https://doi.org/ 10.5281/zenodo.3566616
УДК 581.4+582.46

О.А. ФУТОРНА[1], В.А. БАДАНІНА[1], І.Г. ОЛЬШАНСЬКИЙ[2], О.В. ТИЩЕНКО[1]

[1] Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Україна, 03127 м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 2
[2] Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України
Україна, 01004 м. Київ, вул. Терещенківська, 2

oksana_drofa@yahoo.com, florist_27@ukr.net, oksana_t@ukr.net, olshansky1982@ukr.net

УЛЬТРАСТРУКТУРА ПОВЕРХНІ ЛИСТКІВ *GINKGO BILOBA* L. В УМОВАХ СПЕКИ (НА ПРИКЛАДІ м. КИЄВА)

***Мета** — дослідити анатомо-морфологічну структуру листків Ginkgo biloba L. за умов спеки в м. Києві.*

***Матеріал та методи.** Дослідження проведено на території Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Використано світлову і сканувальну електронну мікроскопію.*

***Результати.** У досліджених рослин G. biloba на території Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна листок гіпостоматичний. Адаксіальна епідерма сформована полігональними клітинами. Клітини епідермальної тканини великі (773,3 клітини на 1 мм^2). Зовнішні периклінальні стінки випуклі, межі між клітинами нечіткі. Рельєф поверхні колікулярний. Наявний епікутикулярний віск (представлений дрібними восковими паличками). Абаксіальна епідерма сформована основними епідермальними клітинами та клітинами продихового апарату. Основні епідермальні клітини полігональні або ізодіаметричні, мають дрібнозвивисті обриси. Зовнішні периклінальні стінки клітин епідерми випуклі та мають папіли. Епікутикулярний віск добре розвинений, представлений дрібними восковими паличками. Продихи югатопапілоцитного типу, не орієнтовані продиховою щілиною вздовж жилок листка, розташовані в зонах між провідними пучками дещо нижче від рівня основних епідермальних клітин. Кількість продихів мала (168,6 на 1 мм^2).*

Дерева G. biloba, котрі зростають у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка, характеризуються подібною мікроморфологічною структурою листкових пластинок та аналогічні за будовою епідермальної тканини рослинам з Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна. Відміни стосуються кількісних показників епідермальної тканини (у рослин з Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка потужніше розвинутий епікутикулярний віск на обох епідермах, менша кількість продихів на одиницю площі (у середньому — 165,3 на 1 мм^2)).

***Висновок.** Ginkgo biloba є перспективним для використання у парковому озелененні з огляду на глобальні зміни клімату в напрямі аридизації.*

Ключові слова: *Ginkgo biloba*, Київ, зміни клімату, листок, продихи.

Упродовж останніх років повторюваність періодів з аномально спекотними кліматичними умовами в світі має тенденцію до зростання. За 137 років метеорологічних спостережень липень 2017 р. виявився найспекотнішим місяцем, а середня сукупна температура поверхні океану та суходолу в червні 2017 р. на 0,83 °С перевищувала середнє значення за цей період у 1951—1980 рр. [14].

Для м. Києва та його передмість установлено стійке збільшення усереднених температур поверхонь на +2,2 °С за період із 1985 до 2014 рр. [4]. Влітку температура повітря у місті завжди вища, ніж на околицях, унаслідок нагрівання сонцем кам'яних будівель, залізобетонних споруд, асфальтового покриття. Прохолоднішу зону в місті створюють ліси, парки, сквери, водні об'єкти (озера, ставки, джерела, струмки, канали, р. Дніпро та малі річки — Либідь, Сирець, Нивка, Горенка, Віта, Дарниця, Любка тощо).

За даними спостережень Центральної геофізичної обсерваторії [7], середня температура повітря у Києві за літній період 2017 р.

© О.А. ФУТОРНА, В.А. БАДАНІНА, І.Г. ОЛЬШАНСЬКИЙ, О.В. ТИЩЕНКО, 2019

становила +21,1 °С, що на 2,4 °С перевищує кліматичну норму. Найбільше відхилення від норми спостерігали у серпні (+3,8 °С). У червні—серпні 2017 р. на території Києва зафіксовано 24 дні з температурою понад +30,0 °С [7].

Поліпшують мікроклімат міста зелені насадження. Крони дерев можуть створювати потужне затінення, достатнє для значного охолодження затіненої ділянки та зниження температури поверхні ґрунту навколо неї. Температура повітря в цій зоні може бути нижчою на 3—5 °С порівняно з відкритою поверхнею [1].

Для нашого дослідження було обрано реліктовий вид гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba* L.), викопні рештки якого відомі з палеозойської ери. Нині цей вид *in situ* зберігся лише в Китаї, проте раніше він та інші (вимерлі) види роду *Ginkgo* були широко розповсюджені [15, 16, 20, 23]. *G. biloba in situ* є рідкісним видом, але його культивують вже понад 3000 років. Він забезпечує гарну тінь і є толерантним до широкого спектру кліматичних та едафічних чинників, має високі показники толерантності до забруднення повітря та стійкості до враження патогенними грибами і комахами [15, 16].

G. biloba є всебічно вивченим об'єктом. Його морфологічні та анатомічні ознаки, зокрема ультраструктурні, досліджували низка авторів [10—13, 15—21, 23 та ін.], зокрема, ультраструктуру продихового апарату, апексу пагона, секреторних структур, будову брахібластів і ауксибластів, диференціацію провідної системи на ранніх етапах онтогенезу, онтогенез листка, структуру листкової поверхні, кутикули, онтогенез чоловічих і жіночих статевих органів, етапи розвитку гаметофітів *in situ* та *in vitro*, випадки утворення насінин на листках, морфологію пилку, структуру та рухи багатоджгутикових сперматозоїдів, здатність до виживання і відтворення за допомогою специфічних лігнобульб, мікоризу, а також дослідження фізіологічних реакцій *G. biloba*, зокрема відповіді його продихового апарату (щільність та індекс продихового апарату) на зміну концентрації атмосферного CO_2 і забруднення повітря різними типами полютантів [10, 11, 15].

Оскільки *G. biloba* є видом, який існує декілька мільйонів років, а також може успішно рости в багатьох природних регіонах Землі, зокрема в квазіприродних та докорінно антропогенно порушених екосистемах, ми припускаємо, що він преадаптований до різноманітних природних умов та змін клімату. Тому саме його обрали модельним видом для досліджень.

Мета — дослідити анатомо-морфологічну структуру листків *Ginkgo biloba* за умов спеки в м. Києві.

Матеріал та методи

Відбір матеріалу для дослідження та вимірювання проводили на території Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (18.08.2017) та Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (22.08.2017).

Температура повітря в дні вимірювань становила від 32 до 35 °С, відносна вологість повітря — від 39 до 51 %.

Для забезпечення статистичної достовірності отриманих результатів обрали по три дерева *G. biloba* приблизно однакового віку (40—50 років). З кожного дерева було відібрано по 5 непошкоджених листків з різних гілок (третій вузол на гілці). З метою рандомізації умов освітлення, від яких залежить рівень стресовості та фотосинтетична ефективність, гілки та листки відбирали по периметру дерева, з нижнього ярусу крони, приблизно на висоті 1,5—2,0 м від поверхні ґрунту. У момент відбору поряд з кожним листком вимірювали фактичну природну освітленість, яка залежно від розташування листка змінювалась в діапазоні 4—80 клк.

Для фіксації рослинного матеріалу використовували фіксатор ФОС (суміш формаліну, оцтової кислоти та етилового спирту). З огляду на зміну будови мезофілу і проекцію епідермальних клітин у різних частинах листка для аналізу завжди брали фрагменти

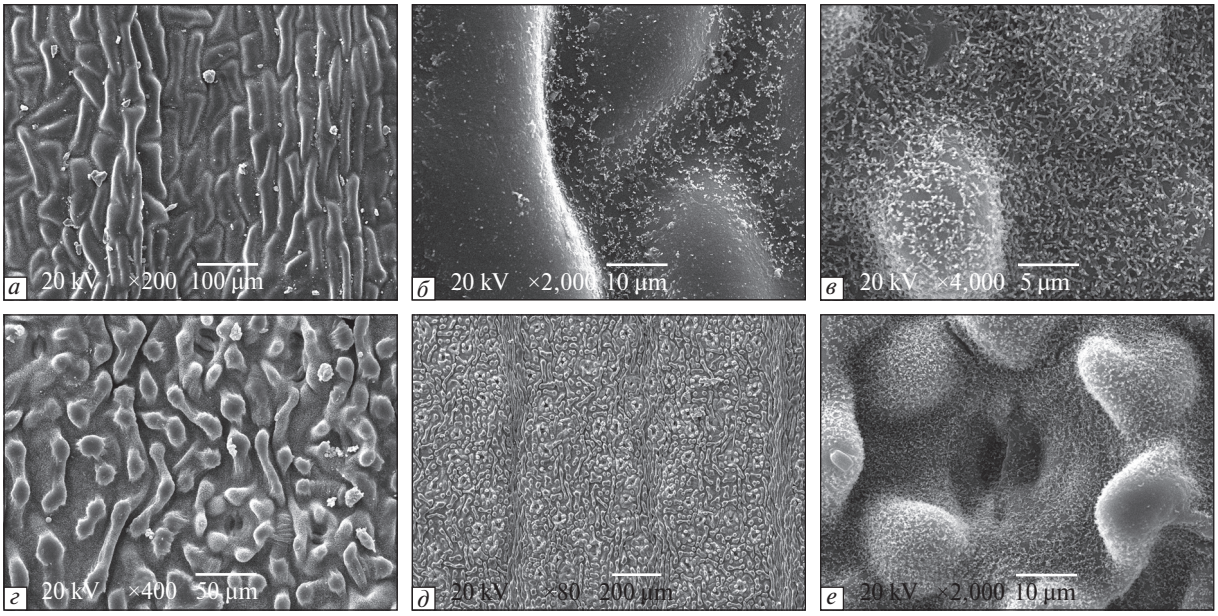

Рис. 1. Ультраструктура абаксіальної (*а, б*) і адаксіальної (*в—е*) поверхонь листкової пластинки рослин *Ginkgo biloba* з Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна

Fig. 1. Ultrastructure of abaxial (*а, б*) and adaxial (*в—е*) surfaces of leaf blade of *Ginkgo biloba* from Academician O.V. Fomin Botanical Garden

листків у середній частині їх довжини. Для виготовлення парадермальних мікропрепаратів епідермальної тканини листкові пластинки залишали в мацеруючому розчині на 7—14 діб. Мікропрепарати готували за загальноприйнятою методикою [6, 9] та досліджували і фотографували за допомогою фотонасадки (E Trek DCM 510) та світлового мікроскопа (Primo Star, Carl Zeiss) за різного збільшення. Мікроморфологічні ознаки, зокрема ультраструктуру поверхні листків, досліджували за допомогою сканувального електронного мікроскопа (СЕМ) (JSM-6060LA, Японія). Матеріал попередньо фіксували на латунних столиках, які напилювали тонким шаром золота у вакуумній камері.

Описи проводили з використанням термінології, узагальненої в працях С. Захаревича (1954), W. Bathlott та ін. (1998) [6, 12]. При визначенні кількості продихів на одиницю площі застосовували класифікацію Б. Васильєва (1988) [1]. Лінійні розміри мікрооб'єктів визначали за допомогою програми Axio Vision 6.0. Кількісні анатомічні показники обробляли методами варіаційної статистики за допомогою програми "Statistica 6.0".

Результати

Ультраструктура поверхні листкової пластинки рослин, які зростають у Ботанічному саду імені акад. О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (рис. 1). В усіх досліджених нами рослин листкова пластинка має спільні ознаки ультраструктури поверхні. Листок гіпостоматичний.

Адаксіальна епідерма сформована полігональними клітинами (іноді трапляються ізодіаметричні клітини), які мають видовжені проекції та звивисті обриси. Клітини епідермальної тканини в усіх досліджених рослин великі (773,3 клітин на 1 мм^2). Зовнішні перикліналь ні стінки випуклі, межі між клітинами нечіткі. Рельєф поверхні колікулярний. Наявний епікутикулярний віск, представлений дрібними восковими паличками.

Абаксіальна епідерма сформована основними епідермальними клітинами та клітинами продихового апарату. Основні епідермальні клітини полігональні або ізодіаметричні (досить рідко), мають дрібнозвивисті обриси. Зовнішні периклінальні стінки клітин епідерми випуклі та мають папіли (зазвичай одну, розташовану по центру клітини). Епікутикулярний віск добре розвинений і представлений, як і на адаксіальній епідермі, дрібними восковими паличками.

Продихи югатопапілоцитного типу (побічні клітини містяться радіально, їх периклінальні стінки за ступенем кутикунізації не відрізняються (або мало відрізняються) від неспеціалізованих клітин епідерми, продихова щілина оточена кутинізованим ребром, у формуванні якого беруть участь усі побічні клітини. Крім того, ребро ускладнене добре вираженими папілами, спрямованими в бік продихової щілини). Продихи не орієнтовані продиховою щілиною вздовж жилок листка, розташовані в зонах між провідними пучками дещо нижче за рівень основних епідермальних клітин. Продихів багато (168,6 на 1 мм^2).

Ультраструктура поверхні листкової пластинки рослин, які зростають у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України (рис. 2).

Усі досліджені дерева *G. biloba* характеризуються подібною мікроморфологічною структурою листкових пластинок та аналогічні за будовою епідермальної тканини рослинам з Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна. Відміни стосуються кількісних показників епідермальної тканини. Так, рослини з Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка характеризуються потужнішим розвитком епікутикулярного воску на обох епідермах порівняно з рослинами Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна. Кількість продихів на одиницю площі — середня (165,3 на 1 мм^2). D.J. Beerling зі співавт. [11] показали, що кількість продихів у *G. biloba* прямо корелює з концентрацією CO_2. Екстраполюючи ці дані, можна припустити, що менша кількість продихів на одиницю площі у *G. biloba* з Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка свідчить про те, що досліджені дерева ростуть при меншій концентрації CO_2.

Описова статистика кількісно-анатомічних ознак листків *Ginkgo biloba*

Descriptive statistics of quantitative and anatomical signs of *Ginkgo biloba* leaves

Показник	Mean	Min.	Max.	Std. Dev.	CV, %	St. error
Ботанічний сад імені акад. О.В. Фоміна						
Кількість продихів на 1 мм^2	168,6	100,0	240,0	46,88	27,79	12,10
Кількість клітин адаксіальної епідерми на 1 мм^2	773,3	600,0	960,0	87,72	11,34	22,64
Кількість клітин абаксіальної епідерми на 1 мм^2	1115,3	700,0	1560,0	200,28	17,95	51,712
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України						
Кількість продихів на 1 мм^2	165,3	120,0	220,0	31,82	19,24	8,215
Кількість клітин адаксіальної епідерми на 1 мм^2	619,2	344,0	800,0	121,56	19,63	31,38
Кількість клітин абаксіальної епідерми на 1 мм^2	1169,3	800,0	1400,0	158,22	13,53	40,85

П р и м і т к а: Mean — середнє арифметичне; Min. — мінімальне значення ознаки; Max. — максимальне значення ознаки; Std. Dev. — стандартне відхилення; CV — коефіцієнт варіювання; St. error — похибка середнього арифметичного.

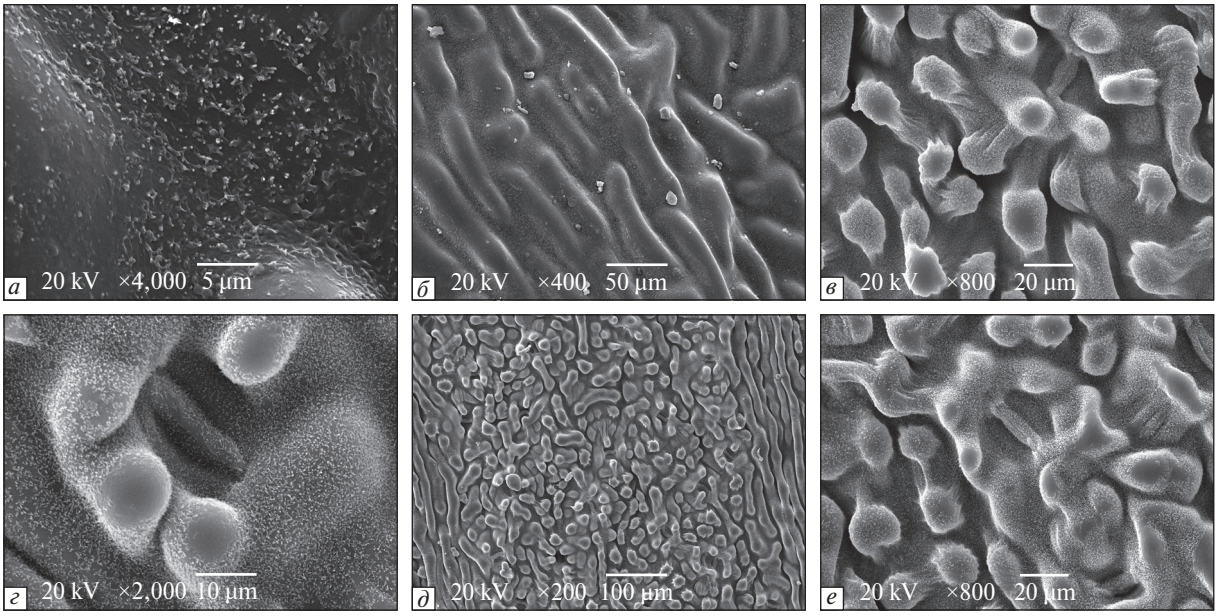

Рис. 2. Ультраструктура абаксіальної (*а, б*) і адаксіальної (*в—е*) поверхонь листкової пластинки рослин *Ginkgo biloba* з Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України

Fig. 2. Ultrastructure of abaxial (*а, б*) and adaxial (*в—е*) surfaces of leaf blade of *Ginkgo biloba* from M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine

Обговорення

Структура продихового апарату відображує пристосування рослинного організму до умов природного місцезростання, а саме до кількості сонячної радіації та вологи. Хоча ця особливість є видоспецифічною, вона може варіювати залежно від умов зовнішнього середовища в межах норми реакції генотипу. При перенесенні рослин в нові умови вторинного ареалу можуть відбуватися зміни в структурі продихового апарату через адаптивні процеси, які активуються в рослинному організмі внаслідок зміни середовища зростання [2, 5].

Наші дослідження структури продихового апарату рослин *G. biloba*, котрі зростають на території двох ботанічних садів у м. Києві, не виявили суттєвих відмін та підтверджують літературні дані щодо будови та локалізації продихів у рослин *G. biloba*. Продихи містяться нижче за рівень основних епідермальних клітин, додатково захищені папілами, спрямованими в бік продихової щілини, разом з потужною кутикулою та епікутикулярним воском створюють мікроклімат навколо продихового апарату. На нашу думку, це свідчить про еволюційно сформовану адаптованість рослин досліджуваного виду до умов довкілля. Ймовірно, саме така структура продихового апарату в комплексі з потужною кутикулою та епікутикулярним воском зумовили і забезпечили тривале існування цього виду, незважаючи на багаторазові зміни клімату впродовж історії існування Землі.

На листках усіх досліджених рослин виявлено частки «техногенного бруду». Менше їх спостерігали на листках рослин з Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна, більше — на листках рослин з Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка. Потрапляння часток такого бруду на замикаючі клітини продихів може порушувати роботу продихового апарату і впливати на внутрішню структуру листків.

Доведено, що зміни клімату і антропогенне забруднення довкілля в урбоекосистемах виявляються зміною морфолого-анатомічної структури рослин та формуванням пристосувально-

захисних механізмів [4]. Здатність рослин реагувати відповідним чином на зовнішні впливи є необхідною умовою їх існування і адаптації до умов довкілля. Анатомічні перебудови в рослинних організмах, які виникають у відповідь на зміни клімату, котрі посилюються дією екзогенних полютантів, відіграють важливу роль у визначенні їх стійкості до несприятливих чинників, оскільки організм адаптується в межах генетично успадкованих норм реакцій, його здатність витримувати коливання чинників довкілля визначена індивідуальною екологічною потенцією. Узагальнені експериментальні дані багатьох дослідників щодо відносної чутливості *G. biloba* до різних забруднювачів повітря свідчать про його толерантність до діоксиду сірки, оксиду азоту та озону, середні показники толерантності до фторидів, що загалом вказує на те, що дерева *G. biloba* є досить стійкими до газових забруднювачів [15].

Таким чином, у *G. biloba* в процесі еволюції адаптація до змінюваних умов довкілля, ймовірно, відбувалася в напрямку формування потужного епідермального комплексу, що виявляється наявністю потужної кутикули, епікутикулярного воску, потовщених периклинальних стінок клітин епідерми та унікального продихового апарату, притаманного лише гінкговим.

Висновки

Нами не виявлено суттєвих відмін у мікроморфологічній структурі листкових пластинок, будові та локалізації продихового апарату рослин *G. biloba*, котрі зростають на територіях двох ботанічних садів у м. Києві: продихи югатопапілоцитного типу містяться нижче за рівень основних епідермальних клітин, додатково захищені папілами, які разом з потужною кутикулою та епікутикулярним воском створюють мікроклімат навколо продихового апарату. Відміни стосуються кількісних показників епідермальної тканини: ступеня розвитку епікутикулярного воску на епідермі та кількості продихів на одиницю площі: рослини з Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка характеризуються потужнішим розвитком епікутикулярного воску на обох епідермах та меншою кількістю продихів на одиницю площі порівняно з рослинами з Ботанічного саду імені акад. О.В. Фоміна.

Про еволюційно сформовану адаптованість рослин *G. biloba* до умов довкілля свідчать: розміщення продихів нижче за рівень основних епідермальних клітин, наявність папіл, спрямованих у бік продихової щілини, потужна кутикула та епікутикулярний віск. Ці ознаки свідчать також про перспективність використання рослин *G. biloba* для паркового озеленення з огляду на аридизацію клімату.

Роботу виконано за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф76 / 37497 «Розробка стратегії подолання «Міського острова тепла» урболандшафту Києва на основі підбору стрес-толерантних видів світової флори», грант 0117U001999.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Адаптація* до зміни клімату: зелені зони міст на варті прохолоди / Т. Казанцев, О. Халаїм, О. Василюк, В. Філіпович, Г. Крилова. — К.: Зелена хвиля, 2016. — 40 с.
2. *Бабицький А.І.* Дослідження продихових апаратів малопоширених деревних інтродуцентів родини Rosaceae Juss. у звязку з їхньою посухостійкістю в умовах Правобережного Лісостепу України / А.І. Бабицький // Наук. зап. Тернопільського нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. — 2011. — № 1(46). — С. 3—8.
3. *Васильев Б.Р.* Строение листа древесных растений различных климатических зон / Б.Р. Васильев. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. — 208 с.
4. *Волошина Н.О.* Загальна екологія та неоекологія / Н.О. Волошина. — К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. — 335 с.
5. *Зайцев Г.Н.* Фенология древесных растений / Г.Н. Зайцев. — М.: Наука, 1981. — 120 с.
6. *Захаревич С.Ф.* К методике описания эпидермиса листа / С.Ф. Захаревич // Вестн. Ленинград. ун-та. — 1954. — № 4. — С. 65—75.
7. *Погодні* підсумки цьогорічного літа у столиці [Електронний ресурс] // Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Ізмаїловича Срезневського. — 2017. — Режим доступу: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full&p=1&f=news-cgo&val=2017-09-04-10-58-33&ko=0.
8. *Прогноз* тепловой реакции городской среды Санкт-Петербурга и Киева на изменение климата (по

материалам съемок спутниками EOS и Landsat) / В.И. Горный, В.И. Лялько, С.Г. Крицук [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2016. — № 13(2). — С. 176—191. doi: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-176-191.

9. *Фурст Г.Г.* Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей / Г.Г. Фурст. — М.: Наука, 1979. — 168 с.
10. *Assessing* characters the potential for the stomatal of extant and fossil Ginkgo leaves to signal atmospheric CO_2 change / L.-Q. Chen, Ch.-S. Li, W.G. Chaloner [et al.] // Amer. J. Bot. — 2001. — Vol. 88(7). — P. 1309—1315.
11. *Beerling D.J.* Stomatal responses of the 'living fossil' *Ginkgo biloba* L. to changes in atmospheric CO_2 concentrations / D.J. Beerling, J.C. McElwain, C.P. Osborne // J. Exp. Bot. — 1998. — Vol. 49(326). — P. 1603—1607. doi: https://doi.org/10.1093/jxb/49. 326. 1603
12. *Classification* and terminology of plant epicuticular waxes / W. Barthlott, C. Neinhuis, D. Culter [et al.] // Bot. J. Linn. Soc. — 1998. — Vol. 126(3). — P. 237—260. doi: https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1998.tb02529.x
13. *Fossil* plant evidence for Early and Middle Jurassic paleoenvironmental changes in Lanzhou area, Northwest China / B.-N. Sun, S.-P. Xie, D.-F. Yan, P.-Y. Cong // Palaeoworld. — 2008. — Vol. 17. — P. 215—221. doi: 10.1016/j.palwor.2008.09.002
14. *Global* Climate Report — June 2017 [Електронний ресурс] // National Centers For Environmental Information. — 2017. — Moda access: doi: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201706
15. *Hara N.* Morphology and anatomy of vegetative organs in *Ginkgo biloba* / N. Hara // *Ginkgo biloba* — A Global Treasure: From Biology to Medicine / T. Hori, R.W. Ridge, W. Tulecke, P. Del Tredici, J. Tremouillaux-Guiller, H. Tobe (eds.). — Tokyo: Springer-Verlag, 1997. — P. 3—15. doi:10.1007/978-4-431-68416-9_1.
16. *Medicinal* and aromatic plants — industrial profiles. *Ginkgo biloba* / T.A. van Beek (ed.). — Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 2000. — N 12. — 532 p.
17. *Overdieck D.* Gas exchange of *Ginkgo biloba* leaves at different CO_2 concentration levels / D. Overdieck, J. Strassemeyer // Flora. — 2005. — Vol. 200. — P. 159—167.
18. *Pa D.D.* Development of stomata in leaves of three species of *Cycas* and *Ginkgo biloba* L. / D.D. Pa, B. Mehra // J. Linn. Soc. (Bot.). — 2008. — Vol. 58(375). — P. 491—497. doi: https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1964.tb00917.x
19. *Pandey S.* Photosynthetic performance of *Ginkgo biloba* L. grown under high and low irradiance / S. Pandey, S. Kumar, P.K. Nagar // Photosynthetica. — 2003. — Vol. 41(4). — P. 505—511. doi: https://doi.org/10.1023/B:PHOT.0000027514.56808.35
20. *Permian* ginkgophyte fossils from the Dolomites resemble extant O-ha-tsuki aberrant leaf-like fructifications of *Ginkgo biloba* L. / T.C. Fischer, B. Meller, E. Kustatscher, R. Butzmann // BMC Evolutionary Biology. — 2010. — N 10. — P. 337. doi: https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-337.
21. *Rudall P.J.* Ultrastructure of stomatal development in *Ginkgo biloba* / P.J. Rudall, A. Rowland, R.M. Bateman // Int. J. Plant Sci. — 2012. — Vol. 173(8). — P. 849—860. doi: 10.1086/667230
22. *Smith R.Y.* Estimating paleoatmospheric pCO_2 during the Early Eocene Climatic Optimum from stomatal frequency of *Ginkgo*, Okanagan Highlands, British Columbia, Canada / R.Y. Smith, D. R. Greenwood, J.F. Basinger // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. — 2010. — Vol. 293. — P. 120—131.
23. *Terry A.C.* Long-term growth of Ginkgo with CO_2 enrichment increases leaf ice nucleation temperatures and limits recovery of the photosynthetic system from freezing / A.C. Terry, W. P. Quick, D.J. Beerling // Plant Physiol. — 2000. — Vol. 124. — P. 183—190. doi: https://doi.org/ 10.1104/pp.124.1.183

Рекомендувала Л.І. Буюн
Надійшла 10.06.2019

REFERENCES

1. *Kazantsev, T., Khalaim, O., Vasyliuk, O., Filipovych, V. and Krylova, H.* (2016), Adaptatsiya do zminy klimatu: zeleni zony mist na varti prokholody [Adaptation to the climate change: Green areas of the city keep cool]. Kyiv: Zelena khvylia, 40 p.
2. *Babytskii, A.I.* (2011), Doslidzhennia prodykhovykh aparativ maloposhyrenykh derevnykh introdutsentiv rodyny Rosaceae Juss. u zvyasku z yikhnioyu posukhostiykistiu v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [The investigation of stomas of seldomly occurring woody introducents of the Rosaceae Juss. family in connection with their drought resistance in conditions of the Right-Bank of Forest-Steppe of Ukraine]. Naukovi zapysky Tarnopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu, Seriya Biolohiya [Scientific notes of the Ternopil National Pedagogical University. Series Biology], N 1(46), pp. 3—8.
3. *Vasilyev, B.R.* (1988), Stroyeniye lista drevesnykh rasteniy razlichnykh klimaticheskikh zon [Leaf structure of woody plants of different climatic zones]. Leningrad: Izd-vo LGU, 208 p.
4. *Voloshyna, N.O.* (2015), Zahalna ekolohiya i neoekolohiya [General ecology and neocology]. Kyiv: NPU imeni M.P. Drahomanova, 335 p.
5. *Zaytzev, G.N.* (1981), Fenologiya drevesnykh rasteniy [Phenology of woody plants]. Moscow: Nauka, 120 p.

6. *Zakharievich, S.F.* (1954), K metodike opisaniya epidermisa lista [To the method of the leaves epidermis describing]. Vestnik Leningradskogo universiteta [Bulletin of the Leningrad University], N 4, pp. 65—75.
7. *Pohodni* pidsumky tsiohorichnoho lita u stolytsi (Elektronnyi resurs) [Weather results of this year in the capital (Electronic source)]. Tsentralna heofizychna observatoriya imeni Borysa Izmayilovycha Sreznevskoho [Borys Izmayilovych Sreznevskyi Central geophysical observatory], 2017. — Moda access: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full&p=1&f=news-cgo&val=2017-09-04-10-58-33&ko=0
8. *Gornyy, V.I., Lyalko, V.I., Kritsuk, S.G., Latypov, I.Sh., Tronin, A.A., Filippovich, V.E., Stankievich, S.A., Brovkina, O.V., Kiselev, A.V., Davidan, T.A., Lubskii, N.S. and Krylova, A.B.* (2016), Prognoz teplovoy reaktzii gorodskoy sredy Sankt-Peterberga I Kieva na izmeneniye klimata (po materialam syomok sputnikami EOS i Landsat) [Forecast of Saint-Petersburg and Kyiv thermal replies on climate change (on the basis of EOS and Landsat satellite imagery)]. Sovremennyye problemy distantzionnogo zondirovaniya Zemli iz Kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth fromspace], N 13(2), pp. 176—191. doi: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-176-191
9. *Furst, G.G.* (1979), Metody anatomo-gistokhimicheskogo issledovaniya rastitelnykh tkanei [Methods of anatomic-histochemical study of plants]. Moscow: Nauka, 168 p.
10. *Chen, L.-Q., Li, Ch.-S., Chaloner, W.G., Beerling, D.J., Sun, Q.-G., Collinson, M.E. and Mitchell, P.L.* (2001), Assessing characters the potential for the stomatal of extant and fossil Ginkgo leaves to signal atmospheric CO_2 change. Amer. J. Bot., vol. 88(7), pp. 1309—1315.
11. *Beerling, D.J., McElwain, J.C. and Osborne, C.P.* (1998), Stomatal responses of the 'living fossil' *Ginkgo biloba* L. to changes in atmospheric CO_2 concentrations. J. Exp. Bot., vol. 49(326), pp. 1603—1607. doi: https://doi.org/10.1093/jxb/49.326.1603
12. *Barthlott, W., Neinhuis, C., Culter, D., Friedrich, D., Meusel, I., Theisen, I. and Wilhelmi, H.* (1998), Classification and terminology of plant epicuticular waxes. Bot. J. Linn. Soc., vol. 126(3), pp. 237—260. doi: https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1998.tb02529.x
13. *Sun, B.-N., Xie, S.-P., Yan, D.-F. and Cong, P.-Y.* (2008), Fossil plant evidence for Early and Middle Jurassic paleoenvironmental changes in Lanzhou area, Northwest China. Palaeoworld, vol. 17, pp. 215—221. doi: 10.1016/j.palwor.2008.09.002
14. *Global* Climate Report — June 2017 (Electronic source). National Centers For Environmental Information, 2017. — Moda access: doi: https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201706
15. *Hara, N.* (1997), Morphology and anatomy of vegetative organs in *Ginkgo biloba*. *Ginkgo biloba* — A Global Treasure: From Biology to Medicine T. Hori, R.W. Ridge, W. Tulecke, P. Del Tredici, J. Tremouillaux-Guiller, H. Tobe (eds.). Tokyo: Springer-Verlag, 1997, pp. 3—15. doi:10.1007/978-4-431-68416-9_1.
16. *van Beek T.A.* (ed.) (2000), Medicinal and Aromatic Plants — Industrial Profiles. *Ginkgo biloba*. Amsterdam: Harwood academic publishers, N 12, 532 p.
17. *Overdieck, D. and Strassemeyer, J.* (2005), Gas exchange of *Ginkgo biloba* leaves at different CO_2 concentration levels. Flora, vol. 200, pp. 159—167.
18. *Pa, D.D. and Mehra, B.* (2008), Development of stomata in leaves of three species of *Cycas* and *Ginkgo biloba* L. J. Linn. Soc. (Bot.), vol. 58(375), pp. 491—497. doi: https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1964.tb00917.x.
19. *Pandey, S., Kumar, S. and Nagar, P.K.* (2003), Photosynthetic performance of *Ginkgo biloba* L. grown under high and low irradiance. Photosynthetica, vol. 41(4), pp. 505—511. doi: https://doi.org/10.1023/B:PHOT.0000027514.56808.35.
20. *Fischer, T.C., Meller, B., Kustatscher, E. and Butzmann, R.* (2010), Permian ginkgophyte fossils from the Dolomites resemble extant O-ha-tsuki aberrant leaf-like fructifications of *Ginkgo biloba* L. BMC Evolutionary Biology, N 10, pp. 337, doi: https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-337.
21. *Rudall, P.J., Rowland, A. and Bateman, R.M.* (2012), Ultrastructure of stomatal development in *Ginkgo biloba*. Int. J. Plant Sci., vol. 173(8), pp. 849—860. doi: 10.1086/667230
22. *Smith, R.Y., Greenwood, D.R. and Basinger, J.F.* (2010), Estimating paleoatmospheric pCO_2 during the Early Eocene Climatic Optimum from stomatal frequency of *Ginkgo*, Okanagan Highlands, British Columbia, Canada. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, vol. 293, pp. 120—131.
23. *Terry, A.C., Quick, W.P. and Beerling, D.J.* (2000), Long-Term growth of *Ginkgo* with CO_2 enrichment increases leaf ice nucleation temperatures and limits recovery of the photosynthetic system from freezing. Plant Physiol, vol. 124, pp. 183—190. doi: https://*doi*.org/10.1104/pp.124.1.183

Recommended by L.I. Buyun
Received 10.06.2019

О.А. Футорна [1], В.А. Баданина [1], И.Г. Ольшанский [2], О.В. Тищенко [1],

[1] Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина, г. Киев
[2] Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Украина, г. Киев

УЛЬТРАСТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ *GINKGO BILOBA* L. В УСЛОВИЯХ ЗНОЯ (НА ПРИМЕРЕ Г. КИЕВА)

Цель — исследовать анатомо-морфологическую структуру листьев *Ginkgo biloba* L. в условиях зноя в г. Киеве.

Материал и методы. Исследование проведено на территории Ботанического сада имени акад. А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко и Национального ботанического сада имени Н.Н. Гришко НАН Украины. Использована световая и сканирующая электронная микроскопия.

Результаты. У исследованных растений *G. biloba* на территории Ботанического сада имени акад. А.В. Фомина лист гипостоматический. Адаксиальная эпидерма сформирована полигональными клетками. Клетки эпидермальной ткани крупные (773,3 клеток на 1 мм^2). Внешние периклинальные стенки выпуклые, границы между клетками нечеткие. Рельеф поверхности коликулярный. Имеется эпикутикулярный воск (представлен мелкими восковыми палочками). Абаксиальная эпидерма сформирована основными эпидермальными клетками и клетками устьичного аппарата. Основные эпидермальные клетки полигональные или изодиаметрические, имеют мелкоизвилистые очертания. Внешние периклинальные стенки клеток эпидермиса выпуклые и имеют папиллы. Эпикутикулярний воск хорошо развит, представлен мелкими восковыми палочками. Устьица югатопапиллоцитного типа, не ориентированные вдоль жилок листа, расположены в зонах между проводящими пучками несколько ниже уровня основных эпидермальных клеток. Устьиц мало (168,6 на 1 мм^2).

Деревья *G. biloba*, растущие в Национальном ботаническом саду имени Н.Н. Гришко, характеризуются подобной микроморфологической структурой листовых пластинок и аналогичные по строению эпидермальной ткани растениям из Ботанического сада имени акад. А.В. Фомина. Отличия касаются количественных показателей эпидермальной ткани (у растений из Национального ботанического сада имени Н.Н. Гришко мощнее развит эпикутикулярний воск на обоих эпидермисах, большее количество устьиц на единицу площади (в среднем — 165,3 на 1 мм^2).

Вывод. *Ginkgo biloba* является перспективным для использования в парковом озеленении с учетом глобальных изменений климата в направлении аридизации.

Ключевые слова: *Ginkgo biloba*, Киев, изменения климата, лист, устьица.

O.A. Futorna [1], V.A. Badanina [1], I.G. Olshanskyi [2], O.V. Tyshchenko [1]

[1] Taras Shevchenko Kyiv National University, Ukraine, Kyiv
[2] M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Kyiv

LEAVES SURFACE OF *GINKGO BILOBA* L. IN HEAT CONDITIONS (IN KYIV CITY)

Objective — to investigate the anatomical and morphological structure of *Ginkgo biloba* leaves in the heat conditions of Kyiv.

Material and methods. The study was carried out on the territory of Academician O.V. Fomin Botanical Garden and M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. It was used light and scanning electron microscopy.

Results. The investigated plants in O.V. Fomin Botanical Garden have hipostomatic leaves. Adaxial epidermis is formed by polygonal cells. The epidermal tissue cells are large (773.3 cells per 1 mm^2). External periclinal walls are curved. The boundaries between the cells are obscure. The surface relief is colycular. Epicuticular wax is present (represented by piddling wax sticks). Abaxial epidermis is formed by epidermal cells and stoma complex. Epidermal cells are polygonal or isodiametral. External periclinal walls of epidermal cells are curved and have papillas formed by external periclinal walls. Epicuticular wax is well-developed, represented by wax sticks. Stomatas are not oriented by their stomatal slits along leaf vein and are located between main fascicles, under the level of main epidermal cells. Number of stomatas is low (168.6 per 1 mm^2).

In M.M. Gryshko National Botanical Garden *G. biloba* trees are characterized by similar micromorphological structure of leaf plates and almost identical to plants from O.V. Fomin Botanical Garden by their epidermal tissue structure. Differences are related to quantitative indicators (plants from M.M. Gryshko National Botanical Garden have more developed epicuticullar wax on both of epidermises, number of stomats per 1 mm^2 — 165.3).

Conclusion. Taking into account the existing global climate change in the direction of aridization *Ginkgo biloba* is promising for use in park landscaping.

Key words: *Ginkgo biloba*, Kyiv, climate change, leaf, stoma complex.