростання насіння та виживання підросли. Враховуючи значну сталість едафічного фактора, ми вважаємо, що ключову роль у зростанні інвазійної здатності адвентивних видів відіграли зміни кліматичних чинників, зокрема температури та зволоження. Ймовірно, *T. platyphyllos* у м'яких кліматичних умовах здатна розширити межі розповсюдження у зволжених екоценозах і, можливо, витіснити аборигенні види. Вид *C. coggygia* натуралізувався упродовж декількох десятиліть і наразі проявляє здатність до утворення насінневої порослі в напівприродних фітоценозах. Наявність віргінільних і генеративних рослин у складі насінневого підросли *P. serotina* свідчить про успішне відтворення адвентивного виду в умовах напівприродних і урбанізованих екоципів. *C. occidentalis* виявився найменш чутливим до впливу кліматичних змін, однак наявність молоді насінневої порослі у природних і антропогенних екоценозах вказує на успішну натуралізацію виду та потенційну загрозу його інвазійності у Степовому Придніпров'ї в умовах подальших кліматичних змін. Виявлені закономірності необхідно враховувати під час створення лісонасаджень на території м. Дніпро та Степового Придніпров'я у цілому. Проникнення *A. syriaca* з рудеральних місцезростань в агроценози та катастрофічне поширення в них підвищує вірогідність гомогенізації складу сегетальних угруповань за відсутності заходів із контролю чисельності адвентивного виду.

References

Araujo, M. B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogueira-Bravo, D., & Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14(5), 484–492.

Arganoutsou, M., Delipetrou, P., Vilà, M., Dimitrakopoulos, P. G., Celestini, G., Wardell-Johnson, G., Henderson, L., Fuentes, N., Ugarte-Mendes, E., & Rundel, P. W. (2013). Comparative patterns of plant invasions in the Mediterranean biome. *PLoS One*, 8(11), e79174.

Baciewicz, W., & Borecz, A. (2015). Structure of *Asclepias syriaca* L. population against phytocenotic and habitat conditions in Widuchowa (West Pomerania). *Biodiversity: Research and Conservation*, 40, 69–75.

Bahuguna, R. N., & Jagadish, K. S. V. (2015). Temperature regulation of plant phenological development. *Environmental and Experimental Botany*, 111, 83–90.

Baranovski, B., Khromykh, N., Karmyzoza, L., Ivanko, I., & Lykholat, Y. (2016). Analysis of the alien flora of Dnipropetrovsk Province. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6(3), 419–429.

Barbarich, A. I., & Horhota, A. Y. (Ed.) (1952). *Ozelenenie naselennykh mest [Landscaping of populated sites]*. Akademiya Arhitektury USSR, Kiev (in Russian).

Berger, S., Söhlke, G., Walther, G.-R., & Pott, R. (2007). Bioclimatic limits and range shifts of cold-hardy evergreen broad-leaved species at their northern distributional limit in Europe. *Phytocoenologia*, 37, 523–539.

Bergstrom, D. M., Lucieer, A., Kiefer, K., Wasley, J., Belbin, L., Pedersen, T. K., & Chown, S. L. (2009). Indirect effects of invasive species removal devastate world heritage island. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 73–81.

Blackburn, T. M., Essi, F., Evans, T., Hulme, P. I., & Jeschke, J. M. (2014). A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology*, 12(5).

Bowler, D. E., Haase, P., Kröncke, I., Tackenberg, O., Bauer, H. G., Brendel, C., Brooker, R. W., Gerisch, M., Henle, K., Hickler, T., Hof, C., Klotz, S., Kühn, I., Matesanz, S., O'Hara, R., Russell, D., Schweiger, O., Valladares, F., Welk, E., Wiemers, M., & Böhring-Gaese, K. (2015). A cross-taxon analysis of the impact of climate change on abundance trends in central Europe. *Biological Conservation*, 187, 41–50.

Brygadyrenko, V. V., & Nazimov, S. S. (2015). Trophic relations of *Opatrum sabulosum* (Coleoptera, Tenebrionidae) with leaves of cultivated and uncultivated species of herbaceous plants under laboratory conditions. *Zookeys*, 481, 57–68.

Brygadyrenko, V. V. (2016). Evaluation of ecological niches of abundant species of *Poecilus* and *Pterostichus* (Coleoptera: Carabidae) in forests of the steppe zone of Ukraine. *Entomologica Fennica*, 27(2), 81–100.

Bussotti, F., Pollastrini, M., Holland, V., & Bruggeman, W. (2015). Functional traits and adaptive capacity of European forests to climate change. *Environmental and Experimental Botany*, 111(3), 91–113.

Chabrierie, O., Loinard, J., Perrin, S., Saguez, R., & Decocq, G. (2010). Impact of *Prunus serotina* invasion on understory functional diversity in a European temperate forest. *Biological Invasions*, 12(6), 1891–1907.

Genovesi, P., & Scalera, R. (2007). Assessment of existing lists of invasive alien species for Europe, with particular focus on species entering Europe through trade, and proposed responses. In: *Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats*. Strasbourg, 26–29 November 2007.

Gritti, E. S., Smith, B., & Sykes, M. T. (2006). Vulnerability of Mediterranean basin ecosystems to climate change and invasion by exotic plant species. *Journal of Biogeography*, 33, 145–157.

Jochner, S., & Menzel, A. (2015). Does flower phenology mirror the slowdown of global warming? *Ecology and Evolution*, 5(11), 2284–2295.

Knapp, S., Kuhn, I., Stolle, J., & Klotz, S. (2009). Changes in the functional composition of a Central European urban flora over three centuries. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 12(3), 235–244.

Linder, M., Fitzgerald, J. B., Zimmermann, N. E., Reyer, C., Delzon, S., Van der Maaten, E., Schelhass, M.-J., Lasch, P., Eggers, J., Van der Maaten-Theunissen, M., Suckow, F., Promas, A., Poulter, B., & Hanewinkel, M. (2014). Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146(12), 69–83.

Lykholat, Y. V., Khromykh, N., Ivanko, I., Kovalenko, I., Shupranova, L., & Kharytonov, M. (2016a). Metabolic responses of steppe forest trees to altitude-associated local environmental changes. *Agriculture and Forestry*, 62(2), 163–171.

Lykholat, Y., Alekseeva, A., Khromykh, N., Ivanko, I., Kharytonov, M., & Kovalenko, I. (2016b). Assessment and prediction of viability and metabolic activity of *Tilia platyphyllos* in arid steppe climate of Ukraine. *Agriculture and Forestry*, 62(3), 57–64.

Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kubler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F. M., Crepinsek, Z., Cumel, Y., Dahl, A., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczka, K., Mages, F., Mestre, A., Nordli, O., Penuelas, J., Pirinen, P., Remisova, V., Scheffinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A. J. H., Wielgolaski, F. E., Zach, S., & Züst, A. (2006). European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12, 1969–1976.

Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine (Nomenclatural checklist)*. Naukova Dumka, Kyiv.

Mund, M., Kutsch, W. L., Wirth, C., Kahl, T., Knohl, A., Skomarkova, M. V., & Schulze, E. D. (2010). The influence of climate and fructification on the inter-annual variability of stem growth and net primary productivity in an old-growth, mixed beech forest. *Tree Physiology*, 30(6), 689–704.

Niinemets, U., & Penuelas, J. (2008). Gardening and urban landscaping: Significant players in global change. *Trends in Plant Science*, 13(2), 60–65.

Pauková, Ž., Káderová, V., & Bakay, L. (2013). Structure and population dynamics of *Asclepias syriaca* L. in the agri-cultural land. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 59(4), 161–166.

Pompe, S., Hanspach, J., Badeck, F.-W., Klotz, S., Bruehlheide, H., & Kuhn, I. (2010). Investigating habitat-specific plant species pools under climate change. *Basic and Applied Ecology*, 11, 603–611.

Prieto, P., Penuelas, J., Niinemets, U., Ogaya, R., Schmidt, I. K., Beier, C., Tietema, A., Sowerby, A., Emmett, B. A., Lang, E. K., Kroel-Dulay, G.,

- Lhotsky, B., Cesaraccio, C., Pellizzaro, G., DeDato, G., Sirca, C., & Estiarte, M. (2009). Changes in the onset of spring growth in shrubland species in response to experimental warming along a north-south gradient in Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 18, 473–484.
- Pyšek, P., Danihelka, J., Sádlo, J., Chrtek, J. Jr., Chytrý, M., Jarošík, V., Kaplan, Z., Krahulec, F., Moravcová, L., Pergl, J., Štajerová, K., & Tichý, L. (2012). Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): Checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia*, 84, 155–255.
- Ramirez-Valiente, J. A., Koehler, K., & Cavender-Bares, J. (2015). Climatic origins predict variations in photoprotective leaf pigments in response to drought and low temperature in live oaks (*Quercus* series *virentes*). *Tree Physiology*, 35(1), 521–534.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Redjmanek, M., Barbour, N. G., Panetta, F. D., & West, S. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93–107.
- Sperlich, D., Chang, C. T., Penuelas, J., Gracia, C., & Sabate, S. (2015). Seasonal variability of foliar photosynthetic and morphological traits and drought impacts in a mediterranean mixed forest. *Tree Physiology*, 35(5), 501–520.
- Suarez, A. V., & Tsutsui, N. D. (2008). The evolutionary consequences of biological invasions. *Molecular Ecology*, 17(1), 351–360.
- Tarasov, V. V. (2005). Flora Dnipropetrovskoy ta Zaporizkoy oblastey. Sudynni roslyny. Biologo-ekologichna harakterystyka vydiv (Monografiya) [Flora of Dnipropetrovsk and Zaporizhzhya oblasts. Vascular Plants. Biology-ecology characteristics of species]. Dnipropetrovsk University Press, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Thuiller, W., Richardson, D. M., & Midgley, G. F. (2007). Will climate change promote alien plant invasions? In: Nentwig, W. (ed.) *Ecological Studies*, Biological Invasions, 193. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 197–211.
- Urban, M. C., Tewksbury, J. J., & Sheldon, K. S. (2012). On a collision course: Competition and dispersal differences create no-analogue communities and cause extinctions during climate change. *Proceedings of the Royal Society B*, 279(1735), 2072–2080.
- Van der Veken, S., Hermy, M., Vellend, M., Knapen, A., & Verheyen, K. (2008). Garden plants get a head start on climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(4), 212–216.
- Vilà, M., Basnou, C., Pyšek, P., Josefsson, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Nentwig, W., Olenin, S., Roques, A., Roy, D., & Hulme, P. I. (2010). How well do we understand the impacts of alien species on ecological services? A pan-European cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(3), 135–144.
- Walther, G. R., Gritti, E. S., Berger, S., Hickler, T., Tang, Z., & Sykes, M. T. (2007). Palms tracking climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 16(6), 801–809.
- Walther, G.-R., Roques, A., Hulme, P. E., Sykes, M. T., Pyšek, P., Kuhn, I., & Zobel, M. (2009). Alien species in a warmer world: Risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution*, 24(12), 686–693.
- Wolkowycski, D., & Próchnicki, P. (2015). Spatial expansion pattern of black cherry *Padus serotina* Ehrh. in suburban zone of Białystok (NE Poland). *Biodiversity Research and Conservation*, 40(1), 59–67.