










<https://doi.org/10.15407/ukrbotj80.06.453>

RESEARCH ARTICLE

Вплив дуба червоного (*Quercus rubra*; *Fagaceae*) на природне фіторізноманіття лісів України

Оксана О. КУЧЕР^{1,2*} , Яків П. ДІДУХ^{1,2} ,
Наталія А. ПАШКЕВИЧ^{1,2} , Людмила В. ЗАВ'ЯЛОВА^{1,2} ,
Юлія В. РОЗЕНБЛІТ¹ , Олександр О. ОРЛОВ³ , Мирослав В. ШЕВЕРА^{1,2,4} 

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна

² ДУ "Інститут еволюційної екології НАН України",
вул. Академіка Лебедева 37, Київ 03143, Україна

³ ДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України",
просп. Академіка Палладіна 34а, Київ 03142, Україна

⁴ Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II,
пл. Кошута 6, Берегове 90202, Україна

* Автор для листування: kucher.oksana29@gmail.com

Реферат. Досліджено вплив *Quercus rubra* на фіторізноманіття природних лісів України. Для рослинних угруповань штучних насаджень з домінуванням дуба червоного характерні такі особливості, як бідний видовий склад, проективне покриття інших видів не перевищує 5%, спрощена вертикальна структура деревостанів. У природних лісових фітоценозах за участю *Q. rubra* відсутні рідкісні й деякі типові неморальні види-домінанти, що призводить до порушення консортивних зв'язків. Біологічні та еколого-ценотичні особливості виду (густа крона, алелопатичні властивості, щільний листяний опад, що повільно розкладається) впливають на фізико-хімічні характеристики біотопів. Насадження *Q. rubra* добре пристосовані до зміни природних умов, витримують суворіші зими та дефіцит опадів. Завдяки широкій екологічній амплітуді виду, навіть за підвищення середньорічної температури повітря на 3 °С, більшість екологічних показників не виходить за межі зони оптимуму, за винятком вологості ґрунту й терморезиму. Амплітуди більшості показників екологічних факторів неморальних лісів і насаджень *Q. rubra* перекриваються. Домінування *Q. rubra* знижує якість екосистемних послуг природних лісів. Високі конкурентні переваги *Q. rubra* обумовлюють неспроможність типових неморальних чи хвойно-листяних лісів до природного відновлення на тих земельних ділянках, де вони були заміщені насадженнями дуба червоного або де його деревостани сформувалися внаслідок спонтанного поширення виду. У ході сукцесій угруповання за участі *Q. rubra* потенційно здатні заміщувати природні неморальні ценози.

Ключові слова: *Quercus rubra*, екологічна амплітуда, зміна клімату, інвазійність, ліси, синфітоіндикація, фіторізноманіття, штучні насадження

ARTICLE HISTORY. Submitted 04 October 2023. Revised 21 November 2023. Published 18 December 2023

CITATION. Kucher O.O., Didukh Ya.P., Pashkevych N.A., Zavalova L.V., Rozenblit Yu.V., Orlov O.O., Shevera M.V. 2023. The impact of northern red oak (*Quercus rubra*; *Fagaceae*) on the forest phytodiversity in Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 80(6): 453–468. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj80.06.453>

© M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2023

© Publisher PH "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2023

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Вступ

Поширення інвазійних видів — одна з причин глобальних змін навколишнього середовища й одна з п'яти найбільших загроз біорізноманіттю, функціонуванню природних екосистем та забезпеченню ними екосистемних послуг. Прямі й непрямі збитки, завдані сільському та лісовому господарству внаслідок впливу інвазійних видів рослин у світі, оцінюються у багато мільйонів доларів щорічно. Оцінка впливу, запобігання поширенню, контроль і боротьба з інвазійними адвентивними видами визнані пріоритетними завданнями в багатьох стратегічних міжнародних та європейських документах (McNeely et al., 2001; Genovesi, Shine, 2004; EU Biodiversity Strategy 2030..., 2021). Одним із завдань Глобального десятирічного плану збереження біорізноманіття до 2030 р. (Global Framework for Biological Diversity, COP15 Global Framework, Paris Agreement for Nature), відомому також як Куньмінсько-Монреальська Глобальна Рамкова Угода про біорізноманіття (Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, CBD/COP/15/L.25; <https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l-25-en.pdf>), визначено зменшення впливу інвазійних чужорідних видів на біорізноманіття, що потребує вивчення шляхів і способів поширення адвентивних видів. У цьому документі також зазначено, що до 2030 р. темпи інтродукції та натуралізації чужорідних видів мають бути знижені щонайменше на 50%, популяції інвазійних видів повинні бути повністю знищені або принаймні контрольовані на низькому рівні відтворення. Усі завдання, визначені в Глобальному десятирічному плані збереження біорізноманіття до 2030 р., є обов'язковими для всіх сторін Конвенції про біологічне різноманіття і мають бути імплементовані в національні законодавства. Наслідками цього в Україні стали зміни до "Лісового кодексу України", ухвалені наприкінці 2022 р. За ініціативи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (далі Міндовкілля) були оновлені Правила відтворення лісів, ухвалена Державна стратегія управління лісами України до 2035 р. (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text>) та Стратегія біобезпеки та біологічного захисту (<https://www.rnbo.gov.ua/ua/Ukazy/5190.html>), які, серед іншого, забороняють використання

чужорідних видів дерев, зокрема у практиці лісового господарства. На початку 2023 р. Міндовкілля розпочало розроблення переліку видів інвазійних видів дерев, здатних до неконтрольованого поширення в Україні.

Рішенням Ради національної безпеки і оборони України "Про охорону, захист, використання та відтворення лісів України в особливий період" від 29.09.2022 р., затвердженим Указом Президента України (<https://www.president.gov.ua/documents/6752022-44229>), передбачено: "Кабінету міністрів України... спільно з Національною академією наук України, Національною академією аграрних наук України опрацювати питання стосовно розроблення наукових рекомендацій щодо застосування нових перспективних інтродукованих видів деревних порід для часткової заміни аборигенних деревостанів, які всихають, підвищення продуктивності і біологічної стійкості майбутніх лісів, забезпечення захисту лісів від шкідників і хвороб". Тож для виконання ухвалених рішень і поставлених завдань очевидною стала необхідність створення переліку інвазійних видів дерев, які є непридатними до застосування в лісовому господарстві України через їхній негативний вплив на природні екосистеми.

Міндовкілля затвердило такий перелік із 13 видів інвазійних видів дерев і ввело заборону на їхнє використання у лісорозведенні та відтворенні лісів (Наказ № 258 від 24.04.2023; <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0641-23#Text>). Вже під час підготовки цієї публікації стало відомо, що Міндовкілля на підставі повідомлення Державної регуляторної служби про порушення вимог Закону України "Про засади державної регуляторної політики у сфері господарської діяльності" скасувало цей перелік (Наказ № 671 від 02.10.2023; <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1743-23#Text>).

Зауважимо, що після затвердження вищезгаданого переліку його склад і особливо заборона на використання певних інвазійних чужорідних інтродуцентів у лісорозведенні й лісовідновленні, попри обговорення спеціальною Робочою групою при Міндовкілля (до якої увійшли фахівці з лісознавства й лісівництва, ботаніки, екології від провідних наукових і освітніх установ, представники громадськості та владних структур), викликали гострі дискусії та критику з боку фахівців лісової галузі. Зокрема, йшлося

про вилучення з переліку таких видів, як гледичія колюча (*Gleditsia triacanthos* L.), дуб червоний (*Q. rubra*), маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), ясен пенсільванський (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) як таких, що, на думку лісівників, не є інвазійними. Серед іншого, виключення цих чужорідних інтродуцентів (тут зауважимо, що введення в культуру всіх згаданих видів пов'язане з інтродукцією) аргументоване економічними збитками (або недоотриманням економічної вигоди), негативним впливом на вирішення проблеми адаптації лісів до змін клімату, погіршенням екологічної ситуації на значній території України та негативним впливом на функціонування лісогосподарсько-го виробництва.

Однак цю позицію лісівників не підтримують науковці-екологи, тому й постала необхідність з'ясувати, яка перспектива очікує українські ліси в найближчому майбутньому, чи є згадані чужорідні інтродуценти інвазійними в екологічному розумінні, чи можемо продовжувати застосовувати їх, зокрема й у лісорозведенні та лісовідновленні, і як це впливатиме на абorigенне біорізноманіття лісів.

Ця публікація присвячена вивченню впливу дуба червоного (*Q. rubra*) на лісові рослинні угруповання, що необхідно для ухвалення об'єктивних і зважених рішень щодо можливостей його подальшого використання в різних галузях господарства України, або підтвердження інвазійності цього чужорідного виду на загальнодержавному рівні та запровадження відповідних обмежень на його застосування у певних видах діяльності. Нами проаналізовано різні аспекти, пов'язані з його інтродукцією, проведені відповідні польові дослідження щодо оцінки структури насаджень, їхнього розвитку, наслідків культивування в лісах. Ще до затвердження згаданого переліку (першого і поки що єдиного офіційного загальнодержавного списку видів інвазійних чужорідних рослин в Україні станом на 2023 р.) науковці-ботаніки розглядали *Q. rubra* як інвазійний вид на загальнодержавному (Zavialova, 2017; Burda et al., 2018; Protoporova, Shevera, 2019; Zavialova et al., 2021) та регіональному рівнях, зокрема в Черкаській обл. (https://oblradack.gov.ua/docs/ses/2021/8/17_4.pdf). Дуб червоний включено до офіційних переліків інвазійних чужорідних видів Чехії,

Польщі, Литви (Woziwoda et al., 2014b), Білоруси (Dubovik et al., 2021).

Матеріали та методи

Польові дослідження були проведені в різні роки й у різному обсязі на території Волинської (Державне підприємство (ДП) "Цуманське лісове господарство", Ківерцівський національний природний парк (НПП) "Цуманська пуща"), Рівненської (ДП "Дубенське лісове господарство"), Львівської (ДП "Дрогобицьке лісове господарство", "Самбірське лісове господарство"), Тернопільської (ДП "Кременецьке лісове господарство", НПП "Кременецькі гори"), Івано-Франківської (ДП "Івано-Франківське лісове господарство", "Коломийське лісове господарство", "Рогатинське лісове господарство", РЛП "Дністровський", НПП "Талицький"), Київської (ВП НУБіП України "Боярська лісова дослідна станція") та Житомирської (колишнє ДП "Житомирське лісове господарство") областей. Матеріали зібрано в значній частині лісових господарств із наявністю чистих або мішаних деревостанів за участю дуба червоного в тих адміністративних областях України, де були зосереджені основні насадження цього виду. Для вивчення обрано чисті насадження, природні мішані деревостани з насадженням *Q. rubra*, а також контрольні ділянки природного лісу без його участі, розташовані поблизу, з тими самими екологічними умовами. Дослідження включали аналіз таксаційних характеристик деревостанів, виконання геоботанічних описів за стандартною методикою на ділянках 25 × 25 м, закладання пробних площ (1 × 1 м і 10 × 10 м) із різновіковими сходами та підростом дуба червоного.

Вивчення впливу *Q. rubra* на структуру різних ценозів проведено у 2019–2023 рр. із застосуванням методики парних ділянок "Twin plots", яка була раніше апробована іншими дослідниками і дозволяє нівелювати значення чинників навколишнього середовища (орієнтація, нахил, висота, геологічна основа та тип ґрунту пробних площ) у формуванні рослинності та підкреслює важливість дерев-едифікаторів (Bazalová et al., 2018).

У дослідженні використано 78 геоботанічних описів (з них 73 виконані авторами, п'ять — з наявних у базі даних UkrVeg), що опрацьовані за допомогою бази TURBOVEG і системи

ТWISPAN згідно з відповідною методикою (Тіщій, 2002).

Видове багатство та участь адвентивних рослин проаналізовані за допомогою порівняння геоботанічних описів різних лісових фітоценозів і насаджень. Обраховано індекси Шеннона та Сімпсона, що містять комбінацію подібних компонентів і є узагальненими показниками різноманіття (Buts, Titenko, 2013). Збільшення значення індексу Шеннона (за шкалою від 0 до 3,5) означає зростання видового різноманіття. Індекс домінування Сімпсона оцінено в діапазоні 0–1, де 0 — відсутність домінування видів, 1 — повне домінування.

Показники провідних екологічних факторів: водний режим ґрунту (Hd), змінність зволоження (fH), аерованість (Ae), кислотний режим (Rc), сольовий режим (Sl), вміст карбонатів у ґрунті (Ca), вміст засвоєваних форм азоту (Nt), термоклімат або терморезим (Tm), вологість клімату або омброрезим (Om), континентальність клімату або контрасторезим (Kn), суворість зим або кріорезим (Cr), освітлення (Lc) обраховано з використанням екологічних шкал Я.П. Дідуха (Didukh, 2011) за методикою фітоіндикації (Didukh, Pluta, 1994; Didukh, Budzhak, 2020). Виділення основних синтаксонів рослинності та розрахунок бальних показників екофакторів проведено в середовищі програми JUICE (Тіщій, 2002). Для кожного екофактора обраховано середнє арифметичне (M) та середнє квадратичне відхилення або стандартну похибку показників (SD). Діапазон значень (M±SD) прийнято як ширину зони оптимуму, а значення, що знаходяться за межами діапазону (± 2SD), — як зону стресу.

Результати

У Богунському лісництві Житомирського лісового господарства було досліджено три пробні площі: Q-1 з обліковими ділянками розміром 1 × 1 м — у кварталі 56, виділ 5 (40-річне чисте насадження *Q. rubra*, тип лісорослинних умов — свіжий сугруд (C₂)); Q-2 з обліковими ділянками розміром 10 × 10 м — у кварталі 56, виділ 5.1 (40-річне чисте насадження *Q. rubra*, тип лісорослинних умов — свіжий сугруд (C₂)); Q-3 з обліковими ділянками розміром 10 × 10 м — у кварталі 63, виділ 1 (80-річне насадження *Q. robur*, тип лісорослинних умов — свіжий сугруд (C₂)). На площі Q-1 під наметом 40-річного

насадження *Q. rubra* спостерігали його масовий 3-річний самосів із середньою щільністю 107,0 ± 2,7 шт./м², траплянням у 100%, середньою висотою 16,0 ± 4,1 см, проективним покриттям 100%. Рослини створювали перекриття листям без просвітів, унаслідок чого поверхня ґрунту була повністю затіненою. На площі Q-2 (рис. 1) під наметом 40-річного насадження *Q. rubra* спостерігали масовий підріст *Q. rubra* 6-річного віку з середньою щільністю 38,0 ± 2,2 шт./м², траплянням 63,4%, середньою висотою 144,0 ± 12,6 см. Підріст був сформований окремими групами, які займали майже дві третини пробної площі. Загальне проективне покриття підросту становило близько 60%, незначне перекриття особин спостерігалось лише в межах груп.

На дослідній площі Q-3 під наметом 80-річного насадження *Q. robur* спостерігали підріст *Q. rubra* 10-річного віку (так само, як і на ділянці Q-2 підріст не був суцільним, а складався з окремих груп). Середня щільність підросту становила 11,0 ± 0,7 шт./м², трапляння — 55,1%, середня висота — 233,0 ± 32,2 см, загальне проективне покриття — 45%, перекриття особин не спостерігалось. Підріст *Q. robur* на площі Q-3 був відсутній. Зауважимо, що на інших дослідних ділянках у 2023 р. ми не спостерігали підросту *Q. robur*.

Якщо порівняти пробні площі Q-1 і Q-2 за щільністю підросту, то до 6-річного віку показник зменшився у 2,8 раза, а до 10-річного (Q-2 і Q-3) — у 3,5. Підріст *Q. rubra* 10-річного віку, на нашу думку, здатний у майбутньому замінити материнський деревостан.

На всіх пробних площах з *Q. rubra* також було проаналізовано його вплив на біорізноманіття трав'яного ярусу лісу. Контролем слугував рослинний покрив розташованого поруч дубового лісу конвалієво-різнотравного. У складі трав'яного ярусу цього лісу ми спостерігали щонайменше 23 види судинних рослин із загальним проективним покриттям 55%. У ньому домінував *Convallaria majalis* L. (30–35%), постійними видами були: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn s. l. (10–15%), *Betonica officinalis* L. (1–3%), *Origanum vulgare* L. (1–3%), *Digitalis grandiflora* Mill. (1%), *Primula veris* L. (1–3%), *Veronica chamaedrys* L. (1%). Види з меншою участю в травостой: *Geranium sanguineum* L., *Silene vulgaris* (Moench) Garcke, *Melampyrum pratense* L., *Fragaria vesca* L., *Carex spicata* Huds., *Ajuga reptans* L. та ін.



Рис. 1. Облікова ділянка 6-річного підросту *Quercus rubra* в Богунському лісництві (фото О.О. Орлова, 2019)

Fig. 1. Accounting plot for six-year-old *Quercus rubra* undergrowth in Bohunske Forestry (photo by O.O. Orlov, 2019)

Натомість, на пробній площі Q-1 під масовим самосівом *Q. rubra* 3-річного віку трав'яний ярус відсутній. На нашу думку, це зумовлено такими чинниками: щільність самосіву, яка створювала рослинам дуба червоного конкурентні переваги в доступі до світла, води та мінерального живлення; аллопатичний вплив підросту на трав'яні рослини; формування потужної багатшарової лісової підстилки з листя *Q. rubra*, причому як з материнського намету, так і самосіву.

На пробній площі Q-2 під підростом *Q. rubra* 6-річного віку зафіксовано трав'яний ярус із низьким видовим різноманіттям і проективним покриттям менше 1%, він був представлений лише на вільній від підросту частині ділянки. Поодинокі траплялися *Carex spicata*, *Ajuga reptans*, *Moehringia trinervia* (L.) Clairv. В окремих групах підросту трав'яні види були відсутні.

На пробній площі Q-3 під підростом *Q. rubra* 10-річного віку видовий склад трав'яного ярусу був бідним з проективним покриттям менше 1%.

В окремих групах 10-річного підросту трав'яні види були відсутні, між ними поодинокі траплялися ті ж види, що й на Q-2 та *Carex sylvatica* Huds.

За результатами польових досліджень в Івано-Франківській (Рогатинське лісове господарство) та Рівненській областях (Дубенське лісове господарство) у чистих насадженнях дуба червоного нами виявлено самосів, де на 1 м² нараховано 48–100 рослин віком до трьох років, у той час, як для деревостанів *Q. robur* сходів у такій кількості не було зафіксовано навіть для ділянок більшої площі. Як вказує С.І. Познякова (Poznyakova, 2019), в умовах затінення крон верхнього ярусу самосів відмирає, однак за наявності вікон вид добре відновлюється. Нами також неодноразово був зафіксований густий самосів (здебільшого 3-річний) під тінним наметом верхнього ярусу деревостану з *Q. rubra*. Умови, що виникають за порушення верхнього ярусу, сприяють розвитку з нього



Рис. 2. Загальний вигляд лісових ділянок, досліджених за методикою "Twin plots". А: природні ліси класу *Carpino-Fagetea* Passarge 1968 з домінуванням у трав'яному ярусі *Carex pilosa*; В: чисті насадження *Quercus rubra* з його щільним самосівом (Рогатинське лісництво; фото О.О. Кучер, 2023)

Fig. 2. General view of the forest areas studied using the "Twin plots" method: A: natural forests of the class *Carpino-Fagetea* Passarge 1968 with dominance of *Carex pilosa* in the herbs layer; B: pure artificial plantations of *Quercus rubra* with its dense self-seeding (Rohatyn forestry; photo by O.O. Kucher, 2023)

(самосіву) підросту, який згодом здатний замінити материнський деревостан. У Івано-Франківській обл., неподалік м. Долина, в лісовому масиві (здебільшого дубово-грабовий ліс із насадженнями дуба червоного) ми спостерігали порослеве поновлення *Q. rubra*. Зокрема, було зафіксовано, що формування деревостану *Q. rubra* після рубок під лініями електропередач (у місцях їхнього розташування над насадженнями) в цьому лісовому масиві відбувається досить швидко саме завдяки кореневій порослі. Оскільки інші види дерев тут відсутні, то дуб червоний успішно реалізує свій репродуктивний потенціал. Найявність проростків *Q. rubra* виявлено за межами насаджень на віддалі до 50 м, що свідчить про можливе розширення площі деревостанів дуба червоного. Відповідно інтенсивність як насінневого, так і порослевого поновлення дуба червоного достатньо висока.

У результаті досліджень було встановлено, що дуб червоний часто насаджують на місці зрубаних природних лісів, які характеризувалися оптимальними умовами зростання (B_3 , C_3 , D_3). Здебільшого в їхньому складі був *Q. robur* (дубово-букові, грабово-дубові, сосново-дубові, дубово-соснові ліси), але його підріст відмічено й у вологіших лісах, наприклад сирих суборах (B_4) (дубово-соснових з домінуванням *Molinia caerulea* (L.) Moench). Проведені нами геоботанічні дослідження показали, що вертикальна структура деревостанів досить спрощена: в них фактично відсутній підріст і чагарниковий ярус, незважаючи на густий намет, освітленість наземного покриву тут вища. Із чагарників поодинокі трапляються *Sorbus aucuparia* L. та *Euonymus europaeus* L. Трав'яно-чагарничковий ярус або відсутній, або сформований *Vinca minor* L., що здебільшого спостерігається на Заході України. В цих лісах зафіксовано від 2 до 10 (в середньому 5) видів судинних трав'яних рослин, у той час, як у природних лісах на сусідніх ділянках їхня кількість становить 11–26 (у середньому 16, тобто втричі більше) (рис. 2). У насадженнях із *Q. rubra* постійними є *Carpinus betulus* L. та *Vinca minor*, які досягають рівня домінантів, поодинокі трапляються *Acer pseudoplatanus* L., *Tilia cordata* Mill., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Impatiens parviflora* DC. Типові домінанти трав'яного ярусу неморальних лісів, як то *Anemone nemorosa* (L.) Holub, *Asarum europaeum*

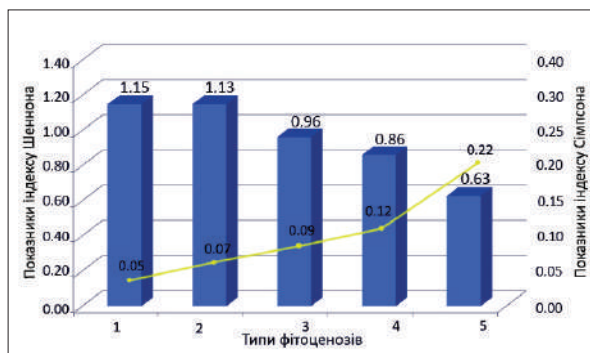


Рис. 3. Порівняння видового різноманіття (індекси Шеннона та Сімпсона) різних фітоценозів у природних лісах і насадженнях з *Quercus rubra*.

1 — дубово-соснові ліси класу *Quercetetea robori-petraea* Br.-Bl. et Tx. ex Oberd. 1957; 2 — неморальні ліси класу *Carpino-Fagetea* Passarge 1968; 3 — ліси класу *Carpino-Fagetea* зі співдомінуванням *Quercus rubra*; 4 — соснові ліси зі співдомінуванням *Quercus rubra*; 5 — чисті насадження *Quercus rubra*. Столпчики — показники індексу Шеннона, лінія — показники індексу Сімпсона

Fig. 3. Comparison of the species diversity (Shannon and Simpson indices) of different phytocoenoses in natural forests and pure plantations of *Quercus rubra*.

1 — oak-pine forests of the class *Quercetetea robori-petraea* Br.-Bl. et Tx. ex Oberd. 1957; 2 — nemoral forests of the class *Carpino-Fagetea* Passarge 1968; 3 — *Carpino-Fagetea* forests with the codominance of *Quercus rubra*; 4 — pine forests with the codominance of *Quercus rubra*; 5 — pure artificial plantations of *Quercus rubra*. The columns are the Shannon index, the line is the Simpson index

L., *Carex pilosa* Scop., *Lamium galeobdolon* (L.) L., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Rabelera holostea* (L.) M.T. Sharples & E.A. Tripp (*Stellaria holostea* L.), *Acer platanoides* L. тощо, повністю відсутні в насадженнях *Q. rubra*, так само, як і рідкісні види, що є вимогливішими до сталого складу і структури угруповань.

Загальне видове багатство усіх досліджених типів лісів співмірне з аналогічними центральноєвропейськими показниками (Májeková et al., 2023), зокрема, нами зафіксовано 232 види судинних рослин, з яких 13 (або 6% від загальної кількості) є адвентивними, що, за виключенням двох, є інвазійними. Натомість у лісах Центральної Європи трапляються загалом 223 види, з яких 10% є адвентивними, а 9 видів — інвазійними (Májeková et al., 2023). Одним із очікуваних результатів наших досліджень стало найнижче видове багатство рослинних угруповань чистих насаджень *Q. rubra*.

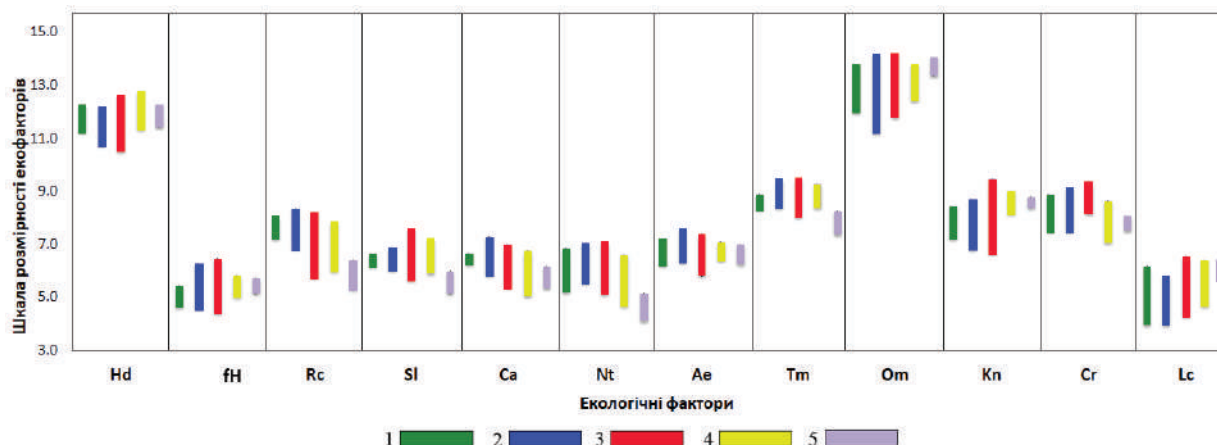


Рис. 4. Діапазон екологічних амплітуд екофакторів: 1 — неморальні ліси класу *Carpino-Fagetea*; 2 — ліси класу *Carpino-Fagetea*, в які проникає *Quercus rubra*; 3 — чисті насадження *Quercus rubra*; 4 — соснові ліси зі співдомінуванням *Quercus rubra*; 5 — дубово-соснові ліси класу *Quercetea robori-petraea*.

Умовні позначення екофакторів: Hd — вологість; fH — змінність зволоження; Rc — кислотність; Sl — сольовий режим; Ca — карбонатність; Nt — вміст нітрогену; Ae — аерація ґрунту; Tm — терморезим; Om — омброрезим; Kn — континентальність; Cr — кріорезим; Lc — освітленість

Fig. 4. The range of ecological amplitudes of ecological factors: 1 — nemoral forests of the class *Carpino-Fagetea*; 2 — *Carpino-Fagetea* forests with the participation of *Quercus rubra*; 3 — pure artificial plantations of *Quercus rubra*; 4 — pine forests with the codominance of *Quercus rubra*; 5 — oak-pine forests of the class *Quercetea robori-petraea*.

Legend of ecological factors: Hd — soil humidity; fH — damping variability; Rc — soil acidity; Sl — salt regime; Ca — carbonate content in soil; Nt — nitrogen content in soil; Ae — soil aeration; Tm — thermal climate; Om — climate humidity (ombroregime); Kn — climate continentality; Cr — cryoclimat; Lc — light

Зокрема, в таких ценозах виявлено від 4-х до 17-ти здебільшого адвентивних видів (у середньому 9). Оскільки аборигенні види в цих ценозах трапляються поодинокі, а сформовані вони здебільшого саме чужорідними видами, то й рівень фітозабруднення у цих угрупованнях найвищий. Найбільша кількість видів (22 в ценозі) та найнижчий рівень фітозабруднення характерні для грабово-дубових лісів класу *Carpino-Fagetea* Passarge 1968.

Аналіз проведених розрахунків показав, що найвищим видовим різноманіттям характеризуються дубово-соснові та неморальні ліси (рис. 3). Суттєве зниження індексу Шеннона спостерігається у ценозах, куди проникає *Quercus rubra*. Зокрема, угруповання сосново-дубових лісів класу *Quercetea robori-petraea*, є чутливішими до проникнення дуба червоного, яке викликає збіднення видового різноманіття і відповідно трансформацію біотопу, про що й свідчить зменшення індексу Шеннона у порівнянні з дубово-грабовими лісами класу *Carpino-Fagetea*. Найнижчі показники індексу

видового різноманіття (1,87) очікувано відмічені для чистих насаджень *Quercus rubra*. Обернено пропорційна залежність характерна для показників індексу домінування Сімпсона (рис. 3): зі зменшенням видового різноманіття зростає роль домінантів у трав'яному покриві.

З метою оцінки екологічних умов на основі методики синфітоіндикації було розраховано бальні показники для різних типів лісів. Екологічна амплітуда умов зростання *Q. rubra* за більшістю показників екофакторів (Hd, fH, Rc, Sl, Nt, Ae, Tm, Kn) є ширшою, ніж у природних неморальних чи хвойно-листяних лісів відповідно (рис. 4). Найширшою екологічна амплітуда є в чистих насадженнях дуба червоного за такими екофакторами, як кислотність, омброрезим, континентальність, режим освітлення, а найвужчою — для кріо- та терморезиму. Показники деяких екофакторів (Ca, Om, Cr, Lc) для чистих насаджень дуба червоного відрізняються від аналогічних для інших рослинних угруповань, а їхні екологічні амплітуди зміщені в певний бік.

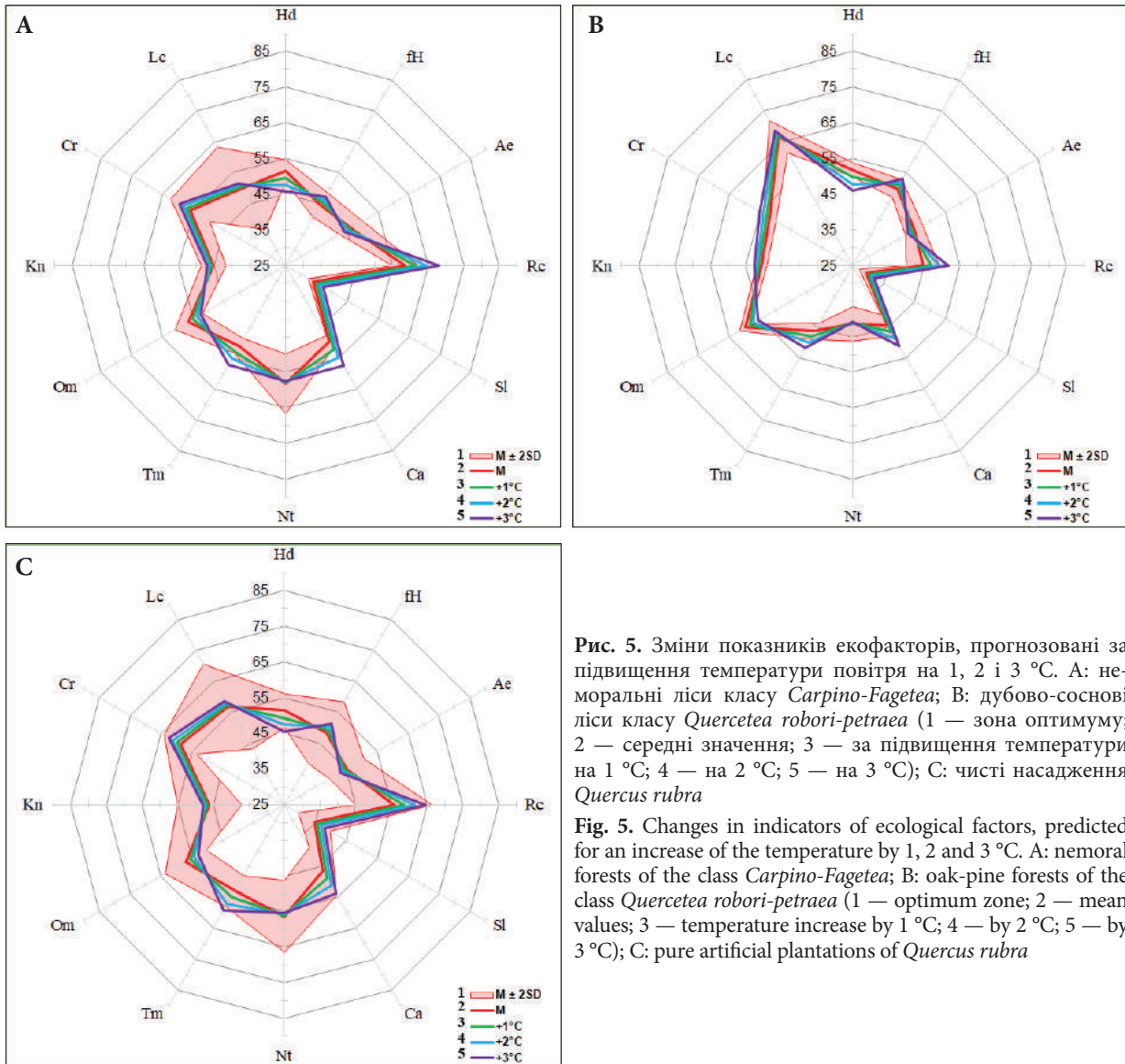


Рис. 5. Зміни показників екофакторів, прогнозовані за підвищення температури повітря на 1, 2 і 3 °С. А: неморальні ліси класу *Carpino-Fagetea*; В: дубово-соснові ліси класу *Quercetea robori-petraea* (1 — зона оптимуму; 2 — середні значення; 3 — за підвищення температури на 1 °С; 4 — на 2 °С; 5 — на 3 °С); С: чисті насадження *Quercus rubra*

Fig. 5. Changes in indicators of ecological factors, predicted for an increase of the temperature by 1, 2 and 3 °C. A: nemoral forests of the class *Carpino-Fagetea*; B: oak-pine forests of the class *Quercetea robori-petraea* (1 — optimum zone; 2 — mean values; 3 — temperature increase by 1 °C; 4 — by 2 °C; 5 — by 3 °C); C: pure artificial plantations of *Quercus rubra*

Прогнозування подальшого розвитку досліджених типів лісу і насаджень в умовах зміни клімату показало також, що екологічна амплітуда *Q. rubra* є достатньо широкою (рис. 5). За підвищення середньорічної температури повітря навіть на 3 °С більшість екологічних показників не виходить за межі зони оптимуму за винятком вологості ґрунту і терморегіму. Амплітуди більшості показників екофакторів неморальних лісів і насаджень *Q. rubra* перекриваються. Показники таких чинників, як терморегіму, континентальність, кріорежим, освітленість,

зміненість зволоження збільшуються, у той час як кислотності, вмісту карбонатів, нітрогенів, аерації — зменшуються.

Відповідно, за нашими розрахунками, у зв'язку з потеплінням відбудеться підвищення середньорічних та зимових температур, зросте континентальність клімату, що вплине на процеси ґрунтоутворення, зниження водневого показника (рН), вмісту карбонатів, прискорення розкладання підстилки, змінності зволоження, швидшого вимивання азотних сполук і збіднення ґрунтів на поживні речовини, аерації.

Обговорення

Дуб червоний (*Quercus rubra*) — північноамериканський вид з первинним ареалом у межах Сходу США й південно-східних регіонів Канади (Wilson et al., 2018; Hayda et al., 2022). Уперше завезений до Європи в 1691 р. (Bauer, 1953) і використаний у лісорозведенні у Швейцарії, того ж року потрапив до Бельгії та Нідерландів. На початку XVIII ст. (Holubčik, 1968) набув широкого розповсюдження в Європі, був завезений до Великої Британії (в 1724 р.) та Німеччини (в 1740 р.). З XIX ст. його висаджували в центральноевропейських парках: у сучасних Чехії (з 1799 р.) та Словаччині (з 1855 р.). Для створення лісових культур дуб червоний використовували з кінця XIX ст. — початку XX ст. (Ivchenko, 2002). В Україні вид уперше з'явився 1809 р. в Основ'янському (Краснокутському) акліматизаційному саду на Харківщині (Debrnyuk, Prydka, 2013). Хронологія його введення в культуру, історія інтродукції, використання в лісгосподарських цілях, таксаційні особливості деревостанів, поширення і особливості біології в Європі та багато інших аспектів досить детально висвітлені в публікаціях українських та іноземних науковців (Ivchenko, 2002; Majboroda, 2010; Głowacki et al., 2016; Nicolescu et al., 2018; Hayda et al., 2022).

На сьогодні в європейській частині континенту дуб червоний поширений майже повсюдно, крім найхолоднішої частини Скандинавії та деяких середземноморських регіонів (Nicolescu et al., 2018; Kormann et al., 2023). Його широко використовують у лісовому господарстві Європи, де цей вид є одним із найпоширеніших чужорідних інтродуцентів із загальною площею насаджень понад 350 тис. га, більше половини з яких — розташовані в Україні (Hayda et al., 2022). Одним із найбільш комерційно значущих серед чужорідних інтродуцентів його вважають у Польщі, проте, як відмічають польські дослідники, кількість деревини *Q. rubra* на ринку все ще невелика, оскільки більшість наявних насаджень не досягли віку стиглості (Woziwoda et al., 2014b).

Завдяки високій зимостійкості, невибагливості до родючості ґрунту, толерантності до показників освітлення і зволоження, високій інтенсивності приросту та щорічному плодоношенню *Q. rubra* визнано перспективною породою для створення лісових насаджень в Україні (Hrynyuk et al., 2009; Burda et al., 2018; Lukisha, Movchan,

2023). Переваги його вирощування відмічені лісознавцями для різних регіонів України й детально описані в низці праць (Hrynyuk et al., 2009; Majboroda, 2010; Krivoruchko, 2016).

Площа лісових культур з переважанням дуба червоного в лісовому фонді України ще в 1970-х рр. перевищувала 6 тис. га (Poznyakova, 2019). На 2002 р. загальна площа деревостанів дуба червоного, які утворилися внаслідок спонтанного поширення (порослевого поновлення і насінневого розмноження) складала менше 1% площі усіх насаджень цього виду в Україні (Kaganуak, 2002). Найбільші за площею лісові масиви дуба червоного насінневого походження (майже 80%) знаходяться на території обласного лісгосподарського об'єднання "Львівліс". Решта деревостанів відносно рівномірно розподілені по інших обласних лісгосподарських об'єднаннях (Kaganуak, 2002). На Заході України площа насаджень за участю *Q. rubra* перевищує аналогічні показники щодо всіх інших чужорідних видів і становить близько 40 тис. га (Mazur, 2009).

За даними таксації лісів в Україні (станом на січень 2020 р.) загальна площа насаджень з дубом червоним як основною деревною породою становила 66,72 тис. га. Найбільші площі деревостанів за його участі так само зосереджені на Заході України, зокрема у Львівській (15 тис. га), Івано-Франківській (8,95 тис. га), Вінницькій (8,91 тис. га) та Тернопільській (6,29 тис. га) областях. Для Львівщини й Івано-Франківщини їхня частка в загальній площі лісів найбільша і становить 1,6–3,4% (Hayda et al., 2022). Тож очевидним є зростання площ насаджень дуба червоного. При цьому слід зауважити, що в даних по таксації лісів наведено площу чистих насаджень *Q. rubra*, а змішані насадження з іншими деревами кваліфіковано як інші типи лісів. Відповідно реальна площа лісів з участю цього виду є значно більшою.

На місці вирубаних природних лісів лісовідновлення проводили із використанням здебільшого дуба червоного та дуба звичайного. У молодих насадженнях дуба червоного розподіл дерев за діаметром стовбурів більш-менш однаковий, за висотою дерева цих видів відрізняються більше. Зокрема, у віці 8–15 років рослини дуба червоного характеризуються інтенсивнішим ростом і більше половини дерев *Q. rubra* перевищують *Q. robur*. У насадженнях дуба червоного найбільшою була частка дерев

заввишки 4–6 м, натомість у дуба звичайного понад 50% дерев не досягали навіть 4 м (Krivoruchko, 2016). Запаси деревини дуба червоного перевищували запаси деревини дуба звичайного у насадженнях півночі степової зони на 11%, лісостепової — на 27%, (Majboroda, 2010; Debrynyuk, Prydka, 2013; Krivoruchko, 2016). У мішаних лісових насадженнях з ялиною та модриною дуб червоний виступав співдомінантом, а дуб звичайний — як другорядна порода (Нгуруйук et al., 2009; Bachynska et al., 2021).

Показники фітомаси у діврові *Q. rubra* перевищують аналогічні для *Q. robur* у тих самих лісорослинних умовах: у молодняках — у 3–4 рази, в старшому віці — в середньому вдвічі. Зі зниженням густоти й продуктивності, погіршенням лісорослинних умов ця перевага зменшується, проте, навіть у суборах *Q. rubra* накопичує більшу фітомасу ніж найпродуктивніші популяції *Q. robur* у дівровах (Blinkova, 2013; Burda et al., 2018). *Quercus rubra* має конкурентні переваги перед *Q. robur*, що впливає на відновлення природних лісів. Такими перевагами насамперед є витривалість, швидкорослість, відсутність природних ворогів і хвороб, невразливість борошністоросляними грибами (Woziwoda et al., 2014a). Однією з конкурентних переваг *Q. rubra* є також особливості його репродуктивної біології, зокрема коротший цикл плодоношення, на протилежності *Q. robur*, який плодоносить один раз на 5–6 років (Cecich, 1994). Цикл плодоношення *Q. rubra* становить 2–3 роки, що характерно також і для інших видів секції червоних дубів (Manos, Hipp, 2021) і означає різну врожайність плодів у різні роки. Здебільшого максимальним урожаєм жолудів характеризується лише один рік циклу, решта — мінімальним. Висока внутрішньовидова мінливість розмірів і ваги жолудів *Q. rubra* робить їх привабливими для різних місцевих видів тварин, що також характерно й для первинного ареалу виду (Bieberich et al., 2016). Це сприяє підвищенню ефективності розповсюдження плодів на більші відстані та поширенню цього інвазійного чужорідного виду в європейських лісах. Також відомо, що навіть поодинокі дерева *Q. rubra* віком понад 90 років, які плодоносять, на ділянках, розчищених під час лісогосподарських робіт, можуть сприяти відновленню *Q. rubra* (Woziwoda et al., 2023). Серед іншого спонтанне поширення дуба червоного відбувається завдяки мишоподібним

гризунам і різним видам сойок, що характерно і для первинного (Bieberich et al., 2016), і для вторинного його ареалів (Dubovik et al., 2020).

У Європі останнім часом активно досліджують вплив *Q. rubra* на екосистемні послуги, зокрема його значення для інших господарських цінних лісових видів. Встановлено, що урожай плодів *Vaccinium vitis-idaea* L. у молодому сосновому лісі з дубом червоним становив лише 2% зареєстрованого в старовіковому сосновому лісі, а генеративне розмноження рослин *V. vitis-idaea* в лісах за участю *Q. rubra* відсутнє (Woziwoda et al., 2021).

Збільшення площ та віку насаджень *Q. rubra*, а також вплив на природні лісові екосистеми та їхні послуги, спонукає до вивчення результатів і наслідків інтродукції, оцінка яких значно відрізняється з різних позицій. Наявність порослевого поновлення, насінневого розмноження і формування деревостанів завдяки активному спонтанному поширенню є беззаперечно позитивним результатом інтродукції цієї породи та важливим чинником розвитку лісового господарства. На думку Ю.Й. Каганяка (Kaganyak, 2002), генотип дуба червоного позитивно відреагував на кліматичні особливості України, а його біологічні особливості виявилися сумісними з мінливими кліматичними індексами наших регіонів. Натомість, відмічені в Польщі спонтанне поширення, негативний вплив на різноманіття та чисельність видів судинних рослин, неможливість збільшення займаної площі жодним з природних видів у насадженнях польські дослідники розглядають як несприятливі наслідки інтродукції цієї породи (Kiedrzyński et al., 2011; Woziwoda et al., 2014b).

Відтак, з огляду на швидкість росту, легший догляд та отримання запасів деревини насадження дуба червоного мають перевагу і дають більший прибуток. Але зовсім інакше спостерігається, якщо розглядати ліс не як природний ресурс для отримання деревини, а як природну екосистему, яка надає значно більший спектр екосистемних послуг.

Значне поширення *Q. rubra* за останні 30 років зафіксовано у природних лісах Біловезької пущі в Білорусі й Польщі, що спричинює суттєве збіднення фіторізноманіття, збільшення частоти трапляння інших чужорідних видів, а також має ознаки територіальної експансії навіть у бідніші умови, ніж *Q. robur* (Dubovik et

al., 2020; Czerepko et al., 2021). Зафіксовано різкі зміни в рослинному покриві лісів, які ймовірно спричинені збідненням видового складу підліску (Kiedrzyński et al., 2011; Woziwoda et al., 2014b). Визначені деякі пристосувальні особливості виду, зокрема в Україні. За результатами вивчення анатомо-морфологічних характеристик листків *Q. rubra* встановлено зміни у бік ксероморфності, що слід розглядати як адаптивні (Kryvoruchko, Bessonova, 2018). Тож, попри господарську цінність цього чужорідного інтродуцента, було виявлено ризики, спричинені його інвазійністю, та негативний вплив на природне біорізноманіття.

Флористичний склад наземного ярусу є чутливим індикатором зміни структури та функціонування лісової екосистеми, що залишається поза увагою лісівників. Листяний опад дуба червоного розкладається повільніше, ніж у природних неморальних лісах, його товщина більша, що за зростання температури повітря підвищує ризики виникнення пожеж. Такі біоценотичні зміни свідчать про те, що дуб червоний у наших умовах є потужним едифікатором, який спричинює зниження фіторізноманіття, а відтак викликає порушення консортивних зв'язків з консументами, зміну редуцентів, структури підстилки та ґрунтового покриву, і на місці цих насаджень типові природні ліси не зможуть самостійно відновитися.

Схожі результати дослідження лісів з участю *Q. rubra* в Центральній Європі отримано словацькими вченими (Májeková et al., 2023). Узагальнюючи наявні європейські та українські дані щодо лісових рослинних угруповань за участю *Q. rubra* спостерігаємо тенденцію до збіднення їхнього флористичного різноманіття, зокрема загальна кількість видів у таких фітоценозах зменшується з 30–40 до 17, а проєктивне покриття інших видів не перевищує 5%. Густий намет *Q. rubra*, як у вегетативній, так і в генеративній фазі розвитку перешкоджає проникненню світла, його алопатичні властивості та щільний опад, що повільно розкладається, впливають на середовище, внаслідок чого і склад, і структура фітоценозів змінюються.

Синфітоіндикаційний аналіз провідних екофакторів показав, що насадження *Q. rubra* краще пристосовані до зміни природних умов і витримують суворіші зими та дефіцит опадів. Тож у ході sukcesій такі угруповання потенційно

здатні замінювати відповідні природні ліси. Трикратне збіднення флористичного складу лісових рослинних угруповань із домінуванням дуба червоного спричинює неможливість нормального функціонування лісової екосистеми внаслідок порушення її структури (консортивних зв'язків, фауністичного різноманіття консументів тощо). З позицій оцінки синтаксономічно-ландшафтної організації це призводить до гомогенізації екосистем. Тобто, таке збіднення видового складу природних рослинних угруповань є фактично початком втрати біорізноманіття, що відбувається як на локальному біоценотичному, так і ландшафтному регіональному рівнях. Це спричинює скорочення обсягів навіть тих екосистемних послуг, які мають атракційне значення. Тож чисті насадження *Q. rubra* не сприятимуть емоційній розрядці, а отже й не виконуватимуть одну з важливих функцій лісу — відновлення або покращення емоційного стану. Проте цей найпростіший приклад скорочення спектру екосистемних послуг недостатньо ілюструє ті глибинні каскадні процеси та наслідки, які зрештою вплинуть на колообіг речовин у біосфері в далекому майбутньому.

Внаслідок потепління трофічні ланцюги, функціонування, колообіг речовин, трансформація енергії в екосистемах будуть порушені і не відповідатимуть природним процесам, притаманним для теперішніх неморальних природних лісів. Зважаючи на високу конкурентну здатність *Q. rubra*, на місці таких насаджень неможливе відновлення типових неморальних чи хвойно-листяних лісів. Враховуючи тенденції зміни клімату, можна спрогнозувати, що експансія *Q. rubra* триватиме (Didukh, 2023). Ймовірно, зміна режиму зволоження та потепління сприятимуть широкому його розселенню в лісовій і лісостеповій зонах у північному напрямку.

Вплив *Q. rubra* становить загрозу для рослинного покриву об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) України (Zavialova, 2017). Крім спонтанного поширення виду з прилеглих лісових масивів у багатьох національних природних парках і природних заповідниках (ПЗ), існують насадження з різною його участю, де рослини досягли генеративної фази. Плодоношення у *Q. rubra* починається з 25 років і триває щонайменше 30–50, а максимально 80–120 років (Wilson et al., 2018), за таких умов ризики його неконтрольованого поширення суттєво

зростають. На сьогодні насадження з дубом червоним у складі деревостанів зафіксовані на багатьох заповідних територіях, зокрема численних об'єктів ПЗФ місцевого значення, а також загальнодержавного (ПЗ: "Медобори", "Горгани", Дніпровсько-Орільський, Канівський; НПП: "Білоозерський", "Вижницький", "Гетьманський", "Голосіївський", "Гуцульщина", "Деснянсько-Старогутський", "Ічнянський", "Мезинський", "Подільські Товтри", "Сколівські Бескиди", "Ужанський", "Галицький"). Види діяльності, що дозволені чинним законодавством України на території об'єктів природно-заповідного фонду, не забезпечують належної ефективності запобігання поширенню або впливу дуба червоного. Відсутність перешкод лише сприяє його активному поширенню, включно з природними фітоценозами. Продовження використання дуба червоного в лісовідновленні та лісорозведенні в Україні створює пряму загрозу посилення експансії, адже до наявного спонтанного поширення додається ще й навмисне його розповсюдження, яке триває.

Висновки

За наявних умов і одержаних результатів прогнозування з урахуванням зміни клімату дуб червоний в Україні характеризується широкою еколого-ценотичною амплітудою, високою інтенсивністю поновлення, здатністю змінювати вихідні ресурси екосистеми (показники фітосередовища, фізіономічність, видовий склад, структуру тощо), її функціонування та енергетичний баланс. Найширшою є екологічна амплітуда дуба червоного в чистих насадженнях за такими екофакторами, як кислотність, омбродержим, континентальність, режим освітлення. Проникнення *Q. rubra* в природні лісові фітоценози завдяки конкурентним перевагам цього чужорідного виду перед аборигенними деревними породами спричинює збіднення видового складу рослинних угруповань внаслідок "витіснення" видів природної флори, перешкоджає


поновленню природних лісів. Негативний вплив на біорізноманіття або пов'язані з ним екосистемні послуги обумовлені інвазійною активністю дуба червоного, що внаслідок зміни клімату посилить його експансію і загрозу неморальним лісовим фітоценозам у лісовій і лісостеповій зонах України. Висока інтенсивність його спонтанного поширення створює ризики для природних екосистем об'єктів природно-заповідного фонду України.

Окремо слід зауважити, що з огляду на значну господарську цінність дуба червоного та можливі економічні вигоди для держави від його вирощування, на яких наголошують лісознавці, найдоцільнішим і певно єдиним можливим способом продовження його використання є культивування у вигляді спеціальних цільових плантацій з певним режимом господарювання та оборотом рубки, або монокультур на нелісових землях. Такий спосіб має включати запровадження обов'язкового контролю і заходів, спрямованих на перешкоджання спонтанному поширенню рослин за межі плантацій. Для збереження природних лісових екосистем включно із забезпеченням їхнього відновлення як основи лісових ресурсів України необхідно запровадити постійний моніторинг наявних насаджень *Q. rubra* з метою запобігання його проникненню в уразливі до фітоінвазій природні лісові фітоценози.

Дотримання етичних норм

Автори повідомляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

ORCID

O.O. Kucher:  <https://orcid.org/0000-0002-4197-0471>
 Ya.P. Didukh:  <https://orcid.org/0000-0002-5661-3944>
 N.A. Pashkevych:  <https://orcid.org/0000-0001-9345-6389>
 L.V. Zavialova:  <https://orcid.org/0000-0003-4160-1083>
 Yu.V. Rozenblit:  <https://orcid.org/0000-0002-8516-3823>
 O.O. Orlov:  <https://orcid.org/0000-0003-2923-5324>
 M.V. Shevera:  <https://orcid.org/0000-0002-1178-0458>

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Bachynska U.O., Baranchuk G.I., Khodin O.B. 2021. Dynamics of plantations of introduced European spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) in Medobory Nature Reserve. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(5): 22–28. [Бачинська У.О., Баранчук Г.І., Ходинь О.Б. 2021. Динаміка насаджень інтродукованої ялини європейської (*Picea abies* (L.) H. Karst.) у природному заповіднику "Медобори". *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(5): 22–28]. <https://doi.org/10.36930/40310503>
- Bauer F. 1953. *Die Roteiche*. Frankfurt am Main: Sauerländer, 108 S.
- Bazalová D., Botková K., Hegedúšová K., Májeková J., Medvecká J., Šibíková M., Škodová I., Zaliberová M., Jarolímek I. 2018. Twin plots — appropriate method to assess the impact of alien tree on understory? *Hacquetia*, 17(2): 163–169. <https://doi.org/10.1515/hacq-2017-0012>
- Bieberich J., Lauerer M., Aas G. 2016. Acorns of introduced *Quercus rubra* are neglected by European Jay but spread by mice. *Annals of Forest Research*, 59(2): 249–258. <https://doi.org/10.15287/afr.2016.522>
- Blinkova O.I. 2013. Adaption peculiarities of introduction populations of *Quercus rubra* L. in Kyiv Polissia. *Problems of bioindications and ecology*, 18(2): 42–55. [Блінкова О.І. 2013. Особливості адаптації інтродукційних популяцій *Quercus rubra* L. на території Київського Полісся. *Питання біоіндикації та екології*, 18(2): 42–55].
- Burda R.I., Pashkevych N.A., Blinkova O.I., Shupova T.V., Stukaluk S.V., Ivanenko O.M., Bilushenko A.A. 2018. *Adaptive strategy of the populations of alien species*. Kyiv: Naukova Dumka, 192 pp. [Бурда Р.І., Пашкевич Н.А., Блінкова О.І., Шупова Т.В., Стукалюк С.В., Іваненко О.М., Білушенко А.А. 2018. *Адаптивна стратегія популяцій адвентивних видів*. Київ: Наукова думка, 192 с.].
- Buts Yu.V., Titenko A.V. 2013. Dynamics of specific variety of water-bog natural complexes as display of fire relaxation of geosystems. *Bulletin of Odessa of State Environmental University*, 15: 17–22. [Буц Ю.В., Тітенко Г.В. 2013. Динаміка видового різноманіття водно-болотних природних комплексів як прояв пірогенної релаксії геосистем. *Вісник Одеського державного екологічного університету*, 15: 17–22].
- Cecich R.A. 1994. The reproductive biology of *Quercus*, with an emphasis on *Q. rubra*. *Journal of the International Oak Society*, 7: 10–20.
- Czerepko J., Gawryś R., Mańk K., Janek M., Tabor J., Skalski Ł. 2021. The influence of the forest management in the Białowieża forest on the species structure of the forest community. *Forest Ecology and Management*, 496: 119363. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119363>
- Debrynyuk M.Yu., Prydka P.P. 2013. Red oak (*Quercus rubra* L.) in forest plantations of Stradch TPFC: distribution and silvicultural taxation specification. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 23(17): 9–14. [Дебринюк М.Ю., Придка П.П. 2013. Дуб червоний (*Quercus rubra* L.) у лісових насадженнях Страдчівського НВЛК: поширення та лісівничо-таксаційна характеристика. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(17): 9–14].
- Didukh Ya.P. 2011. *The ecological scales for the species of the Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre, 176 pp.
- Didukh Ya.P. 2023. *Vegetation of Ukraine in the aspect of climate changes*. Kyiv: Naukova Dumka, 250 pp. [Дідух Я.П. 2023. *Рослинний світ України в аспекті кліматичних змін*. Київ: Наукова думка, 250 с.]. <https://doi.org/10.16407/978-966-00-1868-6>
- Didukh Ya.P., Budzhak V.V. 2020. *Prohrama dlya avtomatyzatsii protsesu rozrakhunku balnykh pokaznykiv ekolohichnykh faktoriv: metodychni rekomendatsii*. Chernivtsi: Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 40 pp. [Дідух Я.П., Буджак В.В. 2020. *Програма для автоматизації процесу розрахунку бальних показників екологічних факторів: методичні рекомендації*. Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 40 с.].
- Didukh Ya.P., Plyuta R.H. 1994. *Fitoindykatsiya ekolohichnykh faktoriv*. Kyiv: Naukova Dumka, 280 pp. [Дідух Я.П., Плюта Р.Г. 1994. *Фітоіндикація екологічних факторів*. Київ: Наукова думка, 280 с.].
- Dubovik D.V., Sauchuk S.S., Zavialova L.V. 2021. The current status of the plant invasions in Belarus. *Environmental & Socio-economic Studies*, 9(4): 14–22. <https://doi.org/10.2478/environ-2021-0021>
- Dubovik D.V., Dmitrieva S.A., Laman N.A., Lebedko V.N., Levkovich A.V., Maslovskiy O.M., Parfenov V.N., Prokhorov V.N., Pugachevskiy A.V., Sauchuk S.S., Skuratovich A.N., Sysoy I.P., Chumakov L.S., Yakovleva I.M., Garanovich I.M., Dzhus M.A., Romanuk A.L. 2020. *The Black Data Book of the Flora of Belarus: the alien harmful plants*. Minsk: Belaruskaya nauka, 407 pp. [Дубовик Д.В., Дмитриева С.А., Ламан Н.А., Лебедько В.Н., Левкович А.В., Масловский О.М., Парфенов В.И., Прохоров В.Н., Пугачевский А.В., Савчук С.С., Скуратович А.Н., Сысой И.П., Чумаков Л.С., Яковлева И.М., Гаранович И.М., Джус М.А., Романюк А.Л. 2020. *Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения*. Минск: Белорусская наука, 407 с.].
- EU biodiversity strategy for 2030 – *Bringing nature back into our lives*. 2021. European Commission, Directorate-General for Environment: Publications Office of the European Union. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548> (Accessed 30 September 2023)
- Genovesi P., Shine C. 2004. *European strategy on invasive alien species*. Strasbourg: Council of Europe Publishing. Available at: <https://www.cbd.int/doc/external/cop-09/bern-01-en.pdf> (Accessed 30 September 2023)
- Głowacki D., Sławska M., Sławski M. 2016. The dynamics of northern red oak (*Quercus rubra* L.) in managed forests of central Poland. *Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers)*, 77(1): 32–41. <https://doi.org/10.1515/frp-2016-0004>

- Hayda Y., Mohytych V., Bivolakh D., Kuzovych V., Sułkowska M. 2022. The introduction of red oak (*Quercus rubra* L.) in the Ukrainian forests: advantages of productivity versus disadvantages of invasiveness. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(4): 245–252. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0023>
- Holubčík M. 1968. *Cudzokrajné dreviny v lesnom hospodárstve*. Bratislava: SVPL, 378 s.
- Hrynyuk Y., Miakush I., Bilyk Y. 2009. Experience of forest introduction in Rostochchya. *Forestry and Forest Melioration*, 115: 46–50. [Гринюк Ю.Г., М'якуш І.І., Білик Я.Я. 2009. Досвід лісової інтродукції на Розточчі. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115: 46–50].
- Ivchenko A.I. 2002. History of the introduction of *Quercus rubra* L. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 12(4): 93–97. [Івченко А.І. 2002. Історія впровадження дуба червоного. *Науковий вісник НЛТУ України*, 12(4): 93–97].
- Kaganyak Yu.Yo. 2002. The distribution of some taxation indexes of the northern red oak forest stands in Ukraine. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking industry*, 27: 18–22. [Каганяк Ю.Й. 2002. Розподіл деяких таксаційних показників деревостанів дуба червоного по Україні. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 27: 18–22].
- Kiedrzyński M., Zielińska K., Grzelak P. 2011. Transformation of forest vegetation after 40 years of protection in the Tomczuże nature reserve (Central Poland). *Acta Universitatis Lodzianae Folia Biologica et Oecologica*, 7: 207–227. <https://doi.org/10.2478/v10107-009-0026-x>
- Kormann J. M., Liesebach M., Liepe K. J. 2023. Provenances from introduced stands of Northern Red Oak (*Quercus rubra* L.) outperform those from the natural distribution. *Forest Ecology and Management*, 531: 120803. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120803>
- Krivoruchko A.P. 2016. Evaluation of some taxation indicators of mixed forest crops of red oak (*Quercus rubra* L.) and English oak (*Quercus robur* L.) in the Northern Steppe Subzone of Ukraine. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(7): 90–95. [Криворучко А.П. 2016. Оцінювання деяких таксаційних показників змішаних лісових культур дуба червоного (*Quercus rubra* L.) та дуба звичайного (*Quercus robur* L.) в умовах північної підзони степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(7): 90–95]. <https://doi.org/10.15421/40260713>
- Kryvoruchko A.P., Bessonova V.P. 2018. Anatomical leaves characteristics of *Quercus rubra* L. and *Quercus robur* L. and stand density. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1): 64–71. [Криворучко А.П., Бессонова В.П. 2018. Анатомічна характеристика листків *Quercus rubra* L. та *Quercus robur* L. за солітерного та групового зростання. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1): 64–71]. http://dx.doi.org/10.15421/2017_188
- Lukisha V., Movchan M. 2023. Assessment of the spatial distribution of invasive tree species in the boreal forests of the Middle Dnieper region. *Ecological Sciences*, 4(49): 219–225. [Лукіша В.В., Мовчан М.М. Оцінка просторового поширення інвазійних деревних видів у бореальних лісах Середнього Придніпров'я. *Екологічні науки*, 4(49): 219–225]. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.29>
- Májeková J., Medvecká J., Mikulová K., Slabejová D., Šibíková M., Zaliberová M., Škodová I. 2023. Structure of forest stands of alien tree *Quercus rubra* in Central Europe. *Biologia*. <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01502-7>
- Majboroda V.A. 2010. Condition of oak forest stands in forest fund of Ukraine and prospect of their reproduction. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20(12): 27–34. [Майборода В.А. 2010. Стан дубових насаджень у лісовому фонді України та перспективи їх відтворення. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(12): 27–34].
- Manos P.S., Hipp A. L. 2021. An updated infrageneric classification of the North American oaks (*Quercus* subgenus *Quercus*): Review of the contribution of phylogenomic data to biogeography and species diversity. *Forests*, 12(6): 786. <https://doi.org/10.3390/f12060786>
- Mazur I.V. 2009. *Quercus borealis* Michx. and its regeneration in the Precarpathian region. *Forestry and Forest Melioration*, 115: 161–166. [Мазур І.В. 2009. Дуб північний та його відновлення в Передкарпатті. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115: 161–166].
- McNeely J.A., Mooney H.A., Neville L.E., Schei P., Waage J.K. (eds.). 2001. *A Global Strategy on Invasive Alien Species*. IUCN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK, 50 pp.
- Nicolescu V.-N., Vor T., Mason W.L., Bastien J.-Ch., Brus R., Henin J.-M., Kupka I., Lavnyu V., La Porta N., Mohren F., Petkova K., Rédei K., Štefančík I., Waşik R., Perić S., Hernea C. 2018. Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F. Michx.) in Europe: a review. *Forestry*, 93: 481–494. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy032>
- Poznyakova S.I. 2019. Introduced tree species in forest stands of the state enterprise "Hadyach forest economy". *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 2: 142–148. [Познякова С.І. 2019. Породи інтродуценти в лісових насадженнях ДП "Гадяцьке ЛГ". *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва*, 2: 142–148].
- Protopopova V.V., Shevera M.V. 2019. Invasive species in the flora of Ukraine. I. The group of highly active species. *GEO&BIO*, 17: 116–135. [Протопопова В.В., Шевера М.В. 2019. Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторизноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України. *GEO&BIO*, 17: 116–135]. <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116>
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13: 451–453. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x>

- Wilson S. McG., Mason B., Savill P., Jiks R. 2018. Alternative Oaks (*Quercus* spp.). *Quarterly Journal of Forestry*, 112(2): 93–105.
- Woziwoda B., Dyderski M. K., Jagodziński A.M. 2021. Forest land use discontinuity and northern red oak *Quercus rubra* introduction change biomass allocation and life strategy of lingonberry *Vaccinium vitis-idaea*. *Forest Ecosystems*, 8(9): 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00287-y>
- Woziwoda B., Kopeć D., Witkowski J. 2014a. The negative impact of intentionally introduced *Quercus rubra* L. on a forest community. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 83(1): 39–49. <http://dx.doi.org/10.5586/asbp.2013.035>
- Woziwoda B., Potocki M., Sagan J., Zasada M., Tomasiak R., Wilczyński S. 2014b. Commercial forestry as a vector of alien tree species – the case of *Quercus rubra* L. introduction in Poland. *Baltic Forestry*, 20(1): 131–141.
- Woziwoda B., Gręda A., Frelich L.E. 2023. High acorn diversity of the introduced *Quercus rubra* indicates its ability to spread efficiently in the new range. *Ecological Indicators*, 146: 109884. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109884>
- Zavialova L.V. 2017. The most harmful invasive plant species for native phytodiversity of protected areas of Ukraine. *Scientific Herald of Chernivtsi University. Biology (Biological systems)*, 9(1): 88–107. [Зав'ялова Л.В. 2017. Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 9(1): 88–107].
- Zavialova L.V., Protopopova V.V., Kucher O.O., Ryff L.E., Shevera M.V. 2021. Plant invasions in Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*, 9(4): 1–13. <https://doi.org/10.2478/environ-2021-0020>

The impact of northern red oak (*Quercus rubra*; *Fagaceae*) on the forest phytodiversity in Ukraine

Oksana O. KUCHER^{1,2}, Yakiv P. DIDUKH^{1,2},
Nataliia A. PASHKEVYCH^{1,2}, Liudmyla V. ZAVIALOVA^{1,2},
Yuliya V. ROZENBLIT¹, Oleksandr O. ORLOV³, Myroslav V. SHEVERA^{1,2,4}

¹ M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine,
2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01004, Ukraine

² Institute for Evolutionary Ecology, National Academy of Sciences of Ukraine,
37 Lebedeva Str., Kyiv 03143, Ukraine

³ State Institution "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of
Ukraine", 34-A Academician Palladin Avenue, Kyiv 03142, Ukraine

⁴ Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education,
6 Kossuth Sq., Beregove 90202, Ukraine

Abstract. The impact of *Quercus rubra* on the plant diversity of native forests of Ukraine has been investigated. The plant communities of artificial plantations dominated by northern red oak have such general features as poor species composition, with projective coverage values of other species not exceeding 5%, and a simplified vertical structure of the tree layers. In natural forest plant communities with the participation of *Q. rubra*, there are no rare and typical nemoral dominant species, which results in disruption of consortial relations in ecosystems. Such changes are due to the biological and ecological peculiarities of this species, in particular, its dense crown, abundant biomass of leaves, which reduces lighting, and allelopathic properties; all those factors affect the physical and chemical characteristics of biotopes. *Quercus rubra* artificial plantations are more adaptive to changes of natural conditions and are able to withstand harsher winters and lack of precipitation. The ecological amplitude of this species is wide, and even with an increase in the average annual temperature by 3 °C most of the ecological indicators do not go beyond the optimum zone of the species, except for the soil moisture and thermal regime. The amplitudes of main indicators of ecological factors of temperate forests and *Q. rubra* artificial plantations overlap. The dominance of *Q. rubra* reduces the quality of ecosystem services of native forests. The high competitive advantages of *Q. rubra* are the reason for the impossibility of natural restoration of the typical broad-leaved or coniferous forests on those land plots where they were replaced by artificial plantations of northern red oak or its tree layers were formed as the results of the spontaneous distribution of this species. In the successions, the communities with the participation of northern red oak are potentially able to replace the native forest phytocoenoses.

Keywords: artificial plantations, climate change, ecosystem services, forests, invasiveness, phytodiversity, phytoindication, *Quercus rubra*