



Поширення здичавілого горіху волоського (*Juglans Regia* L.) у басейні ріки Бистриця Солотвинська (Прикарпаття)

Ігор Кучерко, Віктор Шпарик, Андрій Заморока

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

Адреса для листування: kucherko34373@gmail.com

Отримано: 03.09.22; прийнято до друку: 15.11.22; опубліковано: 30.12.22

Резюме Проблема інвазії горіху волоського (*Juglans regia*) є новою на території не лише України, а й усієї Центральної Європи. Його інвазія добре задокументована у Австрії, Словаччині та Польщі. В Україні відомостей про цей процес досі не було відомо. У чинній публікації ми представили результати дослідження інвазії горіху волоського у басейні ріки Бистриця Солотвинська, включаючи його гірську та передгірну частини. У гірській частині вид відсутній, а у передгірській утворює два чіткі осередки інвазії: у містах Івано-Франківськ та Богородчани, а також їх найближчих околицях. За межами міст інтенсивність інвазії значно нижча і кількість дерев на одиницю площі спадає пропорційно відстані від великих населених пунктів. Причиною такої інвазії ми вважаємо наявність перманентних колоній граків (*Corvus frugilegus*) у обох містах, які є основними векторами розповсюдження насіння горіхів. Окрім того, ми відмітили вплив комплексного висотного градієнту на інтенсивність інвазії: зі спадом висот над рівнем моря інтенсивність інвазії збільшується. Найвища інтенсивність інвазії простежується у діапазоні висот 250-350 м над рівнем моря; на висотах 350-450 м – вона значно нижча; вище 450 м – відсутня цілковито. Цілком очевидним є той факт, що проникнення горіху волоського у природні та напівприродні екосистеми регіону залежить від багатьох чинників – і біотичних, і абіотичних. Ми встановили, що основним інвазійним оселищем є вербові та вербово-вільхові ліси вздовж річок. Однак, горіх волоський у вербинах та вербових-вільшаних басейну Бистриці Солотвинської все ще відіграє незначну роль і не утворює окремого типу лісів. Трансформація вербових та вербово-вільхових лісів відбувається повільно. На сьогодні, горіх волоський, практично повсюдно, складає III ярус – підлісок, поступово переходячи у II ярус. Подальший розвиток інвазії горіху волоського у басейні Бистриці Солотвинської у загальних рисах є цілком зрозумілим – це перехід від первинної інвазії до вторинної і поступове перетворення виду на едификатора. Ми також запропонували прогноз можливих екологічних та економічних наслідків інвазії горіху волоського у басейні Бистриці Солотвинської.

Ключові слова: горіх волоський, *Juglans regia*, біологічні інвазії, Прикарпаття, Бистриця Солотвинська

Spreading walnut (*Juglans regia*) into the wild in the basin Bystrytsia Solotvynska river (Cisrpathia, Ukraine)

Ihor Kucherko, Viktor Shparyk, Andrew Zamoroka

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ukraine

Correspondence: kucherko34373@gmail.com

Abstract. The problem of walnut (*Juglans regia*) invasion is new not only in Ukraine, but also in all of Central Europe. Its invasion is well documented in Austria, Slovakia and Poland. Information about walnut invasion in Ukraine is still insufficient. In this study, we presented the results of a study of walnut invasion in the Bystrytsia Solotvynska river basin, including its mountain and lowland parts. In the mountainous part, the walnut is absent, and in the foothills, it forms two clear centers of invasion: in the cities of Ivano-Frankivsk and Bohorodchany, as well as their closest vicinities. Outside the cities, the intensity of invasion is much lower and the number of trees per unit area decreases in proportion to the distance from large settlements. We consider the reason for this invasion to be the presence of permanent colonies of crows (*Corvus frugilegus*) in both cities, which are the main vectors of the spread of walnut seeds. In addition, we noted the influence of a complex altitudinal gradient on the intensity of invasion: with a decrease in altitudes, the intensity of invasion increases. The greatest intensity of invasion is observed in the height range of 250-350 m above sea level; at heights of 350-450 m, it is much lower; above 450 m invader is completely absent. It is obvious that the invasion of walnut into the natural and semi-natural ecosystems of the region depends on many factors,

including both biotic and abiotic. We found that the main habitats invaded by walnut are willow and willow-alder forests along rivers. However, walnut in the willow and willow-alder forests of the Bystrystia Solotvynska basin still plays a minor role and does not form a separate type of forest. The transformation of willow and willow-alder forests under the walnut invasion is slow. To date, almost everywhere, walnut constitutes the understory, gradually reaching the second layer of the willow forests. The further development of the walnut invasion in the Bystrystia Solotvynska basin is generally predictable. This includes the transition from primary to secondary invasion and the gradual transformation of walnut into an edifier. We also proposed a prognosis of the possible ecological and economic consequences of the walnut invasion in the Bystrystia Solotvynska basin.

Key words: walnut, *Juglans regia*, biological invasions, Carpathian region, Bystrystia Solotvynska

ВСТУП

Проблема біологічних інвазій є однією із ключових у сучасній екологічній кризі, зумовлена глобалізацією економіки та суспільства [1; 2; 3]. На сьогодні, 62,8% усіх інвазійних видів рослин Європи – це утікачі, яких було завезено з ціллю озеленення, садівництва, сільського і лісового господарств, енергетичного використання тощо [4]. Одним із таких інвазійних видів рослин є горіх волоський (*Juglans regia* L.) [5; 6; 7; 8]. Попри те, що горіх волоський культивується у Південній Європі щонайменше 4-6 тис. років [9; 8], а у Центральній – приблизно 1-0,8 тис. років [10; 11; 7], його масового здичавіння – не спостерігалось до другої половини ХХ століття [11; 12]. Масова інвазія горіху волоського у Європі розпочалась приблизно три-чотири десятиліття тому й продовжує прискорюватись [6; 7]. На сьогодні інвазію горіху волоського відмічено в Італії, Австрії, Чехії, Німеччині, Бельгії, Польщі, Словаччині та Україні [8]. Однак, відомості про його інвазію залишаються дуже фрагментарними і далеко не повними. Найбільш детальні дослідження цієї проблеми відомі лише з двох регіонів Європи: Австрії та Польщі [5; 6; 7; 13].

Первинний ареал горіху волоського займав Центральну Азію на територіях від північних частин Ірану й Малої Азії до Балканського півострова [9]. Хоча, як свідчать палеонтологічні дані, у деяких частинах ареалу, що вважається природним, горіх волоський був інтродукованим. Зокрема у Киргизстані вид почали культивувати приблизно 1-2 тис. років тому, а сучасне поширення у дикій природі – це наслідок втечі із садів і здичавіння [14; 15]. Вид також натуралізований на Балканах приблизно 4 тис. років тому [9]. Ймовірні льодовикові рефугіуми горіху волоського, за палеопалінологічними даними (18-30 тис. років тому), були ізольованими один від іншого і знаходились в Грузії, Індії та Непалі [9]. Філогеографічні дані свідчать про те, що найвище генетичне розмаїття горіху волоського сконцентроване у горах на півночі Індії, Пакистану та Афганістану, що з високою ймовірністю вказує на льодовиковий рефугіум цього виду [16]. Очевидно, що саме звідси вид розпочав свою польодовикову експансію і був розвезений людьми по усій Азії та Європі. В межах натуралізованого і природного ареалів горіх

волоський формує чисті або змішані ліси. Ці ліси поширені головню в гірських регіонах, де займають вологі річкові долини або середньогір'я [14; 17; 18].

На сьогодні, у зв'язку із масовою інвазією горіху волоського, на Європейському континенті уже сформувалися нові типи лісостанів: горіхово-сосново-смерекові, сосново-горіхові, дубово-горіхові, вербово-горіхові, горіхово-вільхово-вербові ліси тощо [5; 7; 19; 8].

У чинному дослідженні ми представили дані щодо інтенсивності інвазії та розповсюдження горіху волоського у басейні ріки Бистриця Солотвинська, а також формування тут вербово-горіхових лісостанів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження проводились у басейні ріки Бистриця Солотвинська (рис. 1.) – лівого допливу ріки Бистриця (Івано-Франківська область). В межах басейну було закладено 14 дослідних ділянок, на яких вивчали інвазію горіху волоського (*Juglans regia* L.). Натурні дослідження проводили за стандартизованим алгоритмом: 1) встановлення дослідної ділянки в натурі і її геокодування; 2) здійснення геоботанічного опису на дослідній ділянці; 3) облік дерев та самосіву горіху волоського; 4) неінвазійне визначення морфометричних характеристик дерев і самосіву горіху волоського; 5) ідентифікація генеративних особин горіху волоського; 6) камеральна обробка отриманих даних. Дані зібрані на дослідних ділянках заносились до уніфікованої анкети, яка слугувала первинним документом обліку для подальшої камеральної обробки матеріалів.

Вибір і встановлення дослідних ділянок проводили рандомізовано в межах басейну Бистриці Солотвинської. Конфігурація дослідних ділянок та обліки дерев здійснювались за модифікованою методикою, запропонованою Тіннер зі співавторами [20]. Прийнята нами стандартна ділянка мала колову форму радіусом 10 м ($S=314 \text{ м}^2$). У центрі ділянки встановлювали дерев'яний кілок з фіксацією географічних координат. Від центру прокладали північно орієнтований радіус і розбивали круг на сектори, в яких здійснювали геоботанічні описи та обліки горіху волоського. Перелік дослідних ділянок наведений у таблиці 1.

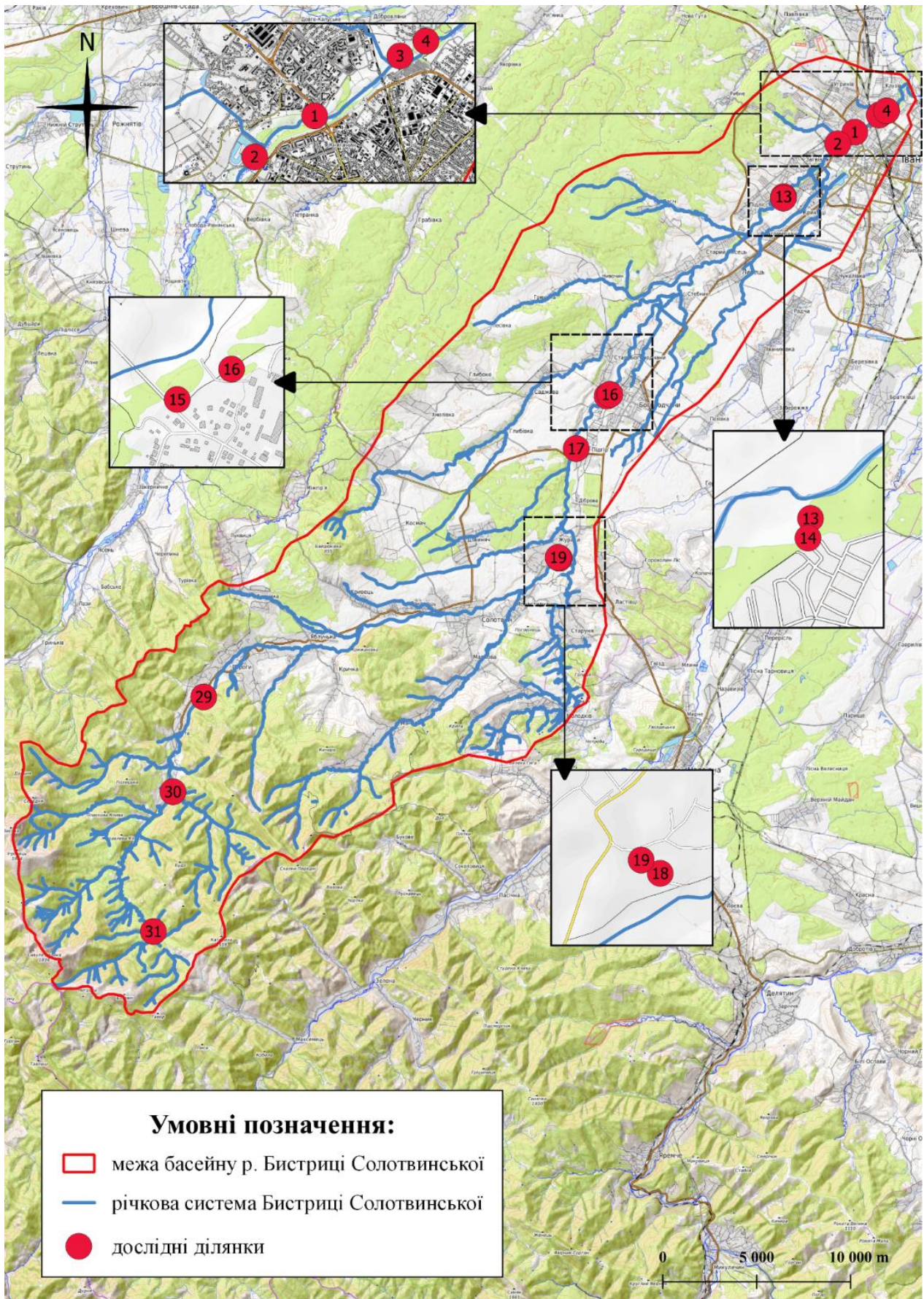


Рисунок 1. Розташування дослідних ділянок у басейні ріки Бистриця Солотвинська



Рисунок 2. Вивчення інвазії горіху волоського у басейні ріки Бистриця Солотвинська: виявлення первинної інвазії з поодинокими іматурними рослинами (a – c), виявлення вторинної інвазії – розповсюдження іматурних рослин довкола генеративного материнського дерева (d – e)

Таблиця 1

Стисла характеристика дослідних ділянок у басейні ріки Бистриця Солотвинська

Дослідна ділянка	Населений пункт	Координати центру ділянки	Рослинний покрив
1	Івано-Франківськ	48.93806, 24.70236	<i>Populus×canadensis</i> з <i>Rubus caesius</i>
2	Івано-Франківськ	48.93253, 24.69003	<i>Salix fragilis</i> і <i>Alnus glutinosa</i> з <i>Aegopodium podagraria</i>
3	Клузів	48.94616, 24.71991	<i>Salix alba</i> з <i>Aegopodium podagraria</i>
4	Клузів	48.94816, 24.72524	<i>Salix alba</i> і <i>Salix fragilis</i> з <i>Aegopodium podagraria</i>
13	Крихівці	48.90758, 24.65107	<i>Salix alba</i> і <i>Salix fragilis</i> з <i>Rubus caesius</i>
14	Крихівці	48.90692, 24.65094	<i>Salix alba</i> і <i>Salix fragilis</i> з <i>Rubus caesius</i>
15	Богородчани	48.81325, 24.52417	<i>Juglans regia</i> з <i>Carex sp.</i>
16	Богородчани	48.81399, 24.52618	<i>Salix alba</i> і <i>Salix fragilis</i> з <i>Aegopodium podagraria</i>
17	Підгір'я	48.78833, 24.50191	Перелогі з <i>Pyrus communis</i> і <i>Betula pendula</i> з <i>Arrhenatherum elatius</i>
18	Жураки	48.73633, 24.48976	<i>Salix fragilis</i> і <i>Alnus glutinosa</i> з <i>Rubus caesius</i>
19	Жураки	48.73671, 24.48894	<i>Tilia cordata</i> і <i>Acer pseudoplatanus</i> з <i>Aegopodium podagraria</i>
29	Пороги	48.67051, 24.23399	<i>Salix purpurea</i> з <i>Rubus caesius</i>
30	Стара Гута	48.62541, 24.21185	<i>Alnus incana</i> з <i>Petasites albus</i>
31	"Межиріки"	48.55893, 24.19782	<i>Alnus incana</i> і <i>Acer pseudoplatanus</i> з <i>Petasites albus</i>

Геоботанічні описи рослинності здійснювали шляхом ідентифікації кожного виду рослин на дослідній ділянці та оцінки його рясності за шкалою Браун-Бланке з присвоєнням відповідного балу: 5 – рослиною покрито більше 3/4 майданчика (більше 75%); 4 – рослиною покрито від 1/2 до 3/4 майданчика (або 50-75%); 3 – рослиною покрито від 1/4 до 1/2 майданчика (або 25-50%); 2 – рослиною покрито від 1/20 до 1/4 майданчика (5-25%) або досить розріджені, але покривають більше 1/20 майданчика; 1 – рослини численні, але покривають менше 1/20 (1-5%); + – рослини розріджені з дуже незначним покриттям (менше 1%); r – край не чисельні з дуже незначним покриттям (1-5 особин (менше 1%)).

На дослідній ділянці підраховували кількість дерев та самосіву горіху волоського з подальшими промірами діаметру стовбура та висоти. Діаметр стовбура визначали за допомогою штангенциркуля (для ювенільних, іматурних та віргінільних особин) та мірної виделки (для генеративних особин) на висоті 10 см над ґрунтом. Заміри на цій висоті зумовлені тим, що показники знімались з усіх особин, включно з ювенільними, які значно менші за визначені методикою 1,3 м [20].

Картографічні роботи виконувались на базі GIS технологій – вільної кросплатформової геоінформаційної системи з вільним кодом QGIS 3.16 в системі координат відліку EPSG:3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator із кодуванням джерела даних System. Для побудови мапи інтерполяції кількісних значень

застосований метод зворотного зважування відстаней (Inverse Distance Weighting – IDW) із дискретним налаштуванням мінімального/максимального значень в режимі квантилів.

Інтерполяція зворотного зважування відстаней – це детермінований підхід просторової інтерполяції для оцінки невідомого значення в точці з використанням відомих точок із відповідними зваженими значеннями [21]. Методом IDW інтерполяції вибірки зважуються таким чином, що вплив однієї точки відносно іншої зменшується з відстанню від невідомої точки. Зважування призначається точкам вибірки за допомогою вагового коефіцієнта, таким чином, що вплив зважування зменшуватиметься зі збільшенням відстані від нової точки. Чим більший ваговий коефіцієнт, тим менший вплив матимуть точки, із збільшенням відстані від невідомої точки інтерполяції. Із зростанням коефіцієнту, значення невідомої точки наближаються до значення найближчої відомої точки спостереження.

РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

В результаті досліджень ми встановили, що горіх волоський широко інвазує природні і трансформовані екосистеми басейну ріки Бистриця Солотвинська. Вид поширився далеко за межі підсобних господарств та агропромислових плантацій. Зокрема, ми зафіксували наявність горіху на 11-ти із 14-ти дослідних ділянок (таблиця 2.)

Таблиця 2

Відомості про емпірично встановлену (на ділянку) та розрахункову (на гектар) кількість дерев горіху волоського у басейні ріки Бистриця Солотвинська

Дослідна ділянка	Кількість дерев на ділянку, шт.	Кількість генеративних дерев на ділянку, шт.	Кількість дерев на гектар, шт./га	Кількість генеративних дерев на гектар, шт./га
1	22	7	700,6	222,9
2	7	4	222,9	127,4
3	4	2	127,3	63,7
4	3	2	95,5	63,7
13	1	–	31,8	–
14	1	–	31,8	–
15	14	2	445,8	63,7
16	7	2	222,9	63,7
17	1	–	31,8	–
18	1	1	31,8	31,8
19	1	1	31,8	31,8
29	–	–	–	–
30	–	–	–	–
31	–	–	–	–
Загалом:	62	21	1974	668,7
Середнє:	5,1	1,9	164,5	60,5
Стандартне відхилення:	6,4	2,0	204,0	63,4

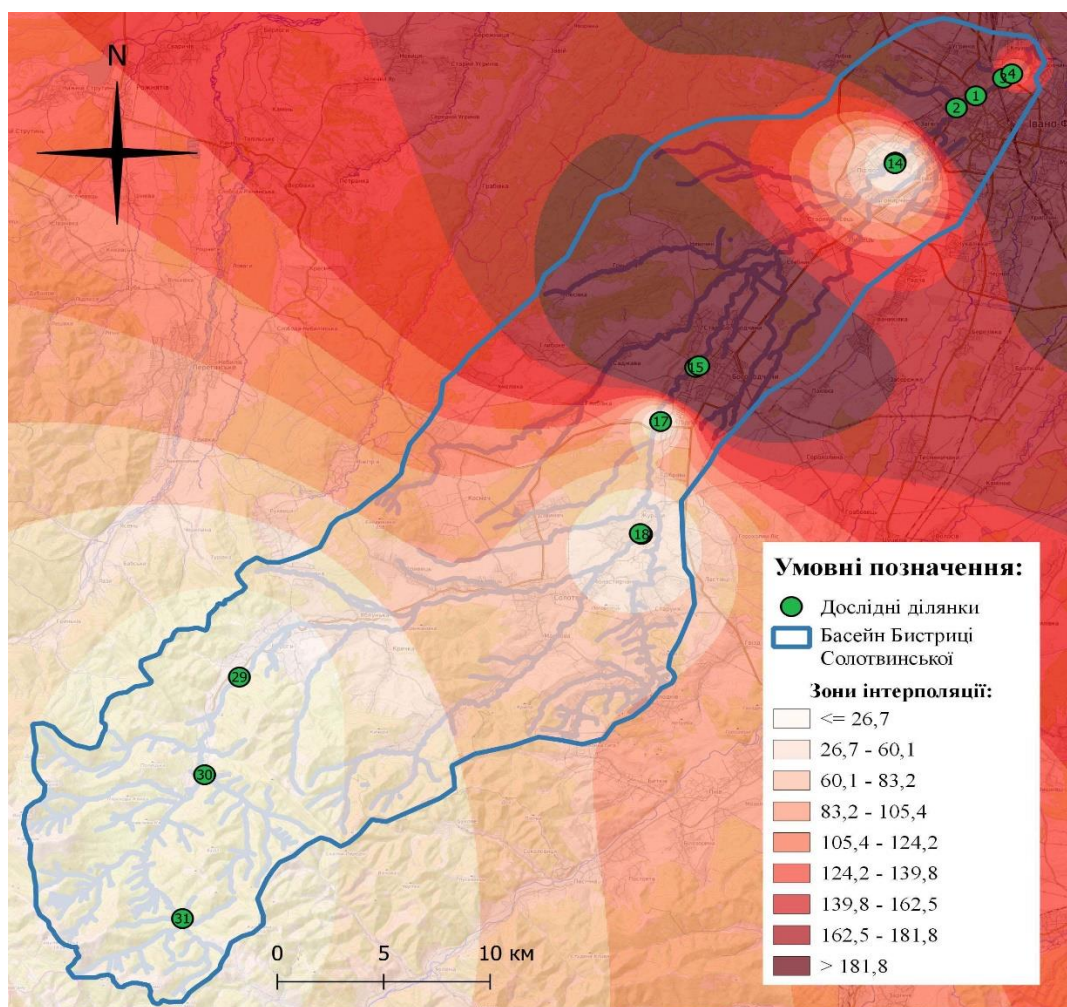


Рисунок 3. Модель інтенсивності інвазії горіху волоського у басейні Бистриці Солотвинської

Слід відмітити, що дикі дерева та самосів горіху волоського, на сьогодні, не відмічені у гірській частині (дослідні ділянки 29-31) басейну ріки Бистриця Солотвинська. Такий факт цілком очікуваний і зумовлений несприятливими кліматичними умовами для зростання цього виду: холодними зимами, пізніми весняними і ранніми осінніми приморозками, коротким вегетаційним періодом.

У передгірській частині басейну Бистриці Солотвинської інвазія горіху волоського є дуже нерівномірною з двома великими центрами в межах та довкола міст Івано-Франківськ і Богородчани (рис. 3.). На дослідних ділянках №1 та №2 в Івано-Франківську обліковано 22 і 7 особин горіху волоського відповідно. Це у перерахунку на площу розміром 1 гектар складає 700,6 та 222,9 особин відповідно, що є найвищим показником для території всього басейну ріки Бистриця Солотвинська. Дуже схожа ситуація на ділянках №15 і №16 у Богородчанах, де ми виявили 14 (445,8 шт./га) та 7 (222,9 шт./га) особин горіху волоського відповідно. Ми зв'язуємо такі осередки інвазії із наявними у цих містах перманентних колоній граків (*Corvus frugilegus* Linnaeus, 1758), які виступають головними векторами розповсюдження

насіння горіху волоського. Про аналогічні зв'язки між граками та розповсюдженням горіху волоського відомо також і для Польщі [6; 7].

Поza містами інвазія горіху волоського є значно нижчою і послаблюється пропорційно віддалі від них. Так, уже у передмістях Івано-Франківська (с. Клузів) кількість інвазійних горіхів на дослідну ділянку є меншою в середньому у 4-5 разів і складає 4 особини (127,3 шт./га) для ділянки №3 та 3 особини (95,5 шт./га) для ділянки №4. Ці ділянки знаходяться на відстані 0,5-1,5 км від межі міста. На ще більших дистанціях від міст ми виявляли поодинокі інвазійні дерева горіху волоського (дослідні ділянки №№13, 14, 17, 18, 19). Ці результати досить добре укладаються у гіпотезу про векторну роль граків у інвазії, адже птахи, які харчуються в межах міста, головню, на смітниках, дуже зрідка покидають колонію і ще з меншою ймовірністю роблять зимові запаси насіння горіхів на значній віддалі від постійного оселення.

З іншої сторони, інтенсивність інвазії горіху волоського у басейні Бистриці Солотвинської проявляє певний зв'язок із комплексним висотним градієнтом. Зокрема зі спадом висот над рівнем моря інтенсивність інвазії збільшується (рис. 4а).

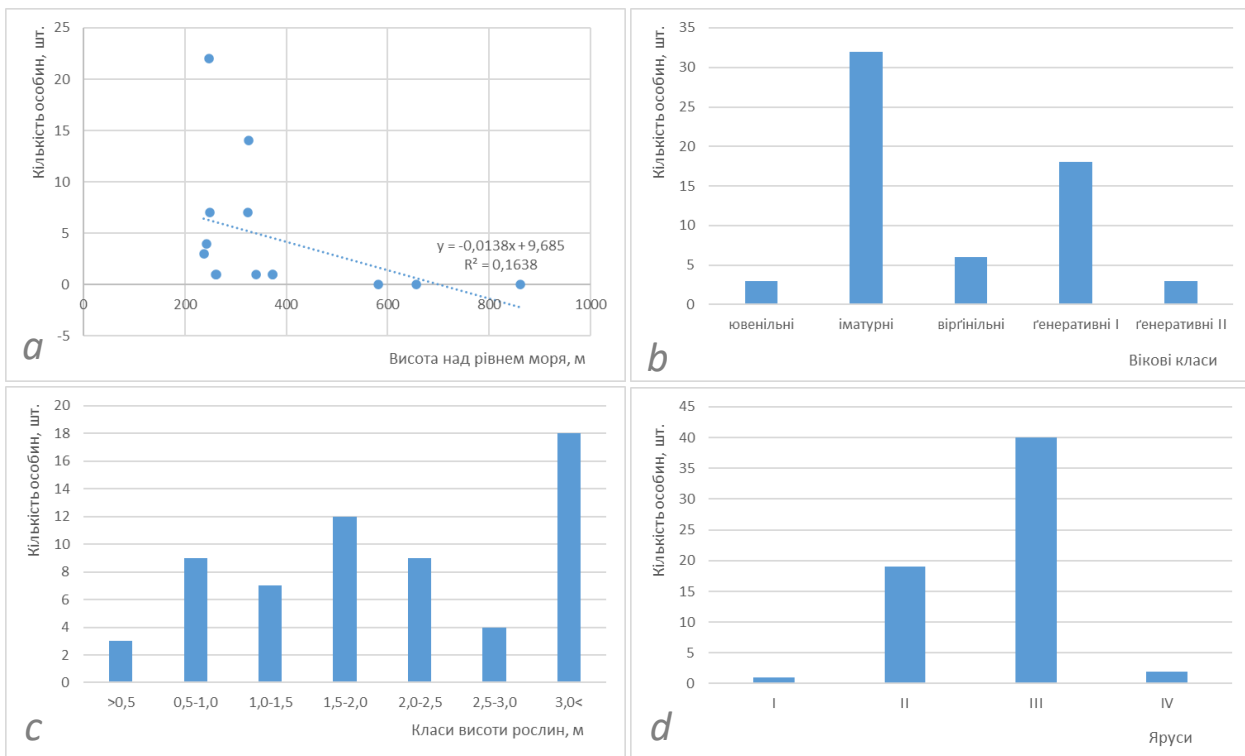


Рисунок 4. Кількісна характеристика інвазійного горіху волоського на дослідних ділянках в межах басейну Бистриці Солотвинської: а) залежність щільності зростання від висоти над рівнем моря; б) розподіл за віковими класами; в) розмірна характеристика; г) участь у побудові ярусів вербових та вербово-вільхових екосистем.

Найвища інтенсивність інвазії простежується у діапазоні висот 250-350 м над рівнем моря – у нижній частині басейну Бистриці Солотвинської. У цій частині середня кількість інвазійних дерев усіх вікових класів складає 212,3 шт./га. У діапазоні висот 350-450 м над морем середня кількість інвазійних

дерев горіху волоського становить лише 31,8 шт./га. Вище 450 м дикорослих горіхів не було виявлено. Цей результат є закономірним та очікуваним, адже кліматичні умови для виживання дерев горіху волоського, а особливо ювенільних особин, погіршуються зі збільшенням висоти над рівнем моря і

просуванням у гірську частину краю. Однак, як уже вказувалось, вища навіть у нижній частині басейну Бистриці Солотвинської інвазія є неоднорідною, а має два чітко виражені осередки. Цілком очевидним є той факт, що проникнення горіху волоського у природні та напівприродні екосистеми регіону залежить від багатьох чинників: як біотичних, так і абіотичних.

У розрізі вікової структури, дика популяція горіху волоського є молододою. Найбільші із виявлених дерев належать до груп генеративних I та II і мають вік приблизно 15-20 років. По одному такому дереву зафіксовано на ділянках №1, №4 та №15. Вік решти дерев значно менший – від 1 до 10 років (рис. 4b).

Походження більшості із досліджених дерев горіху волоського має характер первинної інвазії,

коли насіння занесене на територію вектором, а популяція ще не самовідтворюється. На користь цього також свідчить і розмірний розподіл дерев на дослідних ділянках (табл. 3; рис. 4с), який не відповідає структурі природних популяцій дерев, що самовідтворюються. При цьому, є очевидним той факт, що перенесення насіння вектором відбувалось нерівномірно і багаторазово. На момент проведення дослідження лише 33,9% дерев досягли генеративного віку. Причому, на 18-ти з них було виявлено від 2 до 10 плодів. Це означає, що розпочалась вторинна інвазія, пов'язана із самовідтворенням популяції і розповсюдженням насіння безпосередньо довкола материнських дерев (рис. 2, d – e). На цій стадії інтенсивність поширення горіху волоського, ймовірно, зростає вразі.

Таблиця 3

Кількісний розподіл дерев горіху волоського за розмірними класами у басейні ріки Бистриця Солотвинська

Дослідна ділянка	Висота дерев, м						
	>0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0<
1	2	7	3	2	1	–	7
2	–	1	1	1	1	1	2
3	–	–	–	1	1	–	2
4	–	–	1	–	–	–	2
13	–	1	–	–	–	–	–
14	1	–	–	–	–	–	–
15	–	–	2	6	2	–	4
16	–	–	–	2	2	2	1
17	–	–	–	–	1	–	–
18	–	–	–	–	–	1	–
19	–	–	–	–	1	–	–
29	–	–	–	–	–	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–
31	–	–	–	–	–	–	–
Загалом:	3	9	7	12	9	4	18
Середнє:	0,2	0,6	0,5	0,9	0,6	0,3	1,3
Стандартне відхилення:	0,6	1,9	0,9	1,7	0,7	0,6	2,1

На сучасному етапі інвазії горіху волоського у басейні Бистриці Солотвинської нам вдалось встановити, що основним інвазованим природним оселищем є вербові та вербово-вільхові ліси вздовж річок [8]. Ці ліси відзначаються чинником періодичних збурень, які спричинюються нерегулярними паводками впродовж року з підтопленнями, а також перенесеннями осадових матеріалів. В результаті паводкових порушень гомеостазу екосистеми виникають вільні екологічні ніші для заселення їх інвазійними видами рослини і горіху волоського зокрема. Окрім того, ми фіксували інвазію горіху волоського у антропогенно сильно порушених і трансформованих екосистемах: перелогах, меліоративних каналах, протишпандових греблях, смітьярках, лісо-смугах, парках, скверах тощо. Однак, нами наразі не зафіксовано проникнення виду у інші типи лісів,

окрім вербових, що відомо у більш південних широтах, де вид натуралізувався раніше. Зокрема в Австрії горіх волоський сформував особливі горіхово-сосново-смерекові та сосново-горіхові типи лісів з *Pinus sylvestris* L. та *Picea abies* L. [5]. У Греції – горіхово-смоквово-платанові ліси з *Ficus carica* L. та *Platanus orientalis* L. [22], горіхово-букові ліси з *Fagus sylvatica* L.; горіхово-вільхово-вербові ліси з *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Salix alba* L., *Salix fragilis* L. та *Prunus cocomilia* Ten. [17]. У Грузії горіх волоський утворює горіхово-грабово-букові ліси з *Carpinus caucasicus* Grossh та *Fagus orientalis* Lipsky [23]. У Вірменії вид формує горіхово-платанові ліси з *Platanus orientalis* L.; горіхово-грабово-дубові ліси з *Carpinus caucasicus* Grossh, *Carpinus orientalis* Mill., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus infectoria* Olivier, *Tilia caucasica* Rupr.; горіхово-маслинково-

обліпихові ліси з *Elaeagnus angustifolia* L. та *Hippophae rhamnoides* L. [24]. У Ірані відомі горіхово-ясеневі-дубові ліси з *Quercus libani* Olivier та *Fraxinus syriaca* Boiss. [25]. У Туркменістані утворює горіхово-в'язово-ясеневі ліси з *Ulmus carpinifolia* Mill. та *Fraxinus syriaca* Boiss. [18]. У Киргизстані – т.з. "фруктові ліси" з *Crataegus turkestanica* A. Pojark., *Malus kirghisorum* Al. et An. Theod., *Prunus mahaleb* L., *Prunus sogdiana* Vass.; горіхово-кленові ліси з *Acer turkestanica* Pax; горіхово-ялівцево-смерекові ліси з *Juniperus turkestanica* Kom., *Juniperus semiglobosa* Rgl., *Picea schrenkiana* F. et M., *Abies semenovii* Hill. [19;18]. Практично в усіх перелічених випадках горіх волоський заселяє вологі умови гірських долин вздовж річок. У Центральній Азії вид оселяється на гірських схилах в умовах високої вологості повітря, досягаючи на верхній межі розповсюдження 2-2,5 тис. м над рівнем моря. З відомостей про інвазію горіху волоського у Польщі [6;7;13], він заселяє заплавні та прибережні вербові ліси і перелоги. Аналогічні результати виявлено і для України [8].

З наших даних випливає, що горіх волоський у вербинах та вербових-вільшинах басейну Бистриці Солотвинської все ще відіграє незначну роль і не утворює окремого типу лісів. Трансформація вербових та вербово-вільхових лісів відбувається повільно, однак, ймовірно є неминучою. На сьогодні, горіх волоський, практично повсюдно, складає III ярус – підлісок (рис. 4d), поступово переходячи у II ярус. У першому ярусі нам вдалось виявити лише 1 дерево на ділянці №15. Цікаво, що у трав'яно-чагарничковому (IV) ярусі ми виявили тільки 2 особини. Ймовірно це пов'язано із дуже високою швидкістю росту проростків і їх перехід у III ярус уже на 1-2 році життя.

Подальший розвиток інвазії горіху волоського у басейні Бистриці Солотвинської у загальних рисах є цілком зрозумілим – це перехід від первинної інвазії до вторинної і поступове перетворення виду на едификатора. Ці процеси відбуватимуться нерівномірно по усьому басейну ріки, а окремими осередками і головню вздовж річок у прибережних вербових лісах. Окрім того, перші чисті горіхові чи змішані вербово-горіхові ліси очевидно сформується у близькості до великих населених пунктів, звідки розпочнуть свою експансію на вільні території. Інвазування горіхом інших типів лісів, наприклад, грабово-дубових, грабово-букових, грабово-дубово-букових, дубово-буково-ялицевих, буково-ялицевих, смереково-ялицевих та смерекових, залишається у значній мірі невідомим, адже на сьогодні ми не виявили проникнення цього виду у згадані екосистеми. Однак, таку ймовірність не слід виключати, особливо зважаючи на наявність подібних типів лісів за участю горіху волоського у його ареалі [5; 17; 23; 24]. У дуже схожих умовах до таких же, як і у басейні Бистриці Солотвинської, на території Польщі уже відмічено проникнення горіху волоського у лісові масиви відмінні від вербин [13]. З цієї позиції, аналогічного розвитку інвазії слід очікувати і у дослідженому нами регіоні України. Також ми

вважаємо, що проникнення горіху волоського у верхню – гірську частину басейну Бистриці Солотвинської є малоімовірним у найближче десятиліття, оскільки кліматичні умови тут є несприятливими для виживання ювенільних особин. Проте, ситуація може змінитись у випадку прогресивного потепління клімату.

Ймовірні екологічні та економічні наслідки інвазії горіху волоського у басейні Бистриці Солотвинської спрогнозувати видається складним завданням, що пов'язано зі значною стохастичністю майбутніх кліматичних змін, фітодемутаційних процесів, господарської діяльності та менеджменту інвазійних видів. У найбільш наближеному варіанті, інвазія може спричинити перебудову прирічкових екосистем, включаючи вертикальну структуру лісів, рослинний покрив, мікро- та мікобіоти, фауну. Одним зі сценаріїв є розвиток мертвопокровних горіхових лісів зі значним накопиченням підстилки, яка повільно розкладатиметься через низьку ферментативну активність ґрунту. У першу чергу, це зв'язано із аллопатичною активністю самих дерев горіху волоського [8]. Високий вміст юглону у листяному опаді, і його змив разом із підстилкою у дрібні слабко протічні потічки, стариці, озера, стави може спричинитися до утворення т.з. "чорноводних водойм" з подальшою зміною у якісному та кількісному складі гідробріонтів. Слід підкреслити, що такі зміни залишаються цілком невідомими і невивченими. Зміни у наземній фауні, найперше, можуть торкнутись ґрунтових тварин, які є чутливими до змін хімічного складу. Також слід очікувати різкого зростання чисельності популяцій горіхоїдних ссавців і птахів, які окрім всього, є ще й векторами рознесення насіння горіху волоського, прискорюючи його інвазію.

З економічної точки зору, інвазія горіху волоського може мати несподівано позитивний вплив на місцеві громади. Зокрема, дикорослі горіхові ліси можуть стати джерелом прибутку для місцевих жителів через заготівлю горіхів, на які є попит на світовому ринку. Україна входить у п'ятірку світових лідерів-експортерів горіхів, займаючи 4% світового ринку [8]. Окрім того, горіхові ліси можуть стати джерелом цінної деревини. Вартість необрізаної сухої горіхової дошки на оптовому ринку в Україні коливається в межах 250-350 EUR/м³, а на роздрібному – 500-750 EUR/м³. Введення в експлуатацію саморідних горіхових лісів у майбутньому може забезпечити економічні вигоди.

ВИСНОВКИ

У підсумку, ми встановили, що у басейні ріки Бистриця Солотвинська прогресує інвазія горіху волоського, яка охопила його нижню і середню частини, однак відсутня у верхній – гірській. Інвазія є нерівномірною і має два чітко виражені осередки у містах Івано-Франківську та Богородчанах, звідки розповсюджується вздовж долини Бистриці Солотвинської та її притоків. На сьогодні інвазія горіху волоського вступає у стадію самовідновлення і

самопідтримки популяції, хоча потік насіння із культурних насаджень у дику природу триває, забезпечуючись векторами перенесення – граками.

ЛІТЕРАТУРА

- Keller, R.P.; Geist, J.; Jeschke, J.M. et al. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environ Sci Eur*, 2011, 23 (23). <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-23>
- Kapitza, K.; Zimmermann, H.; Martín-López, B.; von Wehrden, H. Research on the social perception of invasive species: a systematic literature review. *Neobiota*, 2019, 43, pp. 47–68. <https://doi.org/10.3897/neobiota.43.31619>
- Larson, E. R.; Brittny, M. G.; Rafael, A.; Jaime, J.; Melissa K. D.; Daniel, K. G.; Kacie, L. J.; Gregory, Nicholas, L.; Tolulope, I. P.; Emily, M.R.; Christopher, J. R.; Selina, A. R.; Margaret, W T.; Jared, C. W.; Andrew, V. S.; From eDNA to citizen science: emerging tools for the early detection of invasive species. *Front. Ecol. Environ.*, 2020, 18(4), pp. 194–202, doi: <https://doi.org/10.1002/fee.2162>
- Pyšek, P.; Lambdon, P.W.; Arianoutsou, M.; Kühn, I.; Pino, J.; Winter, M. *Alien Vascular Plants of Europe*. In: Handbook of Alien Species in Europe. Invading Nature – Springer Series in Invasion Ecology, vol. 3. Springer, Dordrecht, 2009; pp. 43–61. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8280-1_4
- Loacker, K.; Kofler, W.; Pagitz, K.; Oberhuber, W. Spread of walnut (*Juglans regia L.*) in an Alpine valley is correlated with climate warming. *Flora*, 2007; 202, pp. 70–78.
- Lenda, M., Skórka, P. Orzech włoski *Juglans regia* – nowy, potencjalnie inwazyjny gatunek w rodzimej florz. *Chrońmy Przyr.* 2009; 65 (4), pp. 261–270.
- Lenda, M.; Skórka, P.; Johannes, M.; Knops, H.; Morón, D.; Tworek, S.; Woyciechowski, M. Plant establishment and invasions: an increase in a seed disperser combined with land abandonment causes an invasion of the non-native walnut in Europe. *Proc Biol Sci*. 2012; 279 (1733), pp. 1491–1497.
- Kucherko, I.; Zamoroka, A. Transformation of Natura 2000 92A0 habitat due to mass invasion of walnut (*Juglans regia L.*) in Ukraine. *11th International conference on biodiversity research*. Daugavpils, 20–21 October 2022; p. 76.
- Roor, W.; Heino, K.; Mamadjanov, D.; Thomas, G. Population Differentiation in Common Walnut (*Juglans regia L.*) across Major Parts of Its Native Range—Insights from Molecular and Morphometric Data. *The Journal of heredity*. 2017; 108 (4), pp. 391–404.
- Щепотьєв, Ф.Л.; Павленко, Ф.А.; Ріхтер, О.А. *Горіхи*. 2-е видання. К.: "Урожай", 1987; 1–184.
- Sukopp, H.; Wurzel, A. The Effects of Climate Change on the Vegetation of Central European Cities. *Urban habitats*, 2003; 1 (1), pp. 66–86.
- Křivánek, M.; Pyšek, P.; Jarošík, V. Planting history and propagule pressure as predictors of invasion by woody species in a temperate region. *Conservation Biology*, 2006; 20 (5), pp. 1487–1498. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00477.x>
- Lenda, M.; Knops, J. H.; Skórka, P.; Morón, D.; Woyciechowski, M. Cascading effects of changes in land use on the invasion of the walnut *Juglans regia* in forest ecosystems. *J. Ecol.* 2018; 106, pp. 671–686. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12827>
- Beer, R.; Franziska, K.; Kaspar, S.; Brigitta, A.; Gabriel, C.; Ennio, G.; Willy, T. Vegetation history of the walnut forests in Kyrgyzstan (Central Asia). *Quaternary Science Reviews*, 2008; 27(5–6), pp. 621–632.
- Fernandez-Lopez, J.; Aleta, N.; Alia, R. Noble Hardwoods Network: Report of the Fourth Meeting, 4–6 September 1999, *Gmunden, Austria and the Fifth Meeting*, 17–19 May 2001, Blessington, Ireland, J. Turok, G. Eriksson, K. Russel, S. Borelli, eds. (Bioversity International, 2002), pp. 38–43
- Aradhya, M.; Velasco, D.; Ibrahimov, Z.; Toktoraliev, B.; Maghradze D.; Musayev, M. Genetic and ecological insights into glacial refugia of walnut (*Juglans regia L.*). *PLoS ONE*. 2017; 12(10), e0185974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185974>
- Vrahnakis, M.S.; Fotiadis, G. *Inventory and Assessment of Riparian Forest Vegetation of the Prespa Area of Greece and FYROM with the use of the (i) QBR (Qualitat del Bosc de Ribera / Riparian Forest Quality) Index, and (ii) Riparian Macrophyte Protocol (RMP)*. Final Report. Department of Forestry and Management of Natural Environment of the Technological Education Institute of Larissa, Society for the Protection of Prespa, Greece, 2009; 84 p.
- Thevs, N. *Forest Landscape Restoration in the Caucasus and Central Asia*. United Nations Publication, New York – Geneva, 2019; 66 p.
- Berg, C.; Drescherl, A.; Essl, F. Using releve-based metrics to explain invasion patterns of alien trees in temperate forests. *Tuexenia* 2017; 37, pp. 127–142.
- Тіннер, П., Коммармот Б., Бранг П., Брендлі У.-Б. *Методичні вказівки зі статистичної інвентаризації Угольсько-Широко-лужанського букового пралісу*. WSL, Бірменсдорф, 2009; 65 с.
- Chang, K. *Introduction to Geographic Information Systems*. 3rd Edition. McGraw Hill.: 2006; 427 p., ISBN: 0070658986
- Georgiev, D. On the psocoptera fauna of Thassos Island (North Aegean, Greece). *Parnassiana Archives*, 2021; 9, pp. 3–7.
- Beil, R. *A study of the preliminary National Forest Inventory in Georgia – with special emphasis on degraded vs. non-degraded forest subtitle*. Master thesis in Forest Management, Alnarp, 2019; 1–41.
- Gabrielián, E.; Zohary, D. Wild relatives of food crops native to Armenia and Nakhichevan. *Fl. Medit.*, 2004; 14, pp. 5–80.
- Abdollahpoor, J.; Akbari, D. H.; Babapiri, P.; Sharifi, K. (2013) Evaluation of Quantitative and Qualitative Natural *Juglans regia L.* Stands in Northern Zagros (Case study: Piranshahr – West Azerbaijan). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 2013; 3(1), pp. 128–134.