

УДК 582.632.2:615:322:615.072:54.061/062:547.9:577.15/17

Олена КОНОВАЛОВА

доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри фармацевтичної і біологічної хімії, фармакогнозії, ПВНЗ «Київський медичний університет», вул. Бориспільська, 2, м. Київ, Україна, 02099 (o.kopovalova@kmtu.edu.ua)

ORCID: 0000-0001-6025-5230

SCOPUS: 6508198095; 57552970200

RESEARCHER: САН-7409-2022

Ольга ЩЕРБАКОВА

кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу ботаніки, Національний науково-природничий музей НАН України, вул. Богдана Хмельницького, 15, м. Київ, Україна, 01601; доцент кафедри фармацевтичної і біологічної хімії, фармакогнозії, ПВНЗ «Київський медичний університет», вул. Бориспільська, 2, м. Київ, Україна, 02099 (o.shcherbakova@kmtu.edu.ua)

ORCID: 0000-0001-6601-6476

SCOPUS: 58250303800

Тетяна ОМЕЛЬКОВЕЦЬ

старший викладач кафедри фармацевтичної і біологічної хімії, фармакогнозії, ПВНЗ «Київський медичний університет», вул. Бориспільська, 2, м. Київ, Україна, 02099 (t.omelkovets@kmtu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-1730-1630

SCOPUS: 58248664300

Марія КАЛІСТА

кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу ботаніки, Національний науково-природничий музей НАН України, вул. Богдана Хмельницького, 15, м. Київ, Україна, 01054; доцент кафедри фармацевтичної і біологічної хімії, фармакогнозії, ПВНЗ «Київський медичний університет», вул. Бориспільська, 2, м. Київ, Україна, 02099 (m.kalista@kmtu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-2335-5184

SCOPUS: 57193743485

RESEARCHER: HNB-9659-2023

Ірина ГУРТОВЕНКО

кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри фармацевтичної і біологічної хімії, фармакогнозії, ПВНЗ «Київський медичний університет», вул. Бориспільська, 2, м. Київ, Україна, 02099 (i.hurtovenko@kmtu.edu.ua)

ORCID: 0000-0003-2442-3406

SCOPUS: 57552046000

Наталія СИДОРА

доктор фармацевтичних наук, професор кафедри фармацевтичної і біологічної хімії, фармакогнозії, ПВНЗ «Київський медичний університет», вул. Бориспільська, 2, м. Київ, Україна, 02099 (n.sydora@kmtu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-3333-2250

SCOPUS: 57193998508

Катерина НОВОСАД

кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу ботаніки, Національний науково-природничий музей НАН України, вул. Богдана Хмельницького, 15, м. Київ, Україна, 01054 (novosad-katya@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-6704-0336

Бібліографічний опис статті: Коновалова О., Щербакова О., Омельковець Т., Каліста М., Гуртовенко І., Сидора Н., Новосад К. (2023). Дослідження петіолярних анатомічних ознак дуба звичайного (*Quercus robur* L.) і дуба червоного (*Quercus rubra* L.) та їх значення для мікродіагностики сировини. *Фітотерапія. Часопис*, 4, 57–70, doi: 10.32782/2522-9680-2023-4-57

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕТИОЛЯРНИХ АНАТОМІЧНИХ ОЗНАК ДУБА ЗВИЧАЙНОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) І ДУБА ЧЕРВОНОГО (*QUERCUS RUBRA* L.) ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ МІКРОДІАГНОСТИКИ СИРОВИНИ

Актуальність. Дослідження петіолярної анатомії *Q. rubra* та *Q. robur* актуальне для встановлення міжвидових анатомічних відмінностей листків; його результати можуть розширити спектр діагностичних ознак, що традиційно використовуються у фармакогностичному аналізі для встановлення ідентичності та якості сировини.

Мета дослідження. Порівняти ознаки петіолярної анатомії *Q. rubra* та *Q. robur*; оцінити їх діагностичну значущість і можливість застосування під час проведення фармакогностичного аналізу різаної сировини.

Матеріали та методи дослідження. Об'єктами дослідження були зразки листків *Q. rubra* та *Q. robur*, зібрані у вересні 2023 року на території Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка. Листки відбирали з 3–5 дерев, переважно із сонячної сторони, на висоті 2–2,5 м. Черешки для анатомічних досліджень фіксували та зберігали у 70 %-му етиловому спирті. Зрізи були досліджені за допомогою мікроскопа SUNNY XSM-20 6 500, сфотографовані цифровою камерою Sigeta MCMOS 5100 5.1 MP і опрацьовані за допомогою програмного забезпечення TourView v. 3.7.

Результати дослідження. Результати дослідження анатомічних зрізів черешків *Q. rubra* та *Q. robur* у дистальній, медіальній і проксимальній частинах показали діагностично значимі ознаки, які можна використовувати для ідентифікації видів. У проксимальній і дистальній частинах загальний план будови черешків *Q. rubra* та *Q. robur* виявився найбільш подібним, а найкраще видові відмінності проявилися в будові медіальної частини. Чіткі видові відмінності будови медіальної частини черешків *Q. rubra* та *Q. robur* можуть бути використані як діагностичні ознаки під час проведення фармакогностичного аналізу для встановлення ідентичності різаної сировини. За гістохімічними реакціями у черешках обох видів підтверджено наявність воскоподібних речовин, лігніфікованих тканин, танінів і крохмалю.

Висновки. Показано, що аналіз ознак петіолярної анатомії видів роду *Quercus* у фармакогностичних дослідженнях може стати зручним інструментом для визначення тотожності видів і стандартизації лікарської рослинної сировини, а також є інформативним для таксономії роду *Quercus* і для з'ясування анатомічних адаптацій листків.

Ключові слова: дуб червоний, дуб звичайний, *Quercus rubra*, *Quercus robur*, черешки, петіолярна анатомія, анатомометричні показники, мікродіагностика сировини.

Olena KONOVALOVA

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor and Head of the Department of Pharmaceutical and Biological Chemistry, Pharmacognosy, PHEE "Kyiv Medical University", Boryspilska str., 2, Kyiv, Ukraine, 02099 (o.konovalova@kmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0001-6025-5230

SCOPUS: 6508198095; 57552970200

RESEARCHER: CAH-7409-2022

Olha SHCHERBAKOVA

Candidate of Biological Sciences, Senior Research Associate of the Department of Botany, National Museum of Natural History of NAS of Ukraine, Bohdana Khmelnytskoho str., 15, Kyiv, Ukraine, 01054; Associate Professor of the Department of Pharmaceutical and Biological Chemistry, Pharmacognosy, PHEE "Kyiv Medical University", Boryspilska str., 2, Kyiv, Ukraine, 02099 (o.shcherbakova@kmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0001-6601-6476

SCOPUS: 58250303800

Tetiana OMELKOVETS

Senior Lecturer of the Department of Pharmaceutical and Biological Chemistry, Pharmacognosy, PHEE "Kyiv Medical University", Boryspilska str., 2, Kyiv, Ukraine, 02099 (t.omelkovets@kmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-1730-1630

SCOPUS: 58248664300

Mariia KALISTA

Candidate of Biological Sciences, Research Associate of the Department of Botany, National Museum of Natural History of NAS of Ukraine, Bohdana Khmelnytskoho str., 15, Kyiv, Ukraine, 01054; Associate Professor of the Department of Pharmaceutical and Biological Chemistry, Pharmacognosy, PHEE "Kyiv Medical University", Boryspilska str., 2, Kyiv, Ukraine, 02099 (m.kalista@kmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-2335-5184

SCOPUS: 57193743485

RESEARCHER: HNB-9659-2023

Iryna HURTOVETKO

Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of Pharmaceutical and Biological Chemistry, Pharmacognosy, PHEE "Kyiv Medical University", Boryspilska str., 2, Kyiv, Ukraine, 02099 (i.hurtovenko@kmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0003-2442-3406

SCOPUS: 57552046000

Natalia SYDORA

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Department of Pharmaceutical and Biological Chemistry, Pharmacognosy, PHEE "Kyiv Medical University", Boryspilska str., 2, Kyiv, Ukraine, 02099 (n.sydora@kmu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-3333-2250

SCOPUS: 57193998508

Kateryna NOVOSAD

Candidate of Biological Sciences, Research Associate of the Department of Botany, National Museum of Natural History of NAS of Ukraine, Bohdana Khmelnytskoho str., 15, Kyiv, Ukraine, 01054 (novosad-katya@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-6704-0336

To cite this article: Konovalova O., Shcherbakova O., Omelkovets T., Kalista M., Gurtovenko I., Sydora N., Novosad K. (2023). Doslidzhennia petioliarnykh anatomichnykh oznak duba zvychainoho (*Quercus robur* L.) i duba chervonoho (*Quercus rubra* L.) ta yikh znachennia dlia mikrodiagnostyky syrovyny [Study of petiolar anatomical features of common oak (*Quercus robur* L.) and red oak (*Quercus rubra* L.) and their significance for microdiagnostics of raw materials]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*, 4, 57–70, doi: 10.32782/2522-9680-2023-4-57

**STUDY OF PETIOLARY ANATOMICAL FEATURES
OF COMMON OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) AND RED OAK (*QUERCUS RUBRA* L.)
AND THEIR SIGNIFICANCE FOR MICRODIAGNOSTICS OF RAW MATERIALS**

Actuality. The study of petiolar anatomy of *Q. rubra* and *Q. robur* is relevant for establishing interspecies anatomical differences of leaves; its results can expand the range of diagnostic features traditionally used in pharmacognostic analysis when establishing the identity and quality of raw materials.

The aim of the work was to compare the features of the petiolar anatomy of *Q. rubra* and *Q. robur*; to evaluate their diagnostic significance and the possibility of application in the pharmacognostic analysis of cut raw materials.

Material and methods. The objects of the study were samples of leaves of *Q. rubra* and *Q. robur* collected in September 2023 on the territory of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of National Academy of Sciences of Ukraine. The leaves were collected from 3–5 trees, mostly from the sunny side, at a height of 2–2.5 m. Petioles for anatomical studies were fixed and preserved in 70 % alcohol. Cross sections were examined with a SUNNY XSM-20 6500 microscope, photographed with a Sigeta MCMOS 5100 5.1 MP digital camera, and processed with ToupView v. software. 3.7.

Research results. The results of the study of the anatomical cross sections of the *Q. rubra* and *Q. robur* petioles in the distal, medial and proximal parts showed diagnostically significant features that can be used for species identification. In the proximal and distal parts, the general structure of *Q. rubra* and *Q. robur* the petioles appeared to be the most similar, and the species differences were the best observed in the structure of the medial part. Clear species differences in the structure of the medial part of *Q. rubra* and *Q. robur* petioles are able to be used as diagnostic features during a pharmacognostic analysis to determine the identity of the cut raw material. According to histochemical reactions, the presence of wax-like substances, lignified tissues, tannins and starch was confirmed in petioles of both species.

Conclusion. It is shown that the analysis of features of the petiolar anatomy of species of the genus *Quercus* in pharmacognostic studies may become a convenient tool for determining the identity of species and standardization of medicinal plant raw materials, as well as being informative for the taxonomy of the genus *Quercus* and for elucidating the anatomical adaptations of leaves.

Key words: red oak, common oak, *Quercus rubra*, *Quercus robur*, petioles, petiolar anatomy, anatomometric indicators, microdiagnostics of raw materials.

Вступ. Природні сполуки рослинного походження й лікарські препарати на їх основі займають значне місце в сучасній медицині. Пошук і розробка препаратів рослинного походження, які стимулюють фізіологічні функції організму, є одним із пріоритетних напрямів наукових досліджень (Lichota

and Gwozdziński, 2018). Відомо, що в комплексному дослідженні лікарської рослинної сировини важливим етапом є встановлення її анатомо-морфологічної будови. Діагностичними ознаками в систематиці покритонасінних є анатомічні особливості генеративних і вегетативних органів рослин (Stuessy et al.,

2003; Zamani et al., 2008; Faghir et al., 2016). У тому числі із цією метою часто використовують дані будови вузла та черешка листка (Lee et al., 2010).

Рід Дуб (*Quercus* L.), родина букові (Fagaceae), налічує в своєму складі близько 500 видів, розповсюджених в Північній півкулі (Russell et al., 2020). Дуб звичайний (*Quercus robur* L.) – офіційний вид роду; лікарська рослинна сировина – кора, якість якої регламентується відповідною статтею ДФУ «Дуба кора» (State, 2014). Препарати із кори *Quercus robur* проявляють різнобічну фармакологічну активність: протизапальну, антиоксидантну, в'язучу, спазмолітичну, антимікробну, гіпотензивну, обумовлену наявністю широкого спектру біологічно активних речовин (БАР): фенольних сполук, летких речовин, стеринів, аліфатичних спиртів, жирних кислот тощо (Bursal and Vođa, 2018; Bhatia et al., 2019; Likhanov et al., 2019; Ferianac, et al., 2020; Burlacu et al., 2020).

Дуб червоний (*Quercus rubra* L.) – декоративний вид, завезений до Європи з Північної Америки (Burkardt et al., 2022), є стійким до хвороб та активно захоплює нові території. За літературними відомостями, сировина *Quercus rubra* (кора, плоди, листя) містить 42 фенольні сполуки, які належать до різних груп сполук, включно з елаготанінами, галотанінами, фенольними глікозидами, похідними гідроксибензойної та коричної кислот. За даними клінічних і фармакологічних досліджень, споживання цих сполук може знизити ризик серцево-судинних і запальних захворювань, раку, діабету, мікробної інфекції та вікових розладів (Oracz et al., 2022; Konovalova et al., 2023). Відомо, що екстракт кори *Quercus rubra* проявляє антиоксидантні, антибактеріальні властивості, інгібує α -глюкозидазу та тирозиназу завдяки наявності значної кількості дубильних речовин та інших фенольних складових, які містяться в екстрактах (Morales, 2021; Tanase et al., 2022).

Види *Quercus* характеризуються високим рівнем внутрішньовидової мінливості морфометричних параметрів листків, які можуть істотно відрізнятись в різних особин у межах однієї популяції або навіть одного дерева і залежать від сезонних та онтогенетичних змін (Jensen et al., 1993; Penas et al., 1994; Bruschi et al., 2003; González-Rodríguez and Oyama, 2005; Nikolić et al., 2005). Зокрема, показана варіабельність морфолого-анатомічних ознак будови листків *Q. robur* L. (Borazan and Babaç, 2003; Nikolić et al., 2005, 2006; Boratynski et al., 2008; Kryvoruchko and Bessonova, 2018; Martins et al., 2022) та *Q. rubra* L. (Jensen et al., 1993; Ashton and Berlyn, 1994; Nagel et al., 1998; Kryvoruchko and Bessonova, 2017, 2018) в різних умовах зростання (зволоженості, освіт-

лення, підвищеного УФ-випромінювання, впливу урботехногенних умов).

Висока фенотипічна пластичність морфометричних параметрів листків у видів *Quercus* знижує їх таксономічну цінність (Penas et al., 1994; Schicchi et al., 2001; Río et al., 2014) і перенаправляє вектор пошуку діагностичних ознак в особливостях анатомічної будови. У таксономії роду *Quercus* як діагностичні були використані різні анатомічні характеристики листкової пластинки, зокрема продихового апарату (Ashton, Berlyn, 1994; Bussotti, Grossoni, 1997; Lou, Zhou, 2001; Panahi et al., 2012); особливості відкладень епікутикулярних восків (Luo, Zhou, 2001; Scareli-Santos et al., 2007; Panahi et al., 2012). Найбільш цінними для ідентифікації не лише видів та гібридів, а й підродів, секцій *Quercus* виявилися особливості опушення листків, зокрема представленість трихом певних типів (Hardin, 1979; Penas et al., 1994; Uzunova et al., 1997, Fortini et al., 2009; Deng et al., 2014).

Екологічні умови місцезростань впливають насамперед на характеристики листкових пластинок, і саме вони обумовлюють основні риси анатомо-морфологічної будови черешків (Filartiga et al., 2022). Черешки листків як ключові органи, які забезпечують гідравлічні зв'язки між стеблом і листковою пластинкою, характеризуються внутрішньо- та міжвидовим різноманіттям розмірних, морфологічних та анатомічних характеристик, які перебувають у взаємозв'язку з анатомо-морфологічною будовою листкової пластинки, яка, зі свого боку, є проявом пристосування до конкретних умов місцезростання, передусім до температурного режиму та вологозабезпечення (Niinemets, Fleck, 2002; Poorter, Rozendaal, 2008; Fortini et al., 2015; Klepsch et al., 2016; Brocious, Hacke, 2016; Louf et al., 2018; Filartiga et al., 2022). Незважаючи на варіативність і високу пластичність ознак петіолярної анатомії навіть у межах одного таксона, такі ознаки черешка, як контур поперечного зрізу, характеристики епідерми, колінохмі, наявність клітинних включень і особливо кількість та розташування судинних пучків можуть використовуватися як таксономічно значущі для визначення окремих систематичних груп (Kocsis, Borhidi, 2003; Noraini et al., 2016; Talip et al., 2017; Ganem et al., 2019; Palacios-Rios et al., 2019; Anu ad Dan, 2020; Karaismailoğlu, 2020).

Літературні джерела, у яких аналізуються гістологічні зрізи листків різних видів *Quercus*, для цілей систематики дуже обмежені (Río et al., 2014; Shahbaz et al., 2015; Hürkul, Yayla, 2021). Дослідження петіолярної анатомії *Q. rubra* та *Q. robur* актуальне для

встановлення міжвидових анатомічних відмінностей листків; його результати можуть розширити спектр діагностичних ознак, що традиційно використовуються у фармакогностичному аналізі для встановлення ідентичності та якості сировини.

Мета дослідження – порівняння ознак петіолярної анатомії *Q. rubra* та *Q. robur*, оцінка їх діагностичної цінності й можливостей застосування під час проведення фармакогностичного аналізу різаної сировини.

Матеріали та методи дослідження. Зразки листків *Q. rubra* та *Q. robur* зібрано у вересні 2023 року на території Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка. Для дослідження анатомічної будови черешків для кожного виду випадково відбирали по 5–10 зрілих, середньостатистичних листків, нормально розвинених і неушкоджених. Листки відбирали з 3–5 дерев, переважно із сонячної сторони, на висоті 2–2,5 м. Черешки для анатомічних досліджень фіксували та зберігали у 70 %-му етиловому спирті.

Поперечні зрізи черешків виготовляли за допомогою бритви від руки. Під час фарбування зрізи черешків витримували впродовж 1 хвилини в 0,1 % (мас./об.) водному розчині сафраніну, потім промивали 70 %-м етанолом, з наступним фарбуванням 1 % (мас./об.) водним розчином Astra Blue впродовж 10 хвилин і промиванням дисцильованою водою (Kraus et al., 1998).

Зрізи досліджували за допомогою мікроскопа SUNNY XSM-20 6 500, сфотографовані цифровою камерою Sigeta MCMOS 5100 5.1 MP і опрацьовані за допомогою програмного забезпечення TourView v. 3.7.

Під час дослідження анатомічної будови черешків аналізували геометрію поперечного зрізу, ознаки епідерми (розміри клітин, товщину зовнішньої клітинної стінки разом із кутикулою); наявність трихом; ступінь розвитку коленхіми; товщину механічної обкладки, діаметр волокон і товщину їхніх клітинних стінок; характер розташування судинних пучків і наявність міжпучкових ділянок; товщину флоєми і ксилеми, у останньої діаметр судин і наявність волокон; особливості розподілу кристалічних включень у тканинах, їхній розмір та форму.

Кількісні анатомічні вимірювання для кожного виду проводили за допомогою програмного забезпечення Image J. Вибірка для анатометричних вимірювань становила не менше 25–100 значень; розраховували середнє арифметичне (M) та стандартне відхилення (\pm SD).

Використовували загальноприйняті гістохімічні реакції для виявлення: ліпофільних сполук – із суда-

ном III; фенольних сполук – із хлоридом заліза (III) 2 %; здерев'янілих структур – з 1 %-м спиртовим розчином флороглюцина з подальшою обробкою конц. HCl; крохмалю – з розчином Люголя (Kovalov et al., 2014).

Результати дослідження та їх обговорення. Статистичну оцінку ознак анатомічної будови черешків *Q. robur* та *Q. rubra* наведено в табл. 1.

У поперечному зрізі проксимальна частина (основа) черешка *Q. robur* з абаксіального боку в обрисі більш-менш округла (рис. 1: A.1), у *Q. rubra* – виразно U-подібна (рис. 1: B.1); з адаксіального боку контур черешка *Q. robur* майже плоский або з неглибокою виїмкою, у *Q. rubra* – з виразною виїмкою.

У обох видів черешки в базальній частині в тангентальному напрямку (за шириною) за розмірами подібні (*Q. robur* – $2952,51 \pm 357,6$; *Q. rubra* – $2856,14 \pm 374,55$), проте в дорзовентральному (за висотою) вони більші у *Q. rubra* ($2214,03 \pm 328,38$), ніж у *Q. robur* ($1878,30 \pm 236,5$).

Медіальна (середня) частина черешка *Q. robur* у поперечному розрізі стає більш округлою, проте залишається стиснутою в дорзовентральному напрямку; в адаксіальній частині контур у черешків *Q. robur* опуклий або прямий, також помітними стають парні ребра у вигляді невеликих округло-трикутних бічних виступів (рис. 1: A.2). Поперечні зрізи черешків *Q. rubra* в медіальній частині в обрисі округлі, без ребер (рис. 1: B.2). Середні розміри (ВхШ) поперечних зрізів черешків у медіальній частині дещо більші у *Q. rubra* ($1392,07 \pm 155,61 \times 1281,17 \pm 115,28$), ніж у *Q. robur* ($1143,02 \pm 195,39 \times 1238,28 \pm 148,87$).

Дистальна (верхня) частина черешка *Q. robur* за формою схожа на медіальну, проте менших розмірів; у *Q. rubra* її контур виразно опуклий з абаксіального боку та майже прямий з адаксіального, розвинені бічні ребра. Середні розміри (В × Ш) поперечного зрізу черешка у верхній частині дещо більші у *Q. rubra* ($1252,4 \pm 86,42 \times 1271,10 \pm 134,3$), ніж у *Q. robur* ($912,50 \pm 144,6 \times 1147,70 \pm 275,1$); в обох видів ширина дещо більша за висоту.

Епідерма черешків обох видів одношарова, складається з кубічних (у *Q. robur*) або кубічно-овальних (*Q. rubra*) клітин (рис. 2: B.1,2,5), розміри яких суттєво не відрізняються в різних частинах черешка. Ширина епідермальних клітин більша у *Q. rubra* ($13,39 \pm 4,94 - 15,09 \pm 5,03$), висота більша у *Q. robur* ($8,42 \pm 1,78 - 11,98 \pm 2,05$), шар кутикули також більше розвинений у *Q. robur* ($8,25 \pm 1,19 - 10,52 \pm 2,13$). На черешках обох видів переважно з адаксіального

Анатометричні параметри черешків *Quercus robur* та *Quercus rubra*

Параметри		Верхня частина черешка		Середня частина черешка		Нижня частина черешка	
		<i>Q. robur</i>	<i>Q. rubra</i>	<i>Q. robur</i>	<i>Q. rubra</i>	<i>Q. robur</i>	<i>Q. rubra</i>
Діаметр поперечних зрізів	висота, μm	912,50 \pm 144,6 663,51–1780,8	1252,4 \pm 86,42 1090,4–1364,5	1143,02 \pm 195,39 874,72–2187,93	1392,07 \pm 155,61 1056,21–1855,3	1878,30 \pm 236,5 975,88–2527,2	2214,03 \pm 328,38 1598,97–2626,6
	ширина, μm	1147,70 \pm 275,1 765,03–1780,3	1271,10 \pm 134,3 1088,9–1550,2	1238,28 \pm 148,87 713,82–1898,15	1281,17 \pm 115,28 997,89–1757,70	2952,51 \pm 357,6 1612,6–3785,6	2856,14 \pm 374,55 1947,32–3387,1
Клітини епідерми	ширина, μm	10,97 \pm 3,56 4,21–17,40	14,10 \pm 3,40 8,85–19,91	11,08 \pm 2,18 8,57–19,05	14,68 \pm 3,80 8,52–23,74	11,83 \pm 2,42 5,52–18,69	15,09 \pm 5,03 5,91–25,43
	висота без кутикулою, μm	10,57 \pm 1,44 7,94–14,66	7,86 \pm 0,89 6,78–9,49	10,88 \pm 1,58 8,48–14,34	8,63 \pm 1,97 5,92–13,27	11,98 \pm 2,05 8,89–15,31	9,72 \pm 2,32 5,23–14,93
Товщина зовнішньої клітинної стінки епідерми з кутикулою, μm		8,35 \pm 1,87 4,84–12,25	7,15 \pm 1,40 3,98–10,72	8,52 \pm 2,04 4,62–11,62	7,85 \pm 1,78 4,05–10,97	10,52 \pm 2,13 6,95–16,55	7,87 \pm 1,39 5,48–11,00
Товщина шару первинної кори, μm	з адаксіального боку	163,65 \pm 31,54 100,45–217,43	157,68 \pm 19,37 97,91–219,93	174,20 \pm 51,15 106,89–310,97	173,97 \pm 39,37 88,87–278,74	238,45 \pm 72,84 141,15–437,89	347,28 \pm 116,92 182,94–605,54
	з абаксіального боку	181,12 \pm 52,69 152,7–300,81	198,50 \pm 30,31 119,62–309,66	198,21 \pm 76,73 172,64–341,98	204,47 \pm 40,40 114,73–313,02	456,70 \pm 169,00 261,34–929,96	650,52 \pm 97,31 484,10–807,33
Товщина шару коленхіми кори, μm	з адаксіального боку	81,94 \pm 19,65 47,72–128,72	70,22 \pm 13,01 41,58–96,16	100,51 \pm 31,89 81,28–178,73	74,23 \pm 19,68 46,01–113,96	119,00 \pm 38,68 65,07–180,39	191,58 \pm 51,83 90,29–297,63
	з абаксіального боку	59,17 \pm 10,16 46,05–85,38	48,36 \pm 12,32 30,58–77,04	97,90 \pm 19,92 72,47–170,80	50,07 \pm 10,56 31,05–79,50	101,00 \pm 28,16 68,73–166,14	179,58 \pm 60,66 88,09–292,49
Товщина стінок клітин коленхіми, μm		2,90 \pm 0,38 1,88–6,84	2,53 \pm 0,87 1,93–6,16	3,5 \pm 0,42 2,16–6,48	3,06 \pm 0,74 1,61–4,26	3,11 \pm 1,52 1,51–8,74	2,59 \pm 1,20 1,88–7,81
Діаметр клітин коленхіми, μm	з адаксіального боку	10,47 \pm 1,82 3,02–14,11	9,12 \pm 1,80 3,27–13,96	20,95 \pm 7,47 9,80–37,17	13,94 \pm 2,90 9,29–20,63	10,31 \pm 2,36 5,33–18,38	13,03 \pm 2,65 7,13–18,83
	з абаксіального боку	16,62 \pm 4,08 8,68–24,32	13,15 \pm 3,11 7,19–22,37	26,82 \pm 7,09 13,47–45,16	22,53 \pm 5,00 12,81–32,88	18,94 \pm 4,53 8,29–29,01	19,17 \pm 5,13 7,06–31,46
Діаметр клітин паренхіми, μm	з адаксіального боку	14,21 \pm 2,24 7,67–15,63	15,23 \pm 4,54 8,07–25,40	16,27 \pm 2,17 6,18–18,57	16,28 \pm 3,54 7,32–29,47	22,36 \pm 14,13 6,21–64,43	11,30–2,47 7,22–19,93
	з абаксіального боку	25,88 \pm 5,16 14,53–48,01	30,18 \pm 9,20 17,50–61,52	30,95–9,53 12,83–61,69	31,51 \pm 9,40 10,44–65,48	34,92 \pm 10,96 17,72–64,43	41,66 \pm 11,07 17–73,71
Товщина склеренхімної обкладки, μm		48,73 \pm 11,37 30,45–56,23	79,84 \pm 16,99 48,41–115,44	56,52 \pm 23,11 32,39–112,97	98,97 \pm 19,94 39,30–122,03	131,61 \pm 38,22 47,23–202,97	133,00 \pm 32,15 78,50–219,35
Діаметр склеренхімних волокон, μm		14,71 \pm 4,40 3,56–35,28	15,22 \pm 5,43 3,94–36,62	16,80 \pm 5,23 7,13–36,90	16,50 \pm 7,60 3,70–38,97	18,38 \pm 5,15 7,06–38,70	19,31 \pm 5,52 8,64–39,91
Товщина стінок клітин склеренхімної обкладки, μm		2,91 \pm 1,47 1,05–5,99	2,97 \pm 0,82 0,98–6,63	3,57 \pm 0,57 1,71–5,74	3,58 \pm 0,79 1,84–6,55	4,12 \pm 1,17 2,01–8,66	4,87 \pm 0,78 2,30–7,45
Товщина флоєми, μm		61,05 \pm 20,35 33,21–112,93	60,75 \pm 8,92 26,39–69,09	61,96 \pm 14,71 30,46–91,40	60,07 \pm 19,42 24,56–107,86	64,31 \pm 19,04 35,04–100,38	63,20 \pm 17,35 23,00–105,23
Товщина ксилеми, μm		110,38 \pm 16,69 62,04–175,86	125,26 \pm 30,77 63,23–219,57	124,38 \pm 28,02 71,11–201,42	126,09 \pm 30,24 75,21–205,15	144,85 \pm 51,83 85,69–262,03	181,29 \pm 45,31 94,21–276,92
Діаметр судин, μm		23,28 \pm 5,38 11,07–35,11	29,53 \pm 9,66 12,94–50,58	24,55 \pm 6,58 7,54–36,22	31,72 \pm 7,61 17,55–56,23	23,97 \pm 6,34 11,10–32,64	24,89 \pm 5,08 13,22–36,54
Діаметр паренхімних клітин серцевини, μm		16,02 \pm 6,46 5,42–33,07	19,44 \pm 5,27 8,38–30,27	17,27 \pm 6,44 5,10–45,89	20,12 \pm 7,79 8,79–46,78	22,88 \pm 9,25 9,05–55,66	23,06 \pm 4,94 10,64–57,96
Діаметр кристалів у паренхіми первинної кори, μm		21,08 \pm 4,44 12,88–30,75	23,38 \pm 5,84 10,98–39,23	26,48 \pm 7,97 9,49–45,94	28,58 \pm 8,11 10,11–46,63	25,70 \pm 4,03 17,55–35,32	27,42 \pm 5,17 18,73–39,453
Діаметр кристалів у серцевині, μm		17,75 \pm 5,96 8,68–30,00	15,94 \pm 4,39 6,33–25,89	15,33 \pm 3,24 10,38–27,37	17,28 \pm 4,14 7,77–36,83	19,44 \pm 5,27 10,74–39,85	25,37 \pm 5,64 13,86–40,18

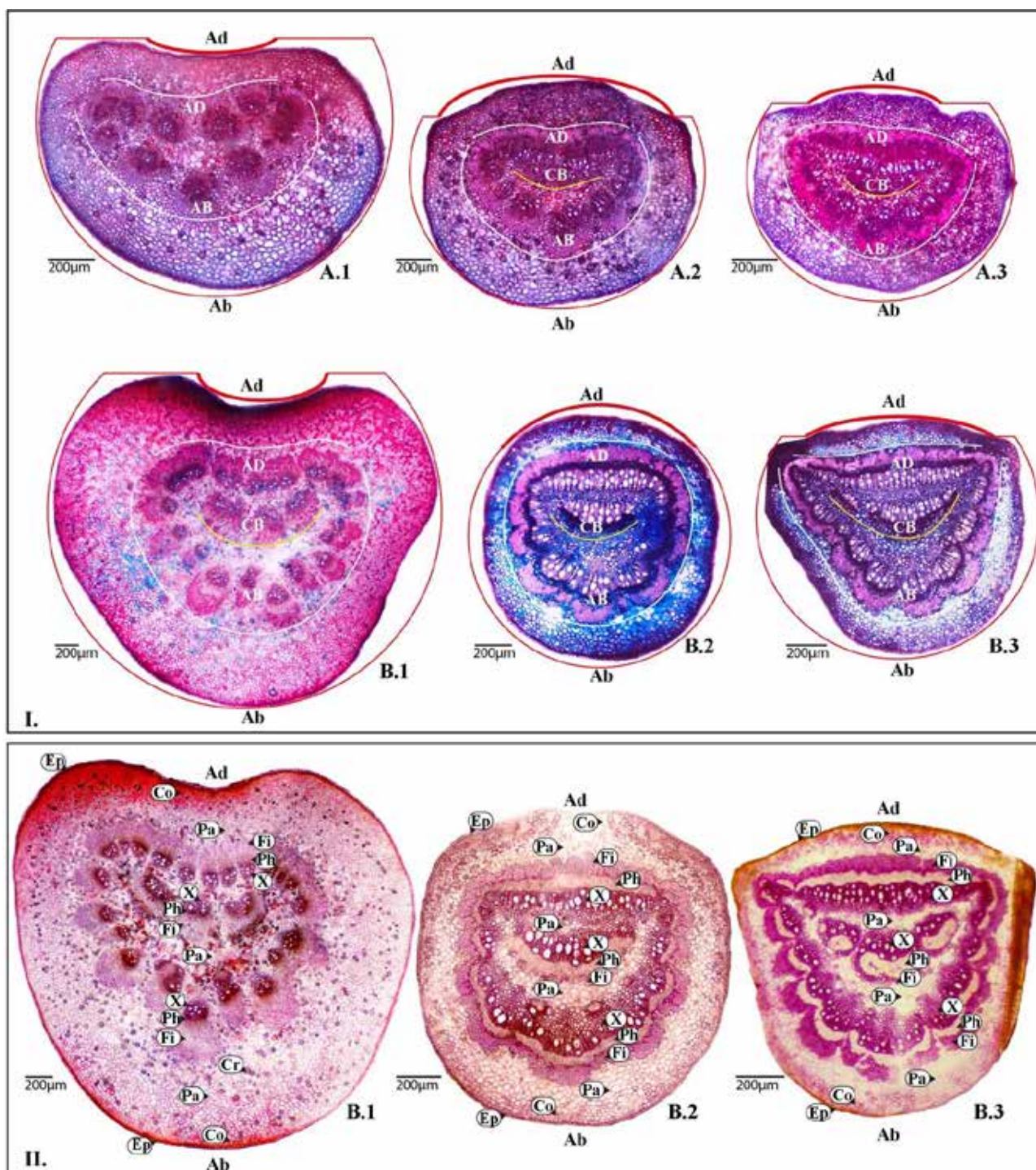


Рис. 1. Поперечний розріз черешка А. – *Quercus robur*, В. – *Quercus rubra*:

1 – проксимальна; 2 – медіальна; 3 – дистальна частини.

I – фарбування сафраніном/Astra Blue, II – фарбування флороглюцинол/НСІ.

Ad – адаксіальний бік, Ab – абаксіальний бік.

Ep – епідерма, Co – коленхіма, Pa – паренхіма, Fi – обкладка волокон склеренхіми, Ph – флоєма, X – ксилема, Cr – кристал оксалату кальцію.

Контур черешка на поперечному розрізі (червона лінія).

Первинна провідна тканина (біла лінія): AD – адаксіальний блок; AB – абаксіальний блок.

Вторинна провідна тканина (жовта лінія): CB – центральний блок.

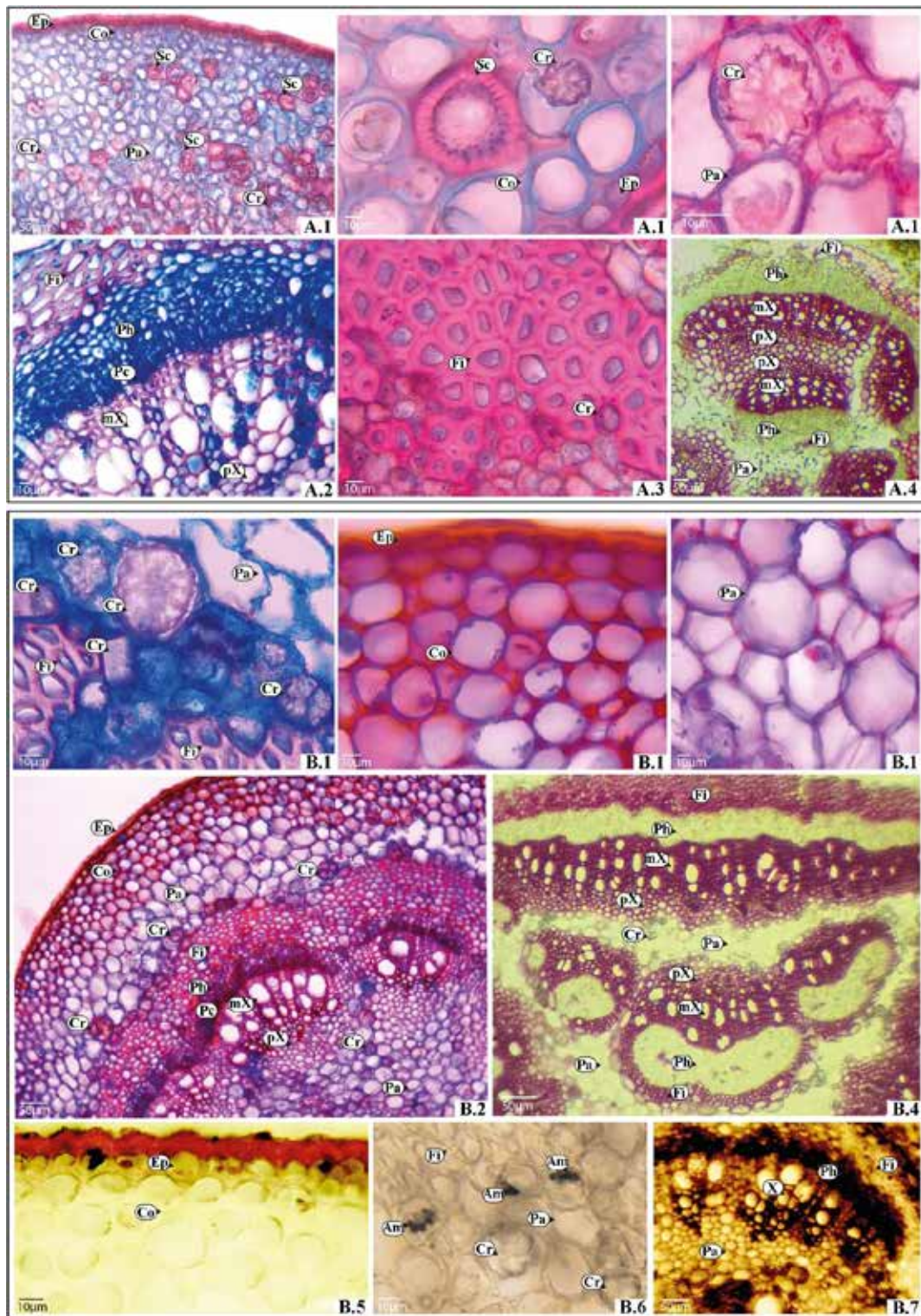


Рис. 2. Анатомічна будова черешка листка в медіальній частині А. – *Quercus robur*, В. – *Quercus rubra*:

1 – первинна кора; 2 – первинна провідна тканина (абаксіальний блок); 3 – волокна склеренхіми; 4 – первинна провідна тканина (адаксіальний блок) і вторинна провідна тканина (центральный блок); 5 – помаранчево-червоне забарвлення кутикули в реакції із суданом III; 6 – темно-синє забарвлення амілопластів у реакції з розчином Льюголя; 7 суданом III – чорне забарвлення фенольних сполук паренхіми ксилеми та флоєми в реакції з ферум хлоридом (III).

Sc – склерейди; mX – метаксилема; pX – протоксилема; Pc – прокамбій; Am – амілопласт.

Інші підписи такі самі, як на рис. 1.

боку у верхній поверхневій борозенці спостерігаються одиночні та пучкові трихоми.

Під епідермою є первинна кора, товщина якої у дистальній частині черешка обох видів дещо зменшується порівняно з медіальною та проксимальною, проте залишається більше розвиненою з абаксіального боку (рис. 1: А.1–3, В.1–3). У медіальній і дистальній частинах черешка шар первинної кори з адаксіального боку більше розвинений у *Q. robur*; з абаксіального боку він майже однаковий в обох видів. Проксимальний зріз черешка *Q. rubra* має більший діаметр і відповідно більшу товщину кори, особливо з абаксіального боку ($650,52 \pm 97,31$) (у *Q. robur* – $456,70 \pm 169,00$).

Зовнішній шар кори представлений коленхімою переважно з округлими, округло-овальними чи квадратними клітинами (рис. 2: В.1). Коленхіма може містити від 5 до 12 рядів клітин у *Q. rubra* та від 4 до 10 рядів у *Q. robur*; найбільшої товщини в обох видів вона досягає в ребрах та з адаксіального боку. У обох видів розміри клітин коленхіми в черешках більші з абаксіального боку.

У медіальній і дистальній частинах черешків *Q. robur*, особливо з адаксіального боку, товщина шару коленхіми, розміри клітин і товщина їхніх оболонок більші, ніж у *Q. rubra* (рис. 1: А.2,3, В. 2,3); у проксимальній частині більш розвинену коленхіму мають черешки *Q. rubra* (рис. 1: А.1, В.1), що, ймовірно, пов'язано з їхнім більшими лінійними розмірами.

Запасаюча паренхіма первинної кори розташована між коленхімою та механічною обкладкою провідної системи (рис. 1: А.1–3, В.1–3; рис. 2: А.1, В.1). Кількість шарів клітин паренхіми кори зменшується в обох видів у дистальній (з адаксіального *Q. rubra* – 8–10, у *Q. robur* – 12–15; з абаксіального у *Q. rubra* – 9–14, у *Q. robur* – 7–10) частині черешків порівняно з проксимальною (з адаксіального *Q. rubra* – 20–25, у *Q. robur* – 13–20; з абаксіального у *Q. rubra* – 23–30, у *Q. robur* – 15–20). В обох видів кількість шарів паренхіми кори більша з абаксіального боку. Найбільшу кількість шарів паренхіми кори має в проксимальній частині черешків *Q. rubra*. У медіальних і дистальних частинах з адаксіального боку більше шарів клітин паренхіми у *Q. robur*; з абаксіального – у *Q. rubra*.

У черешках обох видів клітини паренхіми первинної кори зменшуються від основи до верхівки несуттєво і мають менші розміри з адаксіального боку; у *Q. rubra* в медіальному та дистальному зрізах розміри паренхімних клітин, особливо з абаксіального боку, виявилися більшими, ніж у *Q. robur*;

у проксимальних зрізах черешків *Q. rubra* з адаксіального боку клітини паренхіми найдрібніші.

Клітини паренхіми первинної кори округлої, овальної або неправильної форми, найбільші з них ($41,66 \pm 11,07$ – у *Q. rubra* та $34,92 \pm 10,96$ – у *Q. robur*) зосереджені в основі черешків з абаксіального боку, поблизу обкладки механічної тканини (рис. 2: А.1, В.1).

У первинній корі *Q. robur* в усіх частинах черешка, особливо у проксимальному та медіальному, відмічені склереїди (рис. 2: А.1).

У тканинах первинної кори візуалізуються розсіяні друзи та рідше призматичні кристали оксалату кальцію, найбільшої концентрації вони досягають у внутрішніх шарах кори, створюючи кристалонесну обкладку навколо кільця механічних тканин, що оточує судинну систему (рис. 2: А.1, В.1). В обох видів кристали зустрічаються в усіх частинах черешка, проте найбільша їх кількість зосереджена в його основі. У поперечних розрізах черешків кристалічні включення в більшій кількості локалізуються в абаксіальній корі, тут вони досягають найбільших розмірів. Паренхімні тканини черешків *Q. rubra* відрізняються більшою насиченістю кристалічними включеннями та їхніми більшими розмірами, особливо в медіальній частині черешків (у *Q. rubra* – $28,58 \pm 8,11$; у *Q. robur* – $26,48 \pm 7,97$).

У будові провідної системи виділяються три блоки. Адаксіальний і абаксіальний блоки складаються з первинних провідних тканин; центральний – із вторинних (рис. 1: А.1–3, В.1–3; рис. 2: А.4, В.4). Провідна система відділена від паренхіми кори обкладкою механічних тканин (рис. 2: В.2).

Пучки в адаксіальному блоці розміщені лінійно, уздовж адаксіальної поверхні черешка; складаються із шарів флоєми (примикає до кільця склеренхіми), усередині розташований прокамбій, далі – первинна ксилема, яка має диференційовану метаксилему та протоксилему (рис. 2: А.4, В.4). Центральний (рис. 2: А.4, В.4) та абаксіальний (рис. 2: А.2, В.2) блоки провідних тканин складаються з протоксилеми, диференційованої метаксилеми, камбіальних / прокамбіальних клітин і флоєми. Абаксіальний блок провідних тканин дугоподібно вигнутий і відділений від центрального 5–8 шарами запасаючої паренхіми з кристалічними включеннями. Між адаксіальним і центральним блоками провідних тканин у *Q. rubra* розташовані 3–5 шари запасаючої паренхіми; у *Q. robur* ксилеми центрального й адаксіального блоків контактують (рис. 2: А.4, В.4).

Будова провідної системи черешка *Q. rubra* та *Q. robur* відрізняється в зрізах проксимальної,

медіальної та дистальної частин (рис. 1: А.1–3, В.1–3). Однією з відмінних рис поперечного зрізу основи черешка є відсутність центрального блоку вторинних судинних пучків у *Q. robur* (рис. 1: А.1). Також у базальних частинах черешків обох видів первинні судинні пучки в адаксіальному та особливо в абаксіальному блоках не зливаються, а відокремлені ділянками паренхімної тканини (рис. 1: А.1, В.1). Центральний блок вторинних судинних пучків у *Q. rubra* в зрізах основи черешка складається переважно з трьох відокремлених пучків, у яких ксилема орієнтована до кори, а флоема – до серцевини (рис. 1: В.1). Анатомічні зрізи основ черешків *Q. rubra* та *Q. robur* добре відрізняються за кількістю судинних пучків, яких більше у *Q. rubra* (в адаксіальному й абаксіальному блоках по 10–13); у *Q. robur* – в обох блоках по 6–8 пучків. Судинні пучки абаксіального блоку обох видів мають напівкільцеве розміщення, адаксіального – лінійне (рис. 1: А.1, В.1). Пучки обох блоків мають однотипну будову, а саме оточені склеренхімою, містять флоему орієнтовану до кори та ксилему, орієнтовану до серцевини; прокамбіальний шар розташований між ксилемою та флоемою (рис. 1: А.1, В.1). Пучки провідних тканин в основі черешка розділені паренхімної тканиною з великим вмістом кристалічних включень, особливо у *Q. rubra*.

Слід відмітити, що зрізи проксимальної частини черешків обох видів можуть сильно варіювати за розмірами поперечних зрізів, ступенем розвитку паренхіми в корі, розмірними показниками основних, провідних і механічних тканин. Провідна система *Q. rubra* може не містити центрального провідного блоку й бути подібною до провідної системи *Q. robur*. Стабільними діагностичними ознаками проксимальної частини черешків *Q. rubra* залишаються U-подібна форма контуру та більша кількість провідних пучків в абаксіальному й адаксіальному блоках провідних тканин.

Будова провідної системи черешків у медіальній частині відрізняється у *Q. rubra* за повним злиттям судинних пучків в адаксіальному й абаксіальному блоках і повним або частковим – у центральному (рис. 1: В.2; рис. 2: В.4); у *Q. robur* – пучки в адаксіальному й абаксіальному блоках зливаються повністю або частково, візуалізується центральний блок вторинних провідних пучків, або він може бути відсутнім (рис. 1: А.2). Ксилема центрального блоку провідних пучків *Q. rubra* чітко відокремлена паренхімною тканиною від ксилеми адаксіального блоку, у *Q. robur* ксилеми центрального й адаксіального блоків контактують (рис. 2: А.4, В.4). Анатомічна

будова медіального зрізу черешка *Q. rubra* подібна до будови середньої жилки.

У дистальній частині поперечні зрізи черешків обох видів подібні між собою і подібні до будови середніх жилок (рис. 1: А.3, В.3). Адаксіальний блок провідних тканин має лінійне або майже лінійне розташування, а не виразно опукле, як у середніх жилках. Судинні пучки в адаксіальному й абаксіальному блоках злиті. Центральний блок провідної тканини більше розвинений у черешках *Q. rubra*, відокремлений від адаксіального блоку паренхімною тканиною. У верхніх зрізах черешків *Q. robur* центральний блок представлений частіше одним пучком, рідше – кількома злитими пучками; його ксилема контактує з ксилемою адаксіального блоку.

Обкладка склеренхімних волокон навколо провідної системи найбільше розвинена в черешках *Q. rubra*; в обох видів її товщина зменшується від проксимальної частини черешка до дистальної (у *Q. rubra* від $133,00 \pm 32,15$ до $79,84 \pm 16,99$; у *Q. robur* від $131,61 \pm 38,22$ до $48,73 \pm 11,37$).

Обкладка склеренхіми складається з 6–10 (у *Q. rubra*) або 5–8 (*Q. robur*) щільних шарів волокон, які в поперечному розрізі округлої, овальної, трикутної, ромбічної або неправильної форми (рис. 2: А.2,3, В.1,2). На поперечних зрізах товщина кільця механічних тканин із різних боків у *Q. rubra* майже однакова; у *Q. robur* воно переважно товще з абаксіального боку. Волокна обох видів мають більші розміри в основі черешка і майже не відрізняються за діаметром (у *Q. rubra* – $19,31 \pm 5,52$; у *Q. robur* – $18,38 \pm 5,15$) та товщиною стінок (у *Q. rubra* – $4,87 \pm 0,78$; у *Q. robur* – $4,12 \pm 1,17$). В обох видів у склеренхімній обкладці зустрічаються кристалічні включення.

Середня товщина флоемних шарів у досліджуваних видів суттєво не відрізняється в різних частинах анатомічних зрізів черешків. У *Q. rubra* кільце флоемної тканини на поперечних зрізах більш-менш однакової товщини, у *Q. robur* – більш тонке з адаксіального боку. Елементи флоеми з тонкими стінками; за формою від округлих, овальних, трикутних, ромбічних до неправильних (рис. 2: А.2, В.2).

Судини ксилеми в різних частинах черешків в обох видів мають радіальне розташування, вони оточені волокнами лібриформу та клітинами променевої паренхіми (рис. 2: А.2,4, В.2,4). Найбільшої товщини мають судинні пучки в абаксіальному блоці провідних тканин. Середня товщина ксилеми в черешках в обох видів зменшується від основи до верхівки; на всіх рівнях вона досягає більших значень у *Q. rubra*. Діаметр судин також більший у *Q. rubra*.

Серцевина більше розвинена в черешках *Q. rubra*. Паренхімні клітини серцевини тонкостінні, округлої або неправильної форми (рис. 2: В.2). Розміри клітин серцевини в черешках обох видів більші в їхніх основах і не суттєво зменшуються до дистального кінця. В усіх частинах черешків паренхімні клітини серцевини більшого розміру у *Q. rubra*; найбільші клітини відмічаються в серцевині основи ($23,06 \pm 4,94$ – у *Q. rubra*; $22,88 \pm 9,25$ – у *Q. robur*). В обох видів кристали серцевини менші порівняно з корою. Найбільшою кількістю кристалів та їхніми найбільшими розмірами відзначаються основи черешків *Q. rubra* ($25,37 \pm 5,64$) порівняно з *Q. robur* ($19,44 \pm 5,27$).

У гістохімічній реакції з флороглюцином / НСІ у всіх поперечних зрізах черешків обох видів малиново-червоного забарвлення набули коленхіма первинної кори, склеренхіма та ксилема (рис. 1: П, рис. 2: А.4, В.4). Кутикули епідерми у всіх поперечних зрізах черешків обох видів у гістохімічній реакції із суданом III набули помаранчево-червоного забарвлення (рис. 2: В.5). За гістохімічною реакцією із хлоридом заліза (III) встановлено найбільшу концентрацію фенольних сполук у паренхімі ксилеми та флоєми черешка (рис. 2: В.7). Амлопласти виявлені за реакцією з розчином Люголя в паренхімі первинної кори, особливо у внутрішніх шарах, що прилягають до обкладки механічних тканин (рис. 2: В.6), клітинах паренхіми серцевини та серцевинних променів.

Висновки. За результатами дослідження анатомічних зрізів черешків *Q. rubra* та *Q. robur* у дистальній, медіальній і проксимальній частинах встановлені діагностично значимі ознаки, які можна використовувати для ідентифікації видів. Черешки *Q. rubra* у проксимальній частині суттєво відрізняються U-подібним контуром поперечного зрізу та виразною виїмкою з адаксіального боку; більшою кількістю судинних пучків в адаксіальному й абаксіальному блоках провідних тканин; наявністю центрального блоку вторинних судинних пучків. Відмінностями медіальної частини черешків *Q. rubra* є повне злиття судинних пучків в адаксіальному й абаксіальному блоках, чітке відокремлення паренхімною тканиною добре розвинутої ксилеми центрального блоку від ксилеми адаксіального блоку. У дистальній частині черешки обох видів набувають подібного плану будови, проте можуть відрізнятися ступенем злиття судинних пучків в усіх блоках і ступенем розвитку центрального блоку провідних тканин. Черешки *Q. rubra* відрізняються

більшою кількістю кристалічних включень. Для черешків *Q. rubra* характерні друзи та призматичні кристали; у *Q. robur* – більш поширеними є друзи, призматичні кристали трапляються рідко.

Більшість розмірних показників анатомічної будови листків виявилися в обох видів досить варіативними, що знижує їх діагностичну цінність. Більш-менш стабільними є контури черешків, співвідношення в розвитку основних, механічних і провідних тканин. Також відмічена більша варіативність будови провідної системи проксимальної та дистальної частин черешків і більша стабільність її будови в медіальній частині. До того ж у проксимальній і дистальній частинах загальний план будови черешків *Q. rubra* та *Q. robur* виявився найбільш подібним, а найкраще видові відмінності проявилися саме в будові медіальної частини. Чіткі видові відмінності будови медіальної частини черешків *Q. rubra* та *Q. robur* можуть бути використані як діагностичні під час проведення фармакогностичного аналізу для встановлення ідентичності зрваної сировини.

Характерні для листків *Q. rubra* округлі контури черешків, більша частка склеренхіми, більший розвиток ксилеми та діаметр судин розглядаються як специфічні адаптації довгочерешкових листків із великою листковою пластинкою до кращого забезпечення механічної підтримки та водопостачання (Filartiga et al., 2022). Дрібніші листки та короткі черешки *Q. robur* мають менш розвинену склеренхімну обкладку та менші діаметр судин і товщину ксилеми. З іншого боку, в анатомічній будові черешків *Q. robur* більше проявляється пристосованість до умов місцезростань з обмеженими водними ресурсами, тобто ознаки ксероморфності, зокрема більша товщина епідерми, кутикули, коленхіми, розвиток опущення.

За гістохімічними реакціями в черешках обох видів підтверджено наявність воскоподібних речовин, лігніфікованих тканин, танінів і крохмалю.

Таким чином, аналіз ознак петіолярної анатомії у фармакогностичних дослідженнях може стати зручним інструментом для визначення тотожності видів і стандартизації лікарської рослинної сировини, а також буде інформативним для таксономії роду та для з'ясування анатомічних адаптацій листків.

ЛІТЕРАТУРА

- Anu, S., Dan, M. (2020). Taxonomic significance on comparative petiole anatomy of twelve species of *Curcuma* L. (Zingiberaceae) from South India. *Plant Arch.*, 20, 35–41.
- Ashton, P.M.S., Berlyn, G.P. (1994). A comparison of leaf physiology and anatomy of *Quercus* (section Erythrobalanus – Fagaceae) species in different light environments. *American Journal of Botany*, 81 (5), 589–597.
- Bhatia, N., Friedman, A., Del Rosso, J. (2019). Applications of topical oak bark extract in dermatology: clinical examples and discussion. *J Drugs Dermatol*, 18 (2), 203–206.
- Boratynski, A., Marcysiak, K., Lewandowska, A., Jasinska, A., Iszkulo, G., Burczyk J. (2008). Differences in leaf morphology between *Quercus petraea* and *Q. robur* adult and young individuals. *Silva Fennica*, 42 (1), 115–124.
- Borazan, A., Babaç, M.T. (2003). Morphometry leaf variation in oaks (*Quercus*) of Bolu, Turkey. *Ann. Bot. Fennici* 40, 233–242.
- Brocius, C.A., Hacke, U.G. (2016). Stomatal conductance scales with petiole xylem traits in *Populus* genotypes. *Funct. Plant Biol.*, 43, 553–562.
- Bruschi, P., Grossoni, P., Bussotti F. (2003). Within- and among tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. natural populations. *Trees*, 17, 164–172.
- Burkardt, K., Pettenkofer, T., Ammer, C. et al. (2022). Correction to: Influence of heterozygosity and competition on morphological tree characteristics of *Quercus rubra* L.: a new single-tree based approach. *New Forests* 53, 587–588. DOI: 10.1007/s11056-021-09866-x.
- Burlacu, E., Nisca, A. Tanase, C. (2020). A Comprehensive Review of Phytochemistry and Biological Activities of *Quercus* Species. *Forests*, 11 (9), 904. DOI: 10.3390/f11090904.
- Bursal, E., Boğa, R. (2018). Polyphenols analysed by UHPLC-ESI-MS/MS and antioxidant activities of molasses, acorn and leaves of oak (*Quercus robur* subsp. *pedunculiflora*). *Progr Nutr* 20 (Suppl), 167–175.
- Bussotti, F., Grossoni, P. (1997). European and Mediterranean oaks (*Quercus* L.; Fagaceae): SEM characterization of the micro-morphology of the abaxial leaf surface. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 124, 183–199.
- Deng, M., Hipp, A., Song, Yi-G., Li, Q.-Sh., Coombes, A., Cotton, A. (2014). Leaf epidermal features of *Quercus* subgenus Cyclobalanopsis (Fagaceae) and their systematic significance. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 176 (2), 224–259. DOI: 10.1111/boj.12207.
- Faghir, M.B., Mehrmanesh, A., Attar, F. (2016). Leaf and petiole anatomical characters of the genus *Alchemilla* (Rosaceae) in Iran and their use in numerical analysis. *J. Taxonomy and Biosystematics*, 8 (28), 1–20.
- Ferianac, V., Fülöp, M., Ježovičová, M., Radošinská, J., Husseinová, M., Feriancová, M., Radošinská, D., Barančík, M., Muchová, J., Högger, P., Ďuračková, Z. (2020). The Oak-wood extract robuvit improves recovery and oxidative stress after hysterectomy: a randomized, double-blind. *Placebo-controlled pilot study. Nutrients* 12 (4), 913.
- Fortini, P., Viscosi, V., Maiuro, L., Fineschi, S., Vendramin, G.G. (2009). Comparative leaf surface morphology and molecular data of five oaks of the subgenus *Quercus* Oerst (Fagaceae). *Plant Biosystems Comparative leaf surface morphology and molecular data of five oaks of the subgenus Quercus Oerst. International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 143 (3), 543–554. DOI: 10.1080/11263500902722980.
- Ganem, M.A., Luna, M.L., Ahumada, O., Giudice, G.E. (2019). Estudio morfo-anatómico comparado en peciolas de las especies de *Asplenium* (Aspleniaceae) de Argentina. *B. Soc. Argent. Bot.*, 54, 191–201. DOI: 10.31055/1851.2372.v54.n2.24364.
- González-Rodríguez, A. (2005). Leaf morphometric variation in *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two hybridizing Mexican red oaks. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 147 (4), 427–435.
- Hardin, J.W. (1979). Patterns of variation in foliar trichome of eastern North American *Quercus*. *Amer. J. Bot.*, 66 (5), 576–585.
- Hürkul, M.M., Yayla, Ş. (2021). Leaf anatomy of *Quercus macranthera* subsp. *sypsiensis* (K. Koch) Menitsky. *Biological Diversity and Conservation*, 14 (3), 405–410.
- Jensen, R.J., Hokanson, S.C., Isebrands, J.C., Hancock, J.F. (1993). Morphometric variation in oaks of the Apostle Islands in Wisconsin: evidence of hybridization between *Quercus rubra* and *Q. ellipsoides* (Fagaceae). *American Journal of Botany*, 80, 1358–1366.
- Karaismailoğlu, M.C. (2020). Petiole Anatomy of 21 Representatives of Tribe *Alyseae* (Brassicaceae) from Turkey. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 23, 1535–1544. DOI: 10.18016/ksutarimdogava.vi.722766.
- Klepsch, M., Lange, A., Angeles, G., Mehlreiter, K., Jansen S. (2016). The hydraulic architecture of petioles and leaves in tropical fern species under different levels of canopy openness. *Int. J. Plant Sci.*, 177, 209–216.
- Kocsis, M., Borhidi, A. (2003). Petiole anatomy of some Rubiaceae genera. *Acta Bot. Hung.*, 45, 345–353.
- Konovalova, O., Omelkovets, T., Sydora, N., Hurtovenko, I., Kalista, M., Shcherbakova, O. (2023). Investigation of the polyphenol composition of red oak (*Quercus rubra* L.) raw materials. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 2 (42), 75–81. DOI: 10.15587/2519-4852.2023.277969.
- Kovalev, V.M., Marchyshyn, S.M., Hvorost, O.P., Isakova T.I. (2014). Workshop on the identification of medicinal plant raw materials: teaching manual. Ternopil, TDMU, 26–27 (in Ukrainian).
- Kraus, J.E., de Sousa, H.C., Rezende, M.H., Castro, N.M., Vecchi, C., Luque, R. (1998). Astra blue and basic fuchsin double staining of plant materials. *Biotechnic & Histochemistry*, 73 (5), 235–243. DOI: 10.3109/10520299809141117.
- 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. DOI: 10.15421/2017_188 (in Ukrainian).
- Kryvoruchko, A., Bessonova, V. (2017). Indicators of the anatomical structure of red oak leaves (*Quercus rubra* L.) in urbotecnogenic conditions. *Bulletin of Lviv University. Biological series*, 76, 29–37 (in Ukrainian).
- Lee, J.-H., Kwon, O.-W., Jang, T.-S., Roh, H.-S., Hong, S.-P. (2010). The petiole anatomy of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae) in Korea. *Korean J. Plant Taxonomy*, 40 (1), 16–26.

- Lichota, A. Gwozdziński, K. (2018). Anticancer Activity of Natural Compounds from Plant and Marine Environment. *Int. J. Mol. Sci.*, 19 (11), 3533. DOI: 10.3390/ijms19113533.
- Likhanov, A.F., Sereda, O.V., Gryb, V.M., Melnyk, V.I., Osadchuk, L.S., Yuskevych T. (2019). Biochemical markers of vital biodestruction in common oak (*Quercus robur*). *Biosystems Diversity*, 27 (4), 314–321. DOI: 10.15421/011941.
- Louf, J., Nelson, L., Kang, H., Song, P.N., Zehnbauser, T., Jung, S. (2018). How wind drives the correlation between leaf shape and mechanical properties. *Sci. Rep-UK*, 8, 16314. DOI: 10.1038/s41598-018-34588-0.
- Luo, Y. and Zhou, Z.K. (2001). Cuticle of *Quercus* Sugen. *Cyclobalanopsis* (Oerst.) chneid. (Fagaceae). *Acta Phytophysiologica Sinica*, 39, 489–501.
- Martins, J.P.R., Wawrzyniak, M.K., Ley-López, J.M., Kalemba, E.M., Mendes, M.M., Chmielarz, P. (2022). 6-Benzylaminopurine and kinetin modulations during in vitro propagation of *Quercus robur* (L.): an assessment of anatomical, biochemical, and physiological profiling of shoots June 2022. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 151 (1), 1–16. DOI: 10.1007/s11240-022-02339-9.
- Morales, D. (2021). Oak trees (*Quercus* spp.) as a source of extracts with biological activities: A narrative review. *Trends Food Sci. Technol.* 109, 116–125. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.01.029. 9.
- Nagel, L.M., Bassmanb, J.H., Edwards, G.E., Robberecht, R., Franceschi, V.R. (1998). Leaf anatomical changes in *Populus trichocarpa*, *Quercus rubra*, *Pseudotsuga menziesii* and *Pinus ponderosa* exposed to enhanced ultraviolet-B radiation. *Physiologia Plantarum*, 104, 385–396.
- Niinemets, U., Fleck, S. (2002). Petiole mechanics, leaf inclination, morphology, and investment in support in relation to light availability in the canopy of *Liriodendron tulipifera*. *Oecologia*, 132, 21–33.
- Nikolić, N., Merkulov, L.J., Pajević, S. and Krstić, B. (2005). Variability of Leaf Anatomical Characteristics in Pedunculate Oak Genotypes (*Quercus robur* L.). Proceedings of the Balkan Scientific Conference of Biology, Plovdiv, 240–247.
- Nikolić, N.P., Krstić, B.D., Pajević, S.P., Orlović, S.S. (2006). Variability of leaf characteristics in different pedunculate oak genotypes (*Quercus robur* L.) *Proc. Nat. Sci. Matica Srpska Novi Sad*, 110, 95–105, DOI: 10.2298/ZMSPN0611095N.
- Noraini, T., Ruzi, A.R., Ismail, B.S., Hani, B.U., Salwa, S., Azeyanty, J.A. (2016). Petiole vascular bundles and its taxonomic value in the tribe Dipterocarpeae (Dipterocarpaceae). *Sains Malays.*, 45, 247–253.
- Oracz, J., Prejzner, M., Grzelczyk, J., Kowalska G. And Zyżelewicz D. (2023). Bioactive compounds, antioxidant activity and sensory properties of Northern Red Oak (*Quercus rubra* L., syn. *Q. borealis* F. Michx) seeds affected by roasting conditions. *Molecules*, 28 (5), 2299; DOI: 10.3390/molecules28052299.
- Oracz, J., Zyżelewicz, D., Pacholczyk-Sienicka, B. (2022). UHPLC-DAD-ESI-HRMS/MS profile of phenolic compounds in northern red oak (*Quercus rubra* L., syn. *Q. borealis* F. Michx) seeds and its transformation during thermal processing. *Industrial Crops and Products*, 189 (4). DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.115860.
- Palacios-Rios, M., Galán, J.M.G., Prada, C., Rico-Gray, V., 2019. Structure of the petioles and costae of Mexican and Central American species of Pteris (Polypodiopsida, Pteridaceae). *Phytotaxa*, 401, 101–116. DOI: 10.11646/phytotaxa.401.2.2.
- Panahi, P., Jamzad, Z., Pourmajidian, M.R., Fallah, A., Pourhashemi, M. (2012). Foliar epidermis morphology in *Quercus* (subgenus *Quercus*, section *Quercus*) in Iran *Acta Bot. Croat.*, 71 (1), 95–113. DOI: 10.2478/v10184-010-0029-y.
- Penas A., Llamas F., Pérez Morales C., Acedo C. (1994). Aportaciones al conocimiento del género *Quercus* en la Cordillera Cantábrica. I. Tricomias foliares de las especies caducifolias. *Lagascalia*, 17 (2), 311–324.
- Poorter, L., Rozendaal, D.M.A. (2008). Leaf size and leaf display of thirty-eight tropical tree species. *Oecologia*, 158, 35–46.
- Río, S., Álvarez, R., Candelas, A., González-Sierra, S., Herrero, L., and Penas, A. (2014). Preliminary study on taxonomic review using histological sections of some Iberian species from the genus *Quercus* L. (Fagaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2773–2784. DOI: 10.4236/ajps.2014.518294.
- Río, S., Álvarez, R., Candelas, A., González-Sierra, S., Herrero, L., Penas, A. (2014). Preliminary Study on Taxonomic Review Using Histological Sections of Some Iberian Species from the Genus *Quercus* L. (Fagaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2773–2784. DOI: 10.4236/ajps.2014.518294.
- Russell, T., Cutler, C., Walters, M. (2020). The World Encyclopedia of Trees: A Reference and Identification Guide to 1300 of the World's Most Significant Trees Lorenz Books.
- Scareli-Santos, C., Herrera-Arroyo, M.L., Sanchez-Mondragon, M.L., Gonzalez-Rodriguez, A., Bacon, J. and Oyama, K. (2007). Comparative Analysis of Micromorphological Characters in Two Distantly Related Mexican Oaks, *Quercus konzattii* and *Q. eduardii* (Fagaceae) and Their Hybrids. *Brittonia*, 59, 37–48. DOI: 10.1663/0007-196.
- Schicchi, R., Mazzola, P. and Raimondo, F.M. (2001). Eco-Morphologic and Taxonomic Studies of *Quercus* Hybrids (Fagaceae) in Sicily. *Boccone*, 13, 485–490.
- Shahbaz S.E., Abdulrahman S.S., Abdulrahman H.A. (2015). Use of leaf anatomy for identification of *Quercus* L. species native to Kurdistan-Iraq. *Science J Univ Zakho*, 3, 222–232.
- State Pharmacopoeia of Ukraine. (2014) 2nd edition V. 3. Kharkiv State enterprise “Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products”, 300 (in Ukrainian).
- Stuessy, T.F., Mayer, V., Hörandl, E., Ruggell, A.R.G., Gantner Verlag, K.-G. (eds.) (2003). Deep morphology: Toward a renaissance of morphology in plant systematics. (Regnum Vegetabile, vol. 141), ix + 326 pp.
- Talip, N., Cutler, D.F., Ahmad Puad, A.S., Ismail, B.S., Ruzi, A.R., Ahmad Juhari, A.A. (2017). Diagnostic and systematic significance of petiole anatomy in the identification of Hopea species (Dipterocarpaceae). *S. Afr. J. Bot.* 111, 111–125. DOI: 10.1016/j.sajb.2017.03.008.
- Tanase, C., Nicolescu, A., Nisca, A., Ștefănescu, R., Babotă, M., Mare, A.D., Ciurea C.N., Man A. (2022). Biological activity of bark extracts from Northern red oak (*Quercus rubra* L.): An Antioxidant, Antimicrobial and Enzymatic Inhibitory Evaluation. *Plants* 11 (18), 2357. DOI: 10.3390/plants11182357.

Uzunova, K., Palamarev, E. (1993). An Investigation of the Leaf Epidermis of the European (Non-Balkan) Species of the Genus *Quercus*. *Fitologia*, 45, 3–15.

Zamani, A., Attar, F., Ghahreman, A., Maroofi, H. (2008). Anatomical studies of the genus *Pyrus* L. (Rosaceae) in Iran and its taxonomical implications. *Iran. J. Bot.* 14 (2), 132–142.

Стаття надійшла до редакції 02.11.2023

Стаття прийнята до друку 14.12.2023

Конфлікт інтересів: відсутній.

Внесок авторів:

Коновалова О. Ю. – дизайн дослідження, резюме, коректування статті;

Щербакова О. Ф. – ідея, збір та аналіз літератури, висновки, участь у написанні статті;

Омельковець Т. С. – збір та аналіз літератури, анотації, участь у написанні статті;

Каліста М. С. – участь у написанні та переклад статті;

Гуртовенко І. О. – участь у написанні статті;

Сидора Н. В. – участь у написанні статті;

Новосад К. В. – участь у написанні статті.

Електронна адреса для листування з авторами:

t.omelkovets@kmu.edu.ua