



Н. В. Скрипченко¹, Н. В. Нужи́на², Н. П. Ковальська³, Н. Є. Горбенко⁴, Г. В. Слюсар¹

¹ Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка, НАН України, м. Київ, Україна

² ННЦ "Інститут біології та медицини" Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

³ Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

⁴ Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ СТЕБЛА ТА КОРЕНЕВИЩА *SCHISANDRA CHINENSIS* (TURCZ.) BAILL.

Проаналізовано стан наукових досліджень *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. – цінної лікарської та плодової ліани, перспективної для вирощування як у приватному садівництві, так і в промислових масштабах. Проведено анатомо-морфологічні дослідження стебла та кореневища лимонника китайського за умов інтродукції в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України (Правобережний Лісостеп України). Анатомічні дослідження виконували з використанням мікроскопу XSP-146TR. Виявлено особливості анатомічної будови стебла і кореневища дводомних і однодомних рослин лимонника, відібраних в різні фази розвитку. Наприкінці серпня відзначено істотне нагромадження крохмальних зерен у паренхімі кори, серцевинних променях та перимедулярній зоні однорічних пагонів лимонника, які в період виходу рослин зі стану спокою майже відсутні. У багаторічних пагонів, на відміну від однорічних, встановлено більшу кількість шарів клітин феллеми перидерми (подекуди до десяти) та інтенсивнішу насиченість клітин суберином, який запобігає втраті вологи рослинними тканинами. Відзначено, що будова кореневища рослин лимонника китайського в поперечному перетині повторює будову стебла, але водночас було виявлено і певні його анатомічні особливості, які стосуються слабо розвиненої перидерми, що складається з 2-3 шарів суберинізованих клітин, відсутності колєнхіми та наявності великої кількості ефіро-олійних включень у паренхімі кори, яка значно товща порівняно з стеблом. Встановлено, що пагони рослин лимонника з маточковими квітками вирізняються меншою кількістю включень з ефірною олією, порівняно з однодомними рослинами, що може бути пов'язано з їх інтенсивнішим плодоношенням, тому, як фармакологічну сировину, краще використовувати стебла та кореневища саме однодомних рослин лимонника. Зроблено припущення, що виявлений значно вищий ступінь розвитку склеренхімних елементів флоєми та перидерми стебла, порівняно з кореневищем, може бути однією з причин низької регенераційної здатності стеблових живців *S. chinensis* під час вегетативного розмноження рослин шляхом укорінення здерев'янілих живців. Наголошено на важливості дослідження для подальшої селекційної роботи з лимонником китайським та вирішення проблеми вирощування посадкового матеріалу.

Ключові слова: однодомні та дводомні рослини; ліана; анатомо-морфологічна будова; адаптація; лікарська сировина.

Вступ/ Introduction

Інтродукція та впровадження в культуру нетрадиційних для садівництва плодово-ягідних рослин має вагомe значення для збагачення раціону харчування людини цінними біологічно активними речовинами. До таких рослин належить лимонник китайський – *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. – багаторічна деревна листопадна ліана, яка походить з країн Східної і Південно-Східної Азії [20]. Це лікарська, плодова та декоративна рослина роду *Schisandra* Michx., яка цінується за високий вміст біологічно активних речовин в усіх її органах. Відомо про гепатопротекторну, противірусну

та антибактеріальну [3, 8, 15] активність лимонника та виділених з нього речовин, виявлені його антиоксидантні та детоксикаційні властивості [37]. Плоди та насіння лимонника є ефективним адаптогенним засобом, а їх екстракт має протипухлинну дію та здатність збільшувати кількість лейкоцитів у крові після хіміотерапії [15, 37].

Для забезпечення зростаючого попиту на лікарську сировину *S. chinensis* важливими є інтродукція та впровадження його в культуру садівництва за межами природного ареалу, яка, зокрема, стримується відсутністю науково обґрунтованих рекомендацій з розмноження та впровадження *S. chinensis*, а також недостатньою кіль-

Інформація про авторів:

Скрипченко Надія Василівна, канд. біол. наук, ст. наук. співробітник, відділ акліматизації плодових рослин.

Email: actinadiia@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1233-9920>

Нужи́на Наталія Володимирівна, канд. біол. наук, ст. наук. співробітник, інститут біології і медицини. Email: nuzhynan@knu.ua

Ковальська Надія Петрівна, канд. фарм. наук, доцент, кафедра фармакогнозії та ботаніки. Email: tsveyuk@gmail.com

Горбенко Наталія Євгенівна, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу.

Email: nata.horbenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6053-6582>

Слюсар Галина Вікторівна, канд. біол. наук, пров. інженер. Email: g.slyusar@yandex.ua; <https://orcid.org/0000-0002-1233-9920>

Цитування за ДСТУ: Скрипченко Н. В., Нужи́на Н. В., Ковальська Н. П., Горбенко Н. Є., Слюсар Г. В. Структурно-функціональні особливості стебла та кореневища *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 3. С. 63–70.

Citation APA: Skrypchenko, N. V., Nuzhina, N. V., Kovalska, N. P., Horbenko, N. Ye., & Sliusar, G. V. (2024). Structural and functional features of vegetative stems and rhizomes of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(3), 63–70.

<https://doi.org/10.36930/40340308>

кістю сортового посадкового матеріалу.

Стійкість рослин до екологічних чинників нової агроєкосистеми обумовлюють географічне походження рослин, їх спадкові біологічні та анатомо-морфологічні особливості, серед яких, зокрема, ступінь сформованості покривних тканин однорічних пагонів, характер лігніфікації оболонок клітин корової паренхіми, деревини, перимедулярної зони тощо. Аналіз критеріїв змін гістологічної будови стебел рослин надає цінну інформацію про ступінь стійкості рослин в умовах екологічних стресів, дає змогу встановити ступінь адаптованості виду до умов зростання та оцінити перспективи вирощування досліджуваного виду [14]. На особливу увагу заслуговують клітинні включення та їх локалізація, які утворюються внаслідок пристосувальних реакцій рослин до несприятливих умов середовища. Оцінка стану та життєздатності видів на новому місці зростання слугує основою для розроблення науково-практичних рекомендацій з технології вирощування, розмноження рослин та їх використання.

Об'єкт дослідження – встановлення анатомічної будови стебла та кореневища лимонника китайського *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill., що інтродукований і зростає в колекції рослин Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України.

Предмет дослідження – методи і засоби визначення анатомо-морфологічних характеристик надземного стебла та підземного кореневища рослин лимонника китайського: різного віку, у різні періоди вегетації, із різним співвідношенням чоловічих і жіночих квіток, що дасть змогу визначити стійкість рослин до екологічних чинників нової агроєкосистеми, їх здатність до регенерації та встановити вплив на господарсько значущі особливості використання рослини.

Мета роботи – охарактеризувати анатомо-морфологічні особливості стебла і кореневища *S. chinensis* за умов інтродукції в Правобережному Лісостепу України у зв'язку з їх регенераційною здатністю та адаптивністю.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- дослідити анатомічну будову стебел та кореневища лимонника за умов інтродукції;
- виявити особливості будови стебел, що обумовлюють стійкість рослин до екологічних чинників нової агроєкосистеми та їх здатність до регенерації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основні дослідження з оцінювання успішності інтродукції *S. chinensis* у зоні Лісостепу стосуються морфометричних і екологічних показників [22, 24], водночас як анатомічні та гістохімічні характеристики рослин досліджено недостатньо. Тому визначення адаптивної здатності рослин лимонника за умов інтродукції на підставі вивчення анатомо-морфологічних особливостей стебел *S. chinensis*, що пов'язані зі стійкістю рослин, залишається актуальним.

Лимонник китайський є малопоширеною плодовою культурою в Україні і чинниками, що стримують його впровадження в садівництво, є недостатня вивченість особливостей розмноження та вирощування культури, а також нестача сортового садивного матеріалу [25]. Варто зазначити, що лимонник належить до рослин з низькою регенераційною здатністю, що значно стримує його поширення в садівництві і обумовлює важливість дослідження структурно-функціональних властивостей вегетативних пагонів *S. chinensis*.

Дослідження лимонника китайського останніх років стосуються здебільшого виявлення нових біологічно активних сполук у вегетативних і генеративних органах. Так, повідомляють про виявлення нових тритерпенів у стеблі і листках лимонника китайського та їх нейропротекторну дію [31, 34, 40]. У низці сучасних досліджень розглянуто питання синтезу основних активних сполук у лікарській сировині рослин [18, 21]. Триває вивчення дії препаратів лимонника китайського на тварин і людину [6, 33, 39].

Матеріали та методи дослідження. Вивчали анатомічну будову кореневища, однорічних і трирічних стебел *S. chinensis*, відібраних у різні фазофази розвитку рослин. Зразки середньої частини пагонів лимонника відібраної селекційної форми 1-1 (дводомна рослина з маточковими квітками) та сорту Садовий-1 (однорічна рослина) фіксували у FAA (формалін: ацетат: альдегід), заливали в желатин та виготовляли поперечні зрізи товщиною 10-15 мкм за допомогою заморожувального мікротома. Зрізи забарвлювали розчином І₂-КІ для виявлення крохмалю і 1 % розчином флороглюцину для візуалізації лігніфікованих структур, відповідно до методики [17].

Мікроскопічні виміри однорічних стебел та кореневищ проводили за допомогою мікроскопа XSP-146TR (ULAB) та Image J program (Wayne Rasband, NIH). Фотографії зроблені за допомогою цифрових камер Canon Power Shot A630 і Canon EOS 550 DSLR. Статистичний аналіз проводили за допомогою програми GraphPad Prism 8 методом мультифакторного аналізу ANOVA з поправкою Tukey.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Лимонник китайський – багаторічна деревна витка ліана з темно-коричневими пагонами. Молоді пагони рослин вкриті одношаровою епідермою, яка вже до середини першого вегетаційного періоду повністю злущується, і на її місці утворюється перидерма. У середині серпня перидерма однорічного пагона містить 3-4 шари клітин фелеми (які складаються з слаболігніфікованих клітин неправильної форми), один шар прямокутних клітин фелогену, видовжених в тангентальному напрямку, та шар фелодерми, під яким у первинній корі знаходиться 3-4 шари коленхімоподібних паренхімних клітин з помірно потовщеними стінками та кількома рядами тонкостінних паренхімних клітин (рис. 1). У паренхімі первинної кори стебел виявлено ідіобласти, які в 2-3 рази крупніші за звичайні клітини і містять ефірну олію. Відповідно до раніше проведених біохімічних досліджень [23], у пагонах лимонника китайського нагромаджується від 0,32 % до 0,5 % ефірної олії з високим вмістом сабінену, ундеканону-2, терпінен-4-олу, неролідолу, цитронелолу. За літературними даними, в ідіобластах корової паренхіми, окрім ефірних олій, містяться слиз, камедь, таніни [29].

Для стебел *S. chinensis* характерна добре розвинена флоема і ксилема. Лігніфіковані луб'яні волокна первинної флоєми утворюють майже замкнене кільце по периферії центрального провідного пучка; такі волокна розміщуються досить рівномірно, здебільшого в один шар. Вони відіграють важливу механічну роль в рослинному організмі – обумовлюють його пружність, гнучкість, протидіють розривам. Ксилема представлена

суцільним кільцем, а серцевина складається з тонкостінних паренхімних клітин та великих міжклітинників.

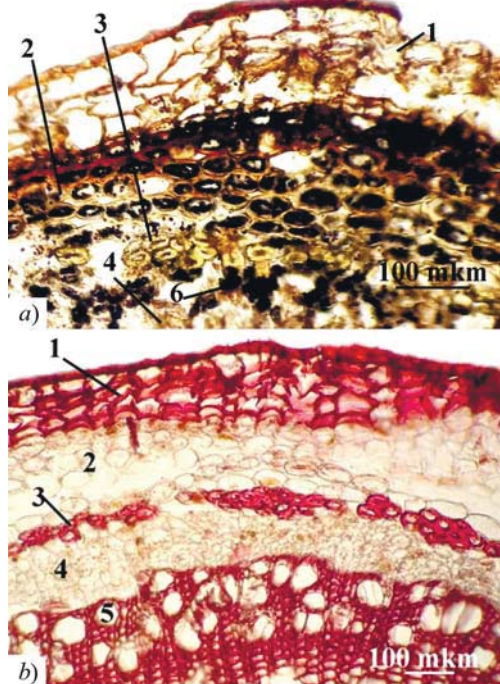


Рис. 1. Мікрофотографія поперечного перетину стебла однорічного пагона *S. chinensis* / Photomicrograph of a cross-section of the stem of a one-year old shoot of *S. chinensis*: a) у серпні / in August; b) у лютому / in February: 1) перидерма / periderm; 2) коленхіма / collenchyma; 3) луб'яні волокна / bast fibers; 4) флоема / phloem; 5) ксилема / xylem; 6) включення крохмалю / inclusions of starch

Унаслідок досліджень крохмальних відкладень у тканинах однорічних пагонів лимонника китайського встановлено, що їхня найбільша кількість спостерігається з кінця серпня до початку вересня (в період досягання плодів і підготовки рослин до стану фізіологічного спокою) (див. рис. 1, а). Вихід рослин зі стану спокою відбувається на фоні значного зменшення крохмальних включень або їх відсутності (див. рис. 1, б). Крохмаль як енергетичний запас, вочевидь, використовується рослинами в зимовий період, що є одним з пристосувань рослин помірного клімату, яке сприяє їх зимостійкості.

У зимових зразках відзначено потовщення перидерми за рахунок збільшення шарів клітин фелеми (4-5), які більш сплюснуті та інтенсивніше лігніфіковані, порівняно з літніми зразками (див. рис. 1).

У стеблі трирічного пагону, на відміну від однорічного, відзначено більшу кількість шарів фелеми перидерми (подекуди до 10) та інтенсивнішу насиченість клітин суберином, який зменшує втрату вологи рослинними тканинами. Фелодерма також потовщується і складається з 3-4 шарів сплюснених в тангентальному напрямку клітин (рис. 2, а). У корковому шарі стебла містяться сочевички – спеціальні отвори, основною функцією яких є газообмін між внутрішніми тканинами та навколишнім середовищем (див. рис. 2, б). Вони формуються на молодих пагонах, а з часом щільно заповнюються виповнювальними клітинами фелеми. Це структурні пристосування рослин для підвищення стійкості до низьких температур в період спокою, що істотно зменшують шанси надмірного випаровування та захищають пагони від зимового висихання. Паренхі-

ма первинної кори та кільце луб'яних волокон первинної флоєми у однорічного і трирічного стебла подібні, тоді як товщина флоєми та особливо ксилеми з роками збільшується (див. рис. 2, а). У корку багаторічного стебла помітна чітка річна шаруватість: зазвичай 1-2 шари недеформованих тонкостінних клітин розділяються одним шаром сплюснених клітин, товщина яких у 2-3 рази менша, а товщина оболонок приблизно удвічі більша за типові. Фелема злущується досить широкими смугами внаслідок розтріскування.

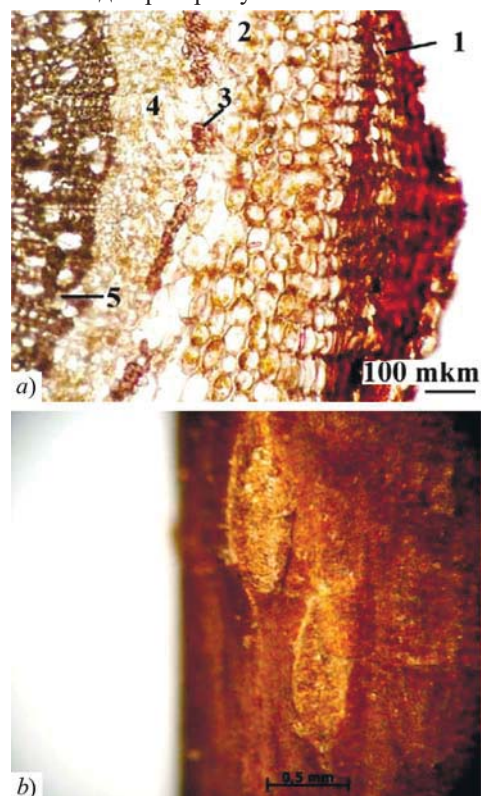


Рис. 2. Мікрофотографія стебла трирічного пагона *S. chinensis* / Photomicrograph of the stem of a three-year-old *S. chinensis* shoot: a) поперечний перетіт стебла / cross-section of the stem: 1) перидерма / periderm; 2) коро́ва паренхіма / cortical parenchyma; 3) луб'яні волокна / bast fibers; 4) флоема / phloem; 5) ксилема / xylem; b) сочевички на поверхні кори / lenticles on the surface of the bark

Підземна система *S. chinensis* – це кореневище з симподіальними шнуроподібними буро-коричневими пагонами, що радіально розходяться від кореневої шийки материнської ліани на глибині 10-15 см, від яких відходять пучки коренів. Основною функцією кореневища є запасання поживних речовин, вегетативне поновлення та збереження рослин за несприятливих умов середовища (низькі температури, довготривала нестача вологи). Це одне із еволюційно-сформованих пристосувань рослин в боротьбі за світло, повітря, елементи живлення, що забезпечує життєздатність цього виду в природних умовах різних місць зростання. Кореневища мають вузли, міжвузля і редуковані листки у вигляді лусочок, у пазухах яких знаходяться сплячі бруньки, які можуть утворювати підземні пагони.

Загалом будова кореневища дводомної рослини лимонника китайського з маточковими квітками в поперечному перетині повторює будову стебла, хоч були виявлені і певні анатомічні особливості: слабо розвинена перидерма (2-3 шари і менш сплюснені та суберинізовані клітини), відсутність коленхіми, наявність ве-

ликої кількості ефіро-олійних включень у паренхімі кори (рис. 3). Перидерма кореневища менш потужна порівняно зі стеблом рослини, що може бути обумовлене його додатковою захищеністю ґрунтом від несприятливих умов, зокрема від низьких температур. Потовщення ж паренхіми кори кореневища вказує на більш потужне нагромадження поживних речовин, що узгоджується з літературними даними, відповідно до яких у кореневищі лимонника китайського нагромаджується найбільша кількість ефірної олії (3-5 %) порівняно з іншими органами рослин [5].

Провідна система та механічні тканини кореневища слабкорозвинені, з вузькопорожнинними судинами ксилеми та поодинокими луб'яними волокнами в первинній флоемі. Добре розвинена серцевинна паренхіма також містить ефіро-олійні включення, хоча і кількісно менше, порівняно з коровою паренхімою (рис. 3).

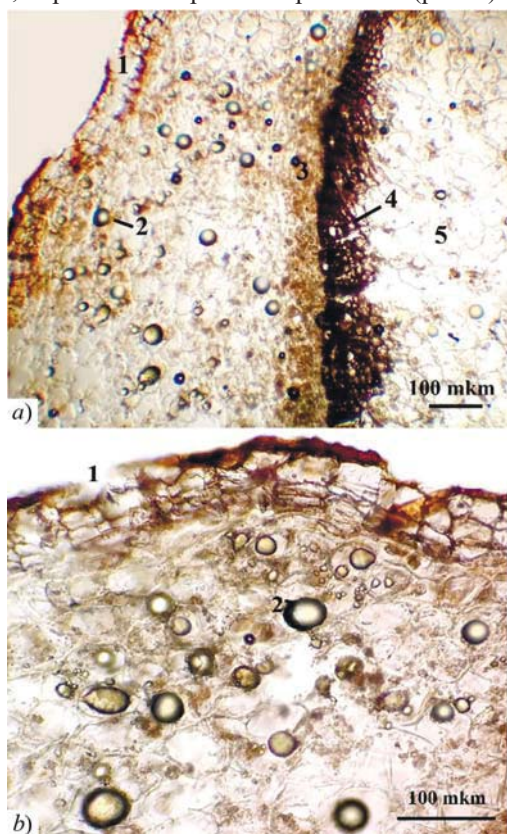


Рис. 3. Поперечний переріз кореневища однодомної рослини *S. chinensis* / Cross-section of the rhizome of the monoecious plant *S. chinensis*: а) загальний вигляд / general view; б) корова паренхіма / cortical parenchyma: 1) перидерма / periderm; 2) ефіро-олійні включення / essential oil inclusions; 3) флоема / phloem; 4) ксилема / xylem; 5) серцевина / core

Порівняння зрізів стебла і кореневища *S. chinensis*, забарвлених флороглюцином, виявило, що луб'яні волокна кореневища утворюють переривчасте кільце, на відміну від майже суцільного кільця луб'яних волокон первинної флоеми стебла (рис. 4). Для стебла характерний значно вищий ступінь розвитку склеренхімних елементів флоеми порівняно з кореневищем, що пов'язано зі значно більшим механічним навантаженням на надземну частину ліани, порівняно з підземним кореневищем. Також у стеблі спостерігається більш розвинена ксилема, що теж дає змогу ліані забезпечувати провідну функцію на усю її висоту, виконувати механічну функцію з утримання надземної маси. У коровій паренхімі стебел надземних пагонів, на відміну від кореневища,

виявлено малу кількість ідіобластів зі слизом та ефірною олією. Більш потовщена перидерма стебла пов'язана з адаптацією до інтенсивніших негативних впливів низьких температур на надземну частину рослини.

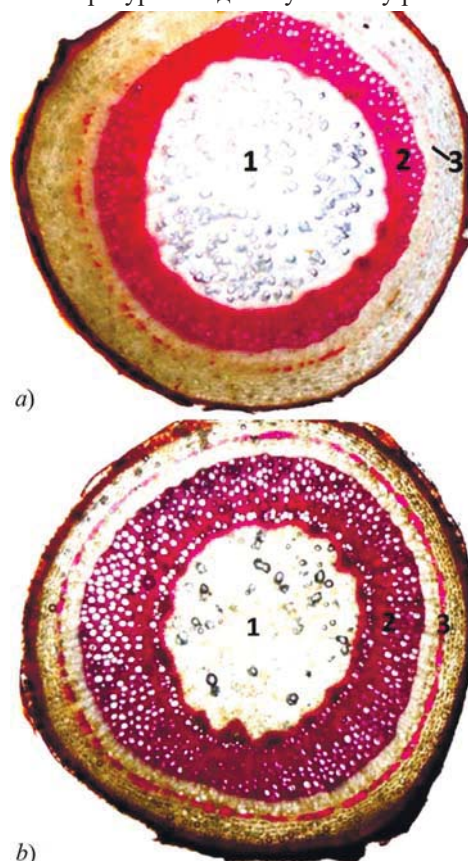


Рис. 4. Поперечний перетин стебла однодомної рослини *S. chinensis* / Transverse section of the stem of the monoecious plant *S. chinensis*: а) кореневища / rhizome; б) стебла / stem: 1) серцевина / core; 2) судини вторинної ксилеми і деревні волокна / vessels of secondary xylem and wood fibers; 3) луб'яні волокна первинної флоеми, bar 100 мкм / bark fibers of primary phloem, scale bar 100 μ m

Під час порівняння анатомічної будови стебла та кореневища жіночих і однодомних рослин *S. chinensis* не було виявлено будь-яких істотних відмінностей. Як і в однодомних рослинах, у дводомних особливо добре представлена у кореневищі паренхіма, яка нагромаджує не тільки резервні поживні, а й біологічно активні речовини. Це обумовлює використання кореневища як лікарської сировини. Варто зазначити, що кореневище жіночої рослини відрізнялось меншою кількістю включень з ефірною олією, порівняно з однодомною (рис. 5), що може бути пов'язано з її інтенсивнішим плодоутворенням, на яке рослини спрямовують значні ресурси. За іншими анатомічними ознаками (розвиток перидерми, корової та серцевинної паренхіми, провідної системи) кореневище жіночої рослини практично не відрізнялось від кореневища однодомної рослини.

Нагадаємо, екстракти плодів *S. chinensis* та їх активні сполуки є потужними антиоксидантами та мітопротекторами, які мають протизапальну, протівірусну, протиракову та антивікову дію. Поліфенольні сполуки *S. chinensis* – флавоноїди, фенольні кислоти та основні компоненти дибензоциклооктадієн-лігнани відповідають за *S.* Як антиоксидант одна з корисних властивостей лимонника полягає в тому, що біоактивний компонент цієї ягоди допомагає захистити клітини від пошко-

дження. Отже, лимонник відповідальний за безліч захисних для здоров'я ефектів в організмі, які включають покращення функції печінки, захист від раку та перешкодження процесу старіння.

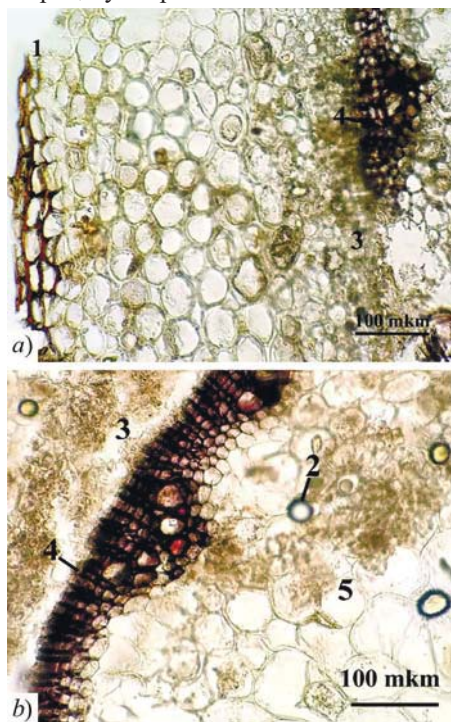


Рис. 5. Поперечний переріз однорічного кореневища жіночої рослини *S. chinensis* / Transverse section of a one-year rhizome of *S. chinensis* female plant: a) корова паренхіма / cortical parenchyma; b) серцевинна паренхіма / core parenchyma: 1) перидерма / periderm; 2) ефіро-олійні включення / essential oil inclusions; 3) флоема / phloem; 4) ксилема / xylem; 5) серцевина / core

Морфометричне порівняння однорічних стебел та кореневищ жіночих і однодомних рослин підтверджує, що за жодним з параметрів жіночі рослини не відрізнялись достовірно від однодомних (рис. 6). Водночас, як у дводомних, так і в однодомних рослинах у надземній частині спостерігали значне потовщення перидерми (див. рис. 6,a), менше виражена кора паренхіма (див. рис. 6,b) не відрізнялась товщина флоєми (див. рис. 6,c) і майже втричі була товщою ксилема (див. рис. 6,d), порівняно з такими параметрами кореневища. З наведених даних можна зробити висновок, що за товщиною тканин стебла та кореневища досліджені рослини лимонника китайського достовірно не відрізнялись.

Проведені анатомо-морфологічні дослідження стебла *S. chinensis* дали змогу виявити структурні пристосування рослин, що сприяють їх стійкості до дії несприятливих умов середовища. Серед них – інтенсивне нагромадження у стеблах крохмалю у період підготовки рослин до стану фізіологічного спокою, що опосередковано може свідчити про високу морозостійкість рослин та насиченість клітин суберином, який істотно зменшує шанси надмірного випаровування та захищає пагони від зимового висихання.

Під час порівняльного аналізу стебла та кореневища *S. chinensis* виявлено велику кількість ідіобластів зі слизом та ефірною олією у коровій паренхімі кореневища, більш потовщену перидерму стебла, що пов'язано з адаптацією рослин до інтенсивніших негативних впливів низьких температур на надземну частину рослини.

Більш розвинена перидерма та здерев'яніння структур стебла може бути однією з причин нижчої здатності стеблових живців до ризогенезу під час вегетативного розмноження порівняно з кореневищем, яке забезпечує вегетативне поновлення рослин у природних умовах.

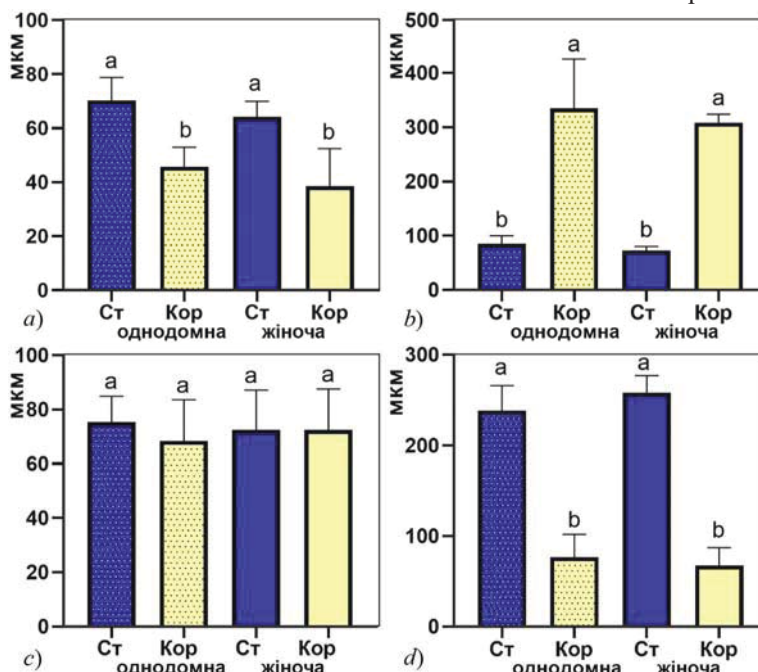


Рис. 6. Товщина тканин стебла (Ст) та кореневища (Кор) у однорічних однодомних і жіночих рослин *S. chinensis* (рослин з маточковими квітками) / The thickness of stem (Ст) and rhizome (Кор) tissues in one-year-old monoecious and *S. chinensis* female plants (plants with pistillate flowers): a) перидерма / periderm; b) корова паренхіма / cortical parenchyma; c) флоєма / phloem; d) ксилема (M^{pm} , $n = 20$). Різні літери вказують на достовірну відмінність ($P < 0,0001$) між групами всередині вимірюваного параметра / xylem (M^{pm} , $n = 20$). Different letters indicate a significant difference ($P < 0.0001$) between groups within the measured parameter

Обговорення результатів дослідження. Ефективним методом вегетативного розмноження багатьох видів деревних рослин є розмноження стебловими живцями

ми, яке ґрунтується на регенерації в них додаткових коренів. Лимонник китайський вирізняється низькою здатністю до укорінення здерев'янілих стеблових жив-

ців [4, 26], хоча в природних умовах переважно розмножується за допомогою кореневища [7]. Проведені дослідження внутрішньої структури вегетативних органів рослин лимонника китайського показали, що стебло відрізняється від кореневища значно вищим ступенем розвитку склеренхімних елементів флоєми, більш розвиненою ксилемою та потужнішим розвитком перидерми, які, водночас, можуть впливати на здатність живців до коренегенезу. Успішність інтродукційного процесу великою мірою залежить від еволюційно сформованих і генетично детермінованих властивостей рослин, які визначають ступінь їхньої стійкості до несприятливих чинників середовища в нових умовах зростання [17]. Добре розвинену перидерму стебла лимонника китайського та інтенсивну насиченість клітин суберином можна розглядати як анатомо-морфологічну адаптацію рослин до несприятливих умов зростання [30].

Лимонник китайський належить до рослинних адаптогенів з вираженими тонізуючими властивостями [1]. Його біологічна активність та стимулювальна дія на організм людини обумовлені, переважно, наявністю лігнанів, що містяться в усіх органах рослини [27, 28]. Під час проведення дослідження було встановлено, що в кореневищі міститься значно більша кількість секреторних ідіобластів, порівняно з стеблом, тому кореневища однодомних рослин є більш цінним сировинним матеріалом для фармакологічної промисловості, ніж кореневища дводомних рослин з маточковими квітками. Тому наведені результати дослідження є частиною комплексу сучасних досліджень біологічно активних речовин, зокрема лігнанів [9, 11, 12, 35, 36].

Дослідження лимонника китайського також є складовою комплексних робіт, що розкривають нові особливості фізіології рослин, особливостей їх вирощування у різних агро регіонах, використання рослинної сировини та її терапевтичної дії [2, 10, 13, 19, 32, 38]. В Україні досліджень подібного характеру не проводили, тому отримані результати можуть слугувати основою для вивчення рослин і рослинної сировини в нових умовах культивування.

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

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше оцінено значення анатомічних пристосувальних особливостей лимонника китайського, їх потенційний вплив на вкорінення живців в умовах Правобережного Лісостепу України, зроблено рекомендацію для сировинної заготівлі рослин різної статі.

Практична значущість результатів дослідження – результати дослідження можна застосувати під час планування закладання промислових плантацій різного призначення (обрання виключно однодомних рослин для сировинної заготівлі), для селекції на виведення сортів з високим адаптивним потенціалом та високим вмістом біологічно активних речовин та розмноження рослин методом живцювання (обрання рослин із певними структурними пристосуваннями і співвідношенням тканин).

Висновки / Conclusions

Охарактеризовано анатомо-морфологічні особливості стебла і кореневища *S. chinensis* за умов інтродукції в Правобережному Лісостепу України, що дало змо-

гу виявити стійкість рослин до екологічних чинників нової агро екосистеми та їх здатність до регенерації. За результатами дослідження можна зробити такі основні висновки:

1. Лимонник китайський вивчають у різних аспектах, що здебільшого стосуються хімічного складу сировини та її використання у медицині та сільському господарстві. У Лісостепу України дослідження стосуються морфометричних і екологічних показників, а анатомічні особливості, що тісно пов'язані із адаптаційною здатністю, є маловивченими. Виявлено анатомічні особливості пагонів лимонника китайського, що тісно пов'язані із адаптаційною здатністю рослин до несприятливих умов середовища, а саме формування крохмальних відкладень в однорічних пагонах рослин в осінній період, насиченість клітин флоєми суберином, наявність значної кількості сочевичок, які щільно заповнені клітинами флоєми.
2. Встановлено, що кореневище *S. chinensis* вирізняється більш розвиненою коровою частиною та більшим запасом поживних речовин, порівняно з надземними пагонами рослини, що зумовлює можливість його використання як фармакологічної сировини. Кореневища однодомних рослин можуть бути якіснішим сировинним матеріалом для фармакологічної промисловості, ніж кореневища дводомних рослин з маточковими квітками.
3. З'ясовано, що низька здатність стеблових живців *S. chinensis* до ризогенезу може бути пов'язана зі значною лігніфікацією елементів флоєми, ксилеми та потужним розвитком перидерми. Відзначено потребу подальшого проведення цих досліджень для вирішення проблеми масового виробництва сортового посадкового матеріалу лимонника китайського.

References

1. Adams, D., Wu, T., Yang, X., Tai, S., & Vohra, S. (2018). Traditional Chinese medicinal herbs for the treatment of idiopathic chronic fatigue and chronic fatigue syndrome. *Cochrane Database of Systematic reviews*, 10. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006348.pub3>
2. Cardona-Mendoza, A., Fonseca-Benitez, A., Buitrago, D. M., Coy-Barrera, E., & Perdomo, S. J. (2024). Down-regulation of human papillomavirus E6 oncogene and antiproliferative effect of Schisandra chinensis and Pueraria lobata natural extracts on Hela cell line. *Journal of Ethnopharmacology*, 319, part 3. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117225>
3. Chen, X., Zhang, Y., Zu, Y., Fu, Y., & Wang, W. (2011). Composition and biological activities of the essential oil from *Schisandra chinensis* obtained by solvent-free microwave extraction. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 2047–2052. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.05.013>
4. Ciorchina, N., Onica, E., Rosca, I., Dumitras, A., Clapa, D., & Fira, A. (2011). The Viology of the propagation of species *Shisandra chinensis* (Turcz.). *Baill. Journal of Plant Development*, 18(1), 17–27. URL: <https://plant-journal.uaic.ro/docs/2011/3.pdf>
5. Formazyuk, V. I. (2003). *Encyclopedia of food medicinal plants: Cultivated and wild plants in practical medicine: monograph*. Kyiv: A. S. K. Publishing House, 792. [In Russian].
6. Fu, J., Li, J., Sun, Y., Liu, S., Song, F., & Liu, Z. (2023). In-depth investigation of the mechanisms of *Schisandra chinensis* polysaccharide mitigating Alzheimer's disease rat via gut microbiota and feces metabolomics. *International Journal of Biological Macromolecules*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123488>
7. Golovach, A. G. (1973). *Lianas, their biology and use: monograph*. Leningrad: Nauka, 257. [In Russian].
8. Hakala, E., Hanski, L., Uvell, H., Yrjönen, T., Vuorela, H., Eloffsson, M., & Vuorela, P. M. (2015). Dibenzocyclooctadiene lignans from *Schisandra* spp. selectively inhibit the growth of the intracellular bacteria *Chlamydia pneumoniae* and *Chlamydia*

- trachomatis*. *The Journal of Antibiotics*, 68, 609–614. <https://doi.org/10.1038/ja.2015.48>
9. He, D., Pei, X., Liu, B., Li, J., Dong, J., Efferth, T., & Ma, P. (2024). Lignan contents of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. from different origins – A new model for evaluating the content of prominent components of Chinese herbs. *Phytomedicine*. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2024.155361>
 10. Jia, E., Dong, J., & Ma, P. (2023). A new industrial model: The utilization of the traditional Chinese herb *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. from soil to plate. *Industrial Crops and Products*, 191, part A. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115900>
 11. Li, B., Qiao, L., Xiao, Q., Zhang, J., Liu, J., Zhang, B., & Liu, H. (2023). Effects of diarylbutane lignans from *Schisandra chinensis* fruit on SARS-CoV-2 3CL^{pro} and PL^{pro} and their *in vitro* anti-inflammatory properties. *Phytomedicine Plus*, 3(2). <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2023.100432>
 12. Liu, Y., Li, Y., Liu, Y., Peng, Z., Wang, S., Jiang, Y., ... Yang, B. (2023). Three new chemical constituents from the roots of *Schisandra chinensis* and their neuroprotective effects. *Phytochemistry Letters*, Vol. 53. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2022.10.010>
 13. Luan, F., Zou, J., Zhang, X., Zeng, J., Peng, X., Li, R., Zeng, N., et al. (2024). The extraction, purification, structural features, bioactivities, and applications of *Schisandra chinensis* polysaccharides: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130030>
 14. Nagalevsky, V. Ya., & Nikolaevsky, V. G. (1981). *Ecological anatomy of plants*: monograph. Krasnodar: Kuban SU Publishing House, 88 p. [In Russian].
 15. Nowak, A., Zaklos-Szyda, M., Błasiak, J., Nowak, A., Zhang, Z., & Zhang, B. (2019). Potential of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. In *Human Health and Nutrition: A Review of Current Knowledge and Therapeutic Perspectives*. *Nutrients*, 11(2), 333. <https://doi.org/10.3390/nu11020333>
 16. Panyuta, O., Belava, V., & Betsmanova, L. (2006). Strategy of molecular mechanisms of adaptation of winter wheat plants of different ecotypes to the action of biotic stressors, to the manifestation of reactions of innate immunity. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Problems of regulation of physiological functions*, 15, 41–44. [In Ukrainian].
 17. Pausheva, Z. P. (1988). *Practice on plant cytology*: practice. Moscow: Agropromizdat, 271 p. [In Russian].
 18. Qiang, T., Chen, Y., Li, B., Dong, Y., Wei, X., Liu, J., Liu, H., et al. (2024). Transcriptome-wide analysis of PIP reductase gene family identified a phenylpropene synthase crucial for the biosynthesis of dibenzocyclooctadiene lignans in *Schisandra chinensis*. *Synthetic and Systems Biotechnology*, 9(1), 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2023.11.011>
 19. Ri, I., Pak, S., Pak, U., Yun, C., & Tang, Z. (2024). How does UV-B radiation influence the photosynthesis and secondary metabolism of *Schisandra chinensis* leaves? *Industrial Crops and Products*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117832>
 20. Saunders, R. M. K. (2000). *Monograph of Schisandra (Schisandraceae)*: monograph. Systematic Botany Monographs, 58. USA: The American Society Of Plant Taxonomists, 154.
 21. Shi, G., Zhu, B., Ai, J., Sun, D., Wang, Z., Yu, M., Song, X., et al. (2023). Changes in lignans compounds and expression of genes in lignans biosynthetic pathways during the maturation of *Schisandra chinensis* fruit. *Industrial Crops and Products*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116327>
 22. Skrypchenko, N. V., & Sljusar, G. V. (2019). Estimation of the adaptive capacity of *Schisandra chinensis* to drought. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15, 1, 43–50. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.1.2019.162481>
 23. Skrypchenko, N. V., Jurenko, N. I., Palamarchuk, O. P., & Moroz, P. A. (2014). Study of the component composition of *Schisandra chinensis* essential oil. *Taurida Scientific Herald*, 88, 181–186. [In Ukrainian]. URL: https://www.tnv-agro.ksau-niv.ks.ua/archives/88_2014/34.pdf.
 24. Skrypchenko, N., Kushnir, N., & Sljusar, G. (2017). *Schisandra chinensis* in the collection of the M. Grishko National Botanical Garden of the Ukrainian NAS in Kyiv. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW, Horticult. Landsc. Architect.*, 38, 43–50. <https://doi.org/10.22630/AHLA.2017.38.5>
 25. Sljusar, G. V. (2021). Biological features of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. introduction in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Abstract of Candidate Dissertation for Biology Sciences* (03.00.05 – Botany). Kyiv, 19 p. [In Ukrainian].
 26. Sun, D., Zhao, X., Ai, J., Wang, Z., Shi, G., Liu, Y., Zhao, C., et al. (2023). Study on the Rooting Physiological Mechanism of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. *Green-Branched Cuttings*. *Forests* 14. <https://doi.org/10.3390/fl4071365>
 27. Szopa, A., Ekiert, R., & Ekiert, H. (2016). Current knowledge of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. (Chinese magnolia vine) as a medicinal plant species: a review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies. *Phytochemistry Reviews*, 16(2), 195–218. <https://doi.org/10.1007/s11101-016-9470-4>
 28. Thandavarayan, R. A., Giridharan, P. V., Arumugam, S., Suzuki, K., Ko, K. M., Krishnamurthy, P., & Konishi, T. (2015). Schisandrin B Prevents Doxorubicin Induced Cardiac Dysfunction by Modulation of DNA Damage, Oxidative Stress and Inflammation through Inhibition of MAPK/p53 Signaling. *PLoS ONE*, 10(3), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119214>
 29. Wang, X., Yu, J., Li, W., Wang, C., Li, H., Ju, W., Sun, J., et al. (2018). Characteristics and antioxidant activity of lignans in *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera* from different locations. *Chemistry & Biodiversity*, 15(6). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201800030>
 30. Wu, D., Li, L., Ma, X., Huang, G., & Yang, C. (2020). Morphological and anatomical adaptations to dry, shady environments in *Adiantum reniforme* var. *sinense* (Pteridaceae) *PeerJ* 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.9937>
 31. Xu, Z., Li, S., Long, G., Wang, D., Guo, Z., & Yang, Y. (2023). Wunorlactones A–G, seven undescribed 7/8/5 and 7/8/3 carbon skeleton schinortriterpenoids from the stems and leaves of *Schisandra chinensis*, and their neuroprotective activities. *Phytochemistry*, 216. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2023.113882>
 32. Zhang, D., Qu, S., Liu, Y., Xu, C., Liu, X., Kan, H., Wang, Y., et al. (2024). Application of three-dimensional material CZIF-8/CS-MS as adsorbents for the determination of plant growth regulators in *Schisandra chinensis*. *Journal of Chromatography A*, 1718. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2024.464727>
 33. Zhang, G., Zhang, J., Yan, S., Hao, M., Fei, C., Ji, D., Su, L., et al. (2023). Study on the plasma metabolomics of *Schisandra chinensis* polysaccharide against ulcerative colitis and its correlation with gut microbes metabolism. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 51(9). <https://doi.org/10.1016/j.cjac.2023.100244>
 34. Zhang, Y., Liu, Y., Wang, Y., Jiang, P., Li, M., Pan, J., & Yang, B. (2023). Three new schinortriterpenoids from the leaves of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. *Natural Product Research*. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2290682>
 35. Zhang, Y., Liu, Y., Wen, B., Wang, S., Jiang, P., Wu, J., Yang, B., et al. (2023). New triterpenoids and a dibenzocyclooctadiene lignan from the leaves of *Schisandra chinensis*. *Phytochemistry Letters*, Vol. 54. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2023.01.020>
 36. Zhao, Q., Wei, W., Li, Y., & Gao, K. (2022). Triterpenoids and lignans from *Schisandra chinensis* and their inhibition activities of Cdc25A/B phosphatases. *Natural Product Research*, 36(3), 754–759. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1802268>
 37. Zhao, T., Wang, F., Guo, Y., Ji, H., Zhang, W., Mao, G., Wu, X., et al. (2021). Structural characterization of a novel *Schisandra chinensis* polysaccharides and nutritional intervention in immunotoxicity to PCBs. *Carbohydrate Polymers*, 258, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117380>
 38. Zhou, S., Haoxiang, C., Chensi, G., Tingting, W., & Ziluan, F. (2023). Evaluation of *Schisandra chinensis* extract on anti-fatigue activity in mice. *Food Bioscience*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103129>

39. Zhu, S., Luo, F., Peng, J., Luo, L., Xue, R., Yang, Y., Zhang, Y., et al. (2024). The physicochemical characteristics and antidepressant-like effects of a polysaccharide-rich fraction from *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill in behavioral despair mice and olfactory bulbectomy-induced depression-like mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 320. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117464>
40. Zhu, S., Wang, L., Liu, L., Zheng, Y., Yang, Y., Jia, J., & Wang, A. (2024). Two new sesquiterpenoids with glycosides from the leaves and stems of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. *Natural Product Research*. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2284250>

N. V. Skrypchenko¹, N. V. Nuzhina², N. P. Kovalska³, N. Ye. Horbenko⁴, G. V. Sliusar¹

¹ M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Taras Shevchenko National University of Kyiv, ESC "Institute of Biology and Medicine", Kyiv, Ukraine

³ Bogomolets National Medical University, Department of Pharmacognosy and Botany, Kyiv, Ukraine

⁴ Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL FEATURES OF VEGETATIVE STEMS AND RHIZOMES OF *SCHISANDRA CHINENSIS* (TURCZ.) BAILL.

The state of scientific research on *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill. is analyzed. – a valuable medicinal and fruit liana promising for cultivation both in private gardening and on an industrial scale. Anatomical and morphological studies of the stem and rhizome of Chinese magnolia-vine under the conditions of introduction in the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Right Bank Forest Steppe of Ukraine) were carried out. Anatomical studies were performed using an XSP-146TR microscope. Peculiarities of the anatomical structure of the stem and rhizome of dioecious and monoecious magnolia-vine plants selected in different phases of development were revealed. At the end of August, a significant accumulation of starch grains was noted in the bark parenchyma, core rays, and perimedullary zone of one-year-old magnolia-vine shoots, which are almost absent during the period when the plants emerge from dormancy. Perennial shoots, in contrast to annual shoots, have a greater number of layers of cells of the periderm phellema (sometimes up to ten) and a more intensive saturation of cells with suberin, which prevents the loss of moisture by plant tissues. It was noted that the structure of the rhizome of magnolia-vine plants in a cross-section repeats the structure of the stem. Still, at the same time, certain anatomical features were revealed, which relate to a weakly developed periderm consisting of 2-3 layers of suberized cells, the absence of collenchyma, and the presence of a large amount of ether – oil inclusions in the bark parenchyma, which is much thicker compared to the stem. It has been established that the shoots of magnolia-vine plants with pistillate flowers are distinguished by a smaller number of inclusions with essential oil compared to monoecious plants, which may be related to their more intensive fruiting, so it is better to use the stems and rhizomes of monoecious magnolia-vine plants as pharmacological raw materials. It was assumed that the revealed significantly higher degree of development of the sclerenchymal elements of the phloem and periderm of the stem, compared to the rhizome, may be one of the reasons for the low regeneration capacity of stem cuttings of *S. chinensis* during vegetative propagation of plants by rooting of lignified cuttings. The importance of research for further selection work with Chinese magnolia-vine and solving the problem of growing planting material was noted.

Keywords: monoecious and dioecious plants; liana; anatomical and morphological structure; adaptation; medicinal raw materials.