

УДК 582.677

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-27>

## ПРОДИХОВІ КОМПЛЕКСИ ЛИСТКІВ ПРЕДСТАВНИКІВ ЛИСТОПАДНИХ МАГНОЛІЄВИХ ЯК МАРКЕРИ ТЕРМОРЕГУЛЮЮЧОЇ ТА МІКРОКЛІМАТОФОРМУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ РОСЛИН

Демченко М.К.<sup>1</sup>, Футорна О.А.<sup>1</sup>, Баданіна В.А.<sup>1</sup>, Смірнов О.С.<sup>1</sup>, Ольшанський І.Г.<sup>2</sup>, Таран Н.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64/13, 01601, м. Київ  
oksana\_drofa@yahoo.com

<sup>2</sup>Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного  
Національної академії наук України  
вул. Терещенківська, 2, 01004, м. Київ  
olshansky1982@ukr.net

За допомогою методів світлової та сканувальної електронної мікроскопії досліджено ультраструктуру поверхні листків *Liriodendron tulipifera* L. та чотирьох видів роду *Magnolia* L.: *M. tripetala* (L.) L., *M. denudata* Desr., *M. liliiflora* Desr. та *M. salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim. З'ясовано, що за ультраструктурою поверхні листових пластинок, за обрисами та проекціями основних епідермальних клітин *Liriodendron tulipifera* відрізняється від досліджуваних видів магнолій. Згідно з результатами досліджень як маркерні показники для визначення адаптації представників магнолієвих до нових умов місцезростання можна використовувати продиховий індекс, кількість і площу продихів як найбільш константні показники. За вказаними показниками *Magnolia liliiflora* віднесено до висококліматоформуєчих рослин. *Ключові слова*: скануючий електронний мікроскоп, епідерма, трихоми, продихи, *Liriodendron*, *Magnolia*.

**Устьичные комплексы листьев представителей листопадных магнолиевых как маркеры терморегулирующей и микроклиматоформирующей способности растений.** Демченко Н.К., Футорна О.А., Баданина В.А., Смирнов А.Е., Ольшанский И.Г., Таран Н.Ю. С помощью методов световой и сканирующей электронной микроскопии исследована ультраструктура поверхности листьев *Liriodendron tulipifera* L. и четырех видов рода *Magnolia* L.: *M. tripetala* (L.) L., *M. denudata* Desr., *M. liliiflora* Desr. и *M. salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim. Выяснено, что по ультраструктуре поверхности листовых пластинок, по очертаниям и проекциям основных эпидермальных клеток *Liriodendron tulipifera* отличается от исследуемых видов магнолий. По результатам исследований в качестве маркерных показателей для определения адаптации представителей магнолиевых к новым условиям произрастания можно использовать устьичный индекс, количество и площадь устьиц как наиболее константные показатели. По указанным показателям *Magnolia liliiflora* отнесена к высококлиматоформирующим растениям. *Ключевые слова*: сканирующий электронный микроскоп, эпидерма, трихомы, устьица, *Liriodendron*, *Magnolia*.

**Stomata complexes of leaves of leaf-declining representatives of Magnoliaceae as a markers of a thermoregulatory and microclimate-forming ability of plants.** Demchenko N., Futorna O., Badanina V., Smirnov O., Olshanskyi I., Taran N. The ultrastructure of the surface of leaves of *Liriodendron tulipifera* L. and four species of *Magnolia* L.: *M. tripetala* (L.) L., *M. denudata* Desr., *M. liliiflora* Desr., *M. salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim. were studied by means of light and scanning electron microscopy. It is shown that the ultrastructure of the surface of the puff pastry, in terms of outlines and projections of the main epidermal cells of *Liriodendron tulipifera* differs from the studied magnolia species. According to the results of the research, as a marker indicator for determining the adaptation of the magnolia representatives to the new conditions of location, the breathing index, the number and area of stomata can be used as the most constant indicators. According to these indicators *Magnolia liliiflora* is classified as highly climate-forming plants. *Key words*: scanning electron microscopy, epidermis, trichomes, stomata, *Liriodendron*, *Magnolia*.

**Постановка проблеми.** Унаслідок господарської діяльності людини на величезних площах змінені покриви (зокрема, через зведення лісів, розорювання, прокладання доріг тощо). Уже доведено, що існує тісний зв'язок між поверхневою вологістю, тепловими потоками та опадами. Тому зміни властивостей

наземних поверхонь впливають на потоки тепла й вологи в межах граничного шару планети та на конвективно доступну потенційну енергію. Відповідно, зміни відбулися також у формуванні хмар та опадів [1].

Так, з 1990-х рр. в Україні в теплий період спостерігається значна тенденція до збільшення середньої

температури та вмісту вологи в тропосфері, які зумовили зростання конвективно доступної потенційної енергії атмосфери, швидкості висхідних потоків, підвищення рівня конденсації та рівня конвекції, а також привели до збільшення нестійкості атмосфери. Унаслідок таких змін в Україні зросла кількість та інтенсивність сильних злив, градів, шквалів, смерчів, збільшилася кількість днів із грозами [2; 3].

**Актуальність дослідження.** Тому необхідно проводити заходи для зменшення негативного впливу проявів кліматичних змін. Зокрема, посадка дерев є високоєфективною стратегією для охолодження міського середовища, однак оскільки міста продовжують нагріватися, то придатність міських середовищ для деяких видів дерев змінюється. Очевидно, що температурні показники й надалі продовжуватимуть змінюватися, тому перелік видів, які нині широко культивуються, також необхідно змінювати. Для ефективної стратегії екологічного управління зеленою інфраструктурою необхідно визначити види дерев, які, імовірно, залишатимуться добре адаптованими до міського клімату тривалий час у майбутньому. Зокрема, це потрібно для пом'якшення негативного впливу міських островів тепла [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проаналізувавши відсоток зменшення сонячного випромінювання, відносні зміни температури повітря та земної поверхні під деревами й на відкритому повітрі, С.Л. Bueno-Bartholomei та Л.С. Labaki [5] виявили відмінності в охолоджувальній здатності різних видів. Ці відмінності зумовлені специфічними характеристиками аналізованих видів, а також індивідуальними характеристиками дерев (таких як структура й густота крони, розмір, форма та забарвлення листя, вік дерева та стадія росту).

Наші дослідження також підтверджують, що різні види дерев мають неоднакову кліматоформуєчу здатність [6].

Публікацію присвячено дослідженню особливостей поверхні листків представників родини магнолієвих у контексті їх кліматоформуєчої здатності. Відповідно, **метою роботи** стало дослідження продигових комплексів листків листопадних представників магнолієвих як маркерів терморегулюєчої та мікрокліматоформуєчої здатності рослин.

Магнолієві привертала великий інтерес багатьох ботаніків. Ця родина вважається однією з базальних груп квіткових рослин та відіграє ключову роль у побудові моделей імовірних перших квіток. Викопні рештки свідчать про те, що родина має тривалу еволюційну історію в понад 100 мільйонів років. Родина Magnoliaceae Juss. об'єднує два роди – *Magnolia* L. (налічує близько 230 видів) та *Liriodendron* (2 види: *L. chinense* (Hemsl.) Sarg. і *L. tulipifera* L.). Ця родина є добре окресленою групою. До неї належать вічнозелені та листопадні дерева й кущі. Їхні листки з прилистками є простими, жилкування перисте, листорозміщення чергове; листові пластинки нерозсічені

або лопатеві. Квітки великі, яскраві, двостатеві (за окремими винятками), оцвітину не диференційована, андроцей складається із численних спіральних розташованих тичинок, гінецей – з багатьох простих плодолистків, які спіральні розташовані на витягнутій осі. Плоди апокарпні, зазвичай складаються із численних спіральних розміщених простих плодиків. Більшість видів родини в наш час поширені в помірних і тропічних районах Південно-Східної Азії, також трапляються магнолієві Північній і Південній Америці. Найчастіше представники цієї родини ростуть у гірських лісах, хоча трапляються й на заболочених місцях, зокрема на торф'яних болотах. Завдяки своїй декоративності магнолієві часто культивуються в різних куточках планети. Також у господарській діяльності використовується деревина магнолієвих, а деякі види належать до лікарських рослин [7–10].

Види роду *Magnolia* – вічнозелені та листопадні дерева й кущі, поширені в Північній Америці та Східній Азії. У крейдяний і третинний періоди магнолії були широко поширені до сучасної Арктики. Рід відокремився в ті часи, коли перетинчастокрилих комах (зокрема, бджіл) ще не було, і магнолії пристосувалися до запилення жуками [11].

Рід *Liriodendron* представлений лише листопадними деревами, природний ареал *L. chinense* – це Азія (південь і схід Китаю та північ В'єтнаму), а *L. tulipifera* – Північна Америка (схід США). *Liriodendron tulipifera* інтродукований та широко культивується в регіонах із помірним кліматом, на північ поширений до широти Осло (Норвегія). А в південній півкулі його вирощують в Аргентині, Австралії, Чилі, Новій Зеландії, ПАР та Уругваї. Поза природним ареалом інвазійність не проявляє [12; 13].

В умовах глобальних змін клімату озеленення антропогенно трансформованих урболандшафтів потребує нового підходу до підбору стрес-толерантних високодекоративних рослин із представників аборигенних та інтродукованих видів. У цьому аспекті велика роль належить ботанічним садам, у яких зосереджені світові колекції рослин зі специфічними кліматоформуєчими властивостями.

**Матеріали та методи дослідження.** Нами досліджено поверхню листків *Liriodendron tulipifera* та чотирьох видів роду *Magnolia*, які ростуть в умовах відкритого ґрунту в Ботанічному саду імені академіка О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (див. табл. 1).

Для дослідження брали зрілі листки нижнього ярусу дерев. Для дослідження епідермальної тканини під світловим мікроскопом (далі – СМ) у парадермальній площині виготовляли тимчасові препарати з фіксованого матеріалу. Ультраструктуру поверхні вивчали за допомогою скануючого електронного мікроскопа СЕМ JSM-6060 LA. Для дослідження зразків під скануючим електронним мікроскопом

## Список досліджених видів

Вид	Центр походження
<i>Magnolia tripetala</i> (L.) L.	Північна Америка
<i>Magnolia denudata</i> Desr.	Китай
<i>Magnolia liliiflora</i> Desr.	Китай
<i>Magnolia salicifolia</i> (Siebold & Zucc.) Maxim.	Японія
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	Північна Америка

(далі – СЕМ) сухі листки фіксували на столику та напилювали тонким шаром золота. Описи проводилися з використанням термінології, узагальненої в працях вітчизняних і зарубіжних учених [14–16].

До уваги брали такі параметри:

- типи продихового комплексу;
- стан продихів (відкриті чи закриті);
- ширину й довжину продихів;
- ширину продихової щілини;
- кількість і щільність продихів;
- кількість та щільність епідермальних клітин;
- продиховий індекс;
- площу продихів;
- коефіцієнт продихової поверхні;
- індекс потенціалу провідності;
- стиск продихів.

Вимірювання проводили в 30-кратній повторності за допомогою мікроскопа Bresser LCD Microscope. Вимірювання лінійних розмірів здійснювали з використанням програми Image Pro Premier 9.1 (USA).

Площу продихів вираховували за формулою площі еліпса:

$$S = \pi \times a \times b,$$

де S – площа еліпса; a – довжина великої півосі еліпса; b – довжина малої півосі еліпса.

Виклад основного матеріалу.

**Ультраструктура поверхні листків *Liriodendron tulipifera* L.** (див. рис. 1). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листової пластинки межі клітин добре проглядаються. Основні епідермальні клітини ізодіаметричні, полігональні (чотири-, п'ятикутні), характеризуються прямими обрисами та багатокутними проекціями. Рельєф адаксиальної поверхні листової пластинки злегка колікулярний. Зовнішні периклінальні стінки епідермальних клітин злегка випуклі, антиклінальні стінки не потовщені. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений потужними кірками.

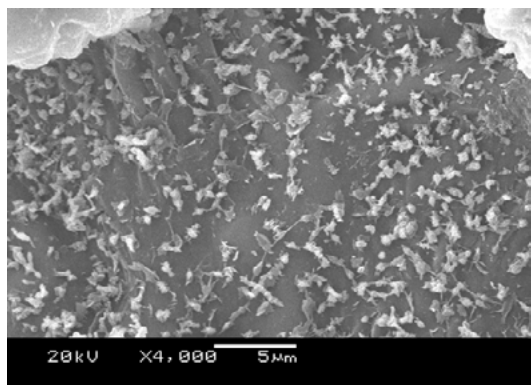
На абаксиальній поверхні листової пластинки добре помітні парацитні продихи, не орієнтовані своєю довгою віссю вздовж середньої жилки листка. Містяться нижче рівня основних клітин епідерми. Довжина продихів становить  $108,13 \pm 0,27$  мкм, ширина –  $87,23 \pm 1,89$  мкм. Антиклінальні стінки епідермальних клітин потовщені, периклінальні – впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок.

На відміну від адаксиальної епідерми, на абаксиальній наявна густа сітка папіл, які сформовані антиклінальними стінками епідермальних клітин, кожна клітина має декілька папіл. Наявний щільний шар воску. Віск представлений спіральньо закрученими паличками та нерівнокраїми пластинками.

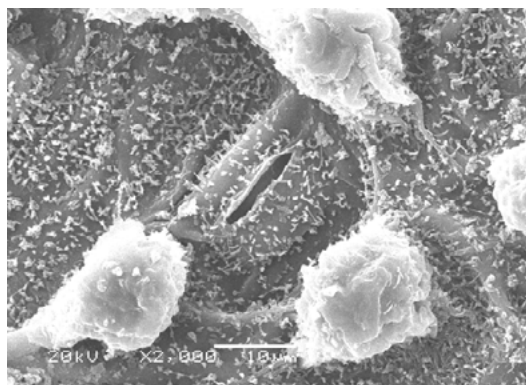
**Ультраструктура поверхні листків *Magnolia tripetala* (L.) L.** (див. рис. 2). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листової пластинки межі клітин добре проглядаються. Клітини полігональні з прямими обрисами, багатокутними та витягнутими проекціями. Антиклінальні стінки епідермальної тканини потовщені, дещо припідняті. Зовнішні периклінальні стінки впалі, містяться значно нижче рівня антиклінальних стінок. Рельєф адаксиальної поверхні листової пластинки ямчастий. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений гранулами, які формують потужний покрив.

Абаксиальна епідермальна поверхня характеризується розсіяним опушенням, яке сформоване трихомами двох типів: одноклітинними циліндричними трихомами та довгими багатоклітинними волосками. Останні складені із чотирьох клітин, у тому числі великої базальної та довгої дистальної клітини. Продихи парацитного типу наявні лише на абаксиальній поверхні листової пластинки, добре помітні, не орієнтовані своєю довгою віссю вздовж середньої жилки листка. Містяться вище рівня основних клітин епідерми. Основні епідермальні клітини ізодіаметричні, полігональні. Характеризуються прямими обрисами та багатокутними проекціями. Антиклінальні стінки клітин епідерми потовщені, периклінальні стінки впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок. Межі між сусідніми клітинами не проглядаються. Рельєф абаксиальної поверхні листової пластинки сітчастий. Наявний щільний шар воску. Віск представлений спіральньо закрученими циліндричними паличками.

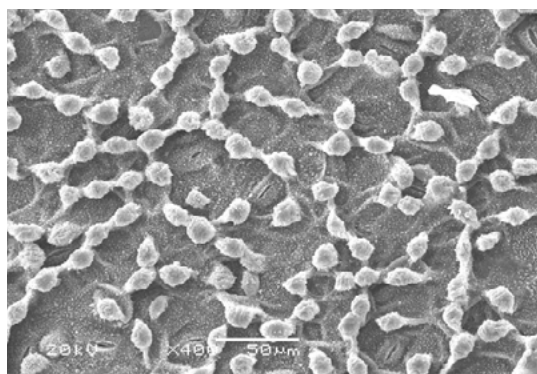
**Ультраструктура поверхні листків *Magnolia liliiflora* Desr.** (див. рис. 4). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листової пластинки межі клітин не проглядаються. Клітини епідермальної тканини, як і в *M. denudata*, характеризуються звивистими обрисами та розпластаними проекціями. Антиклінальні стінки епідермальної тканини потовщені, містяться дещо вище рівня зовнішніх периклінальних стінок. Зовнішні периклінальні



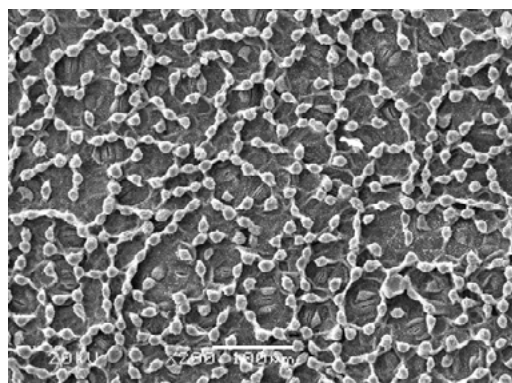
1



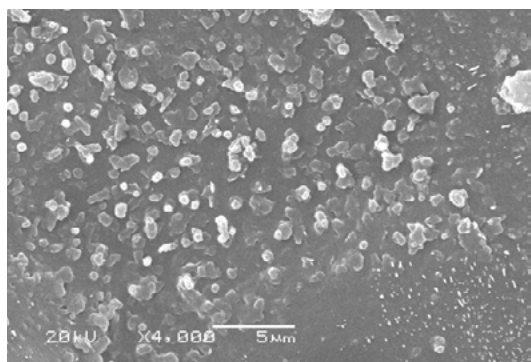
2



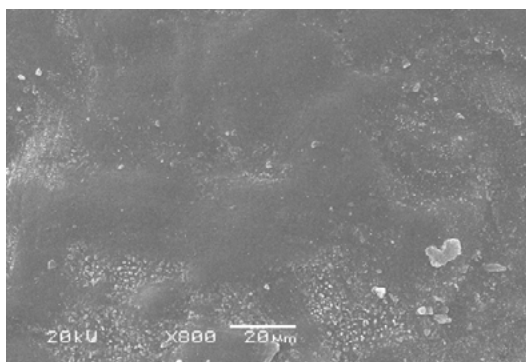
3



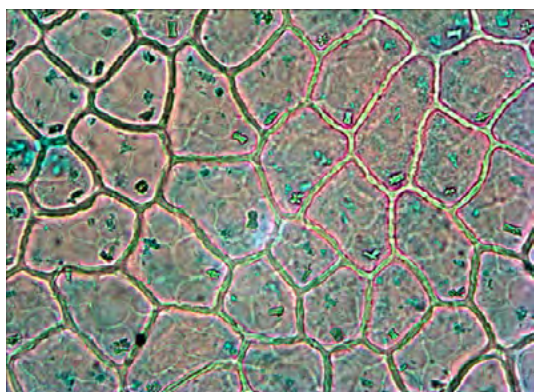
4



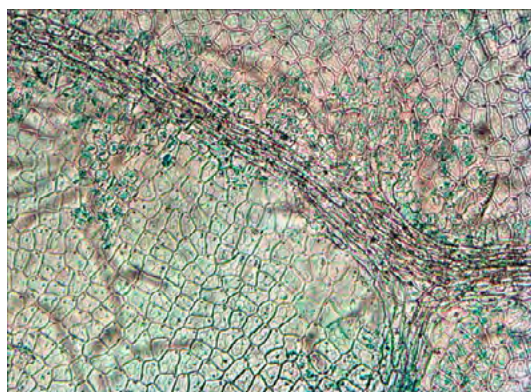
5



6



7



8

Рис. 1. Структура поверхні листової пластинки *Liriodendron tulipifera* L.:  
1–4 – структура абаксальної епідерми під СЕМ; 5, 6 – структура адаксіальної епідерми під СЕМ;  
7 – структура адаксіальної епідерми під СМ (X400); 8 – структура абаксальної епідерми під СМ (X100)

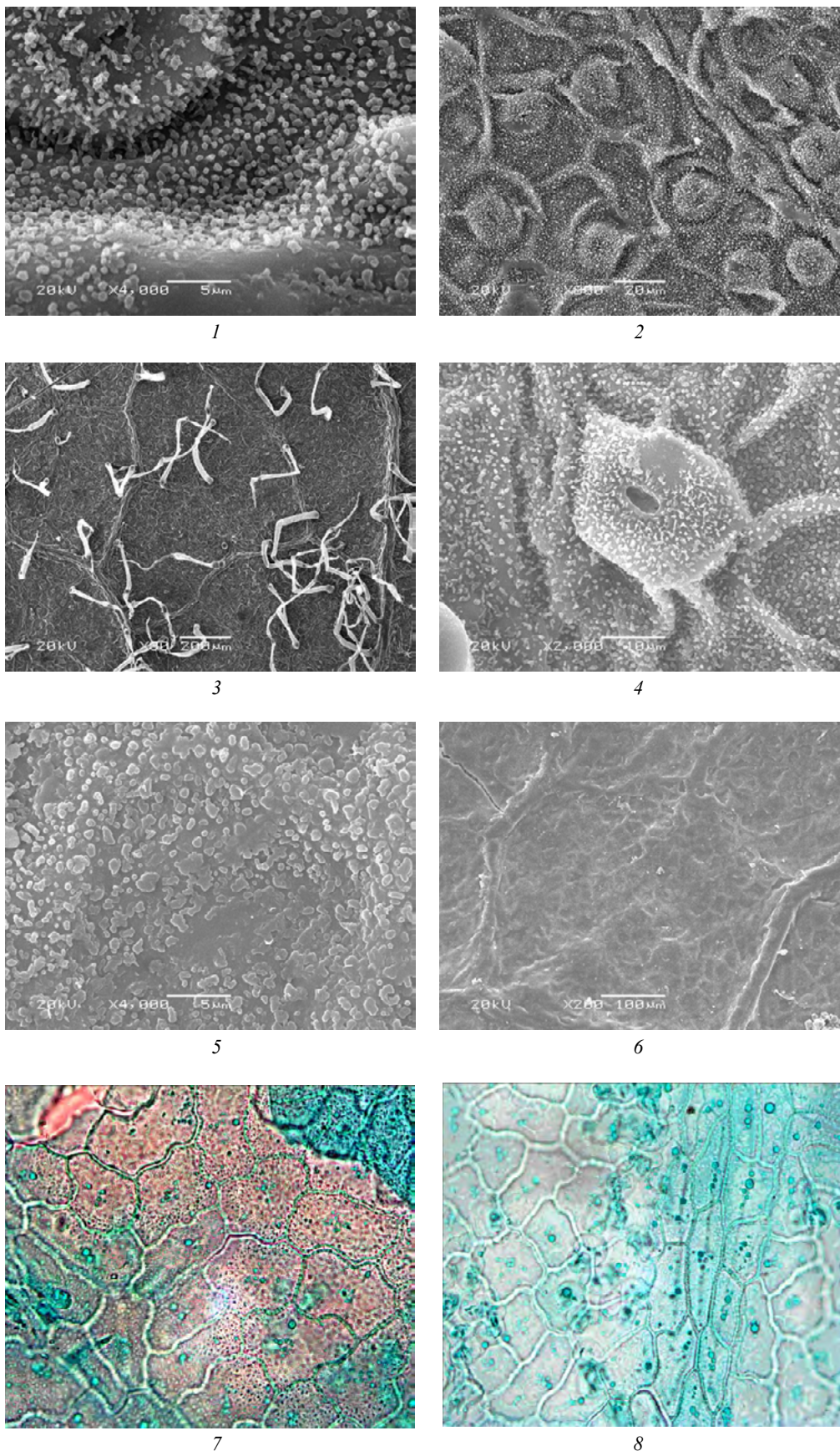
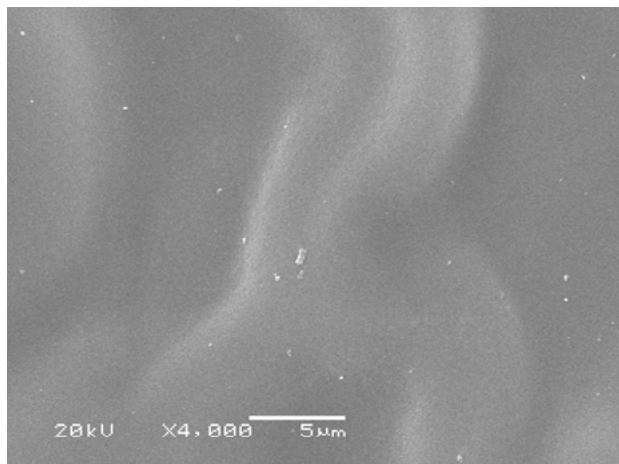
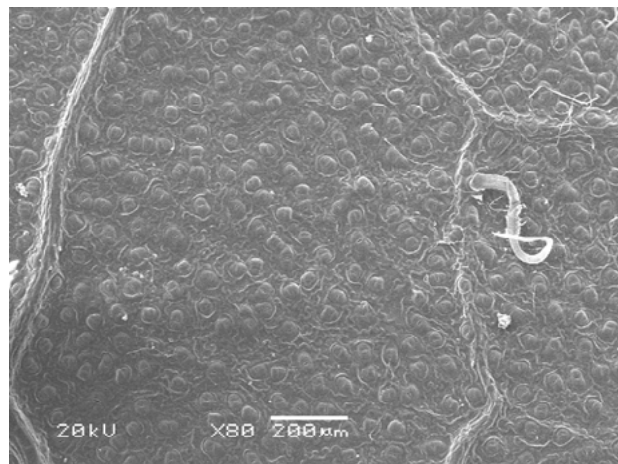


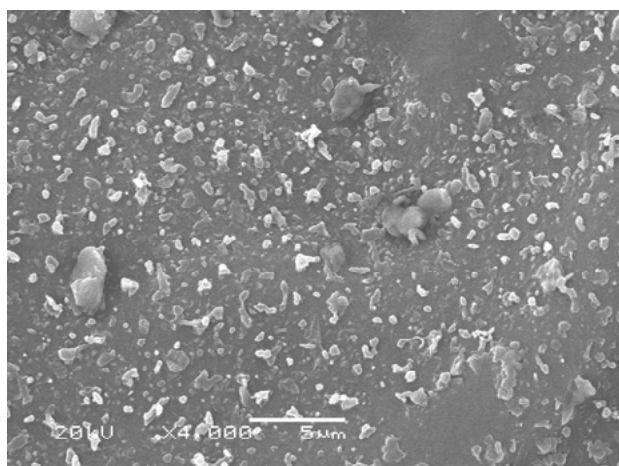
Рис. 2. Структура поверхні листової пластинки *Magnolia tripetala* (L.) L.:  
 1–4 – структура абаксильної епідерми під СЕМ; 5, 6 – структура адаксіальної епідерми під СЕМ;  
 7 – структура адаксіальної епідерми під СМ; 8 – структура абаксильної епідерми під СМ



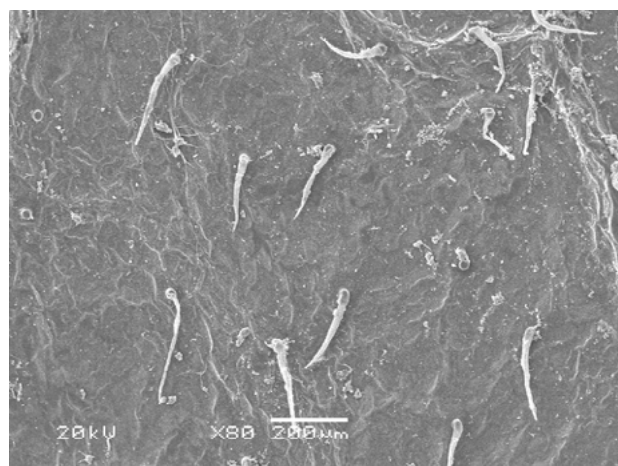
1



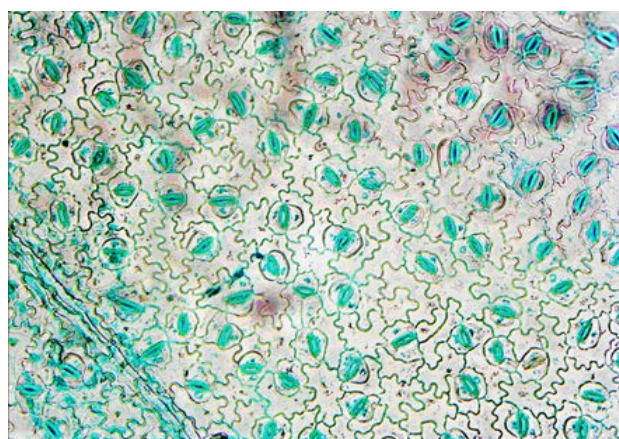
2



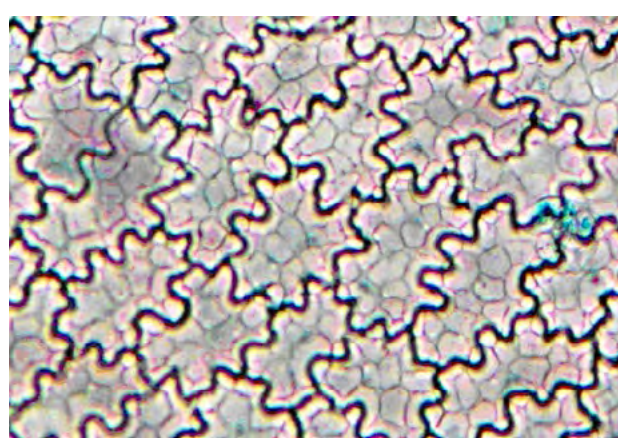
3



4

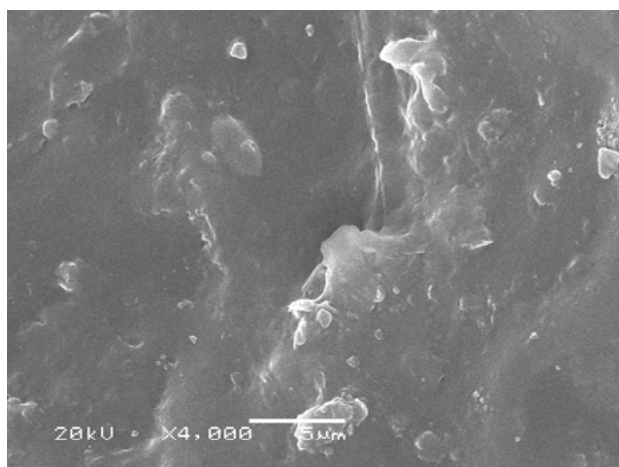


5

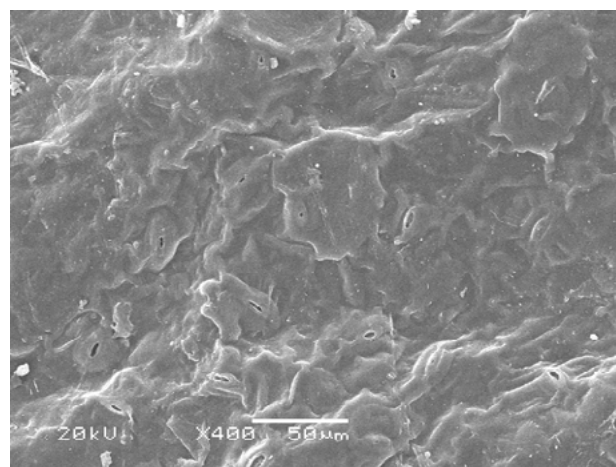


6

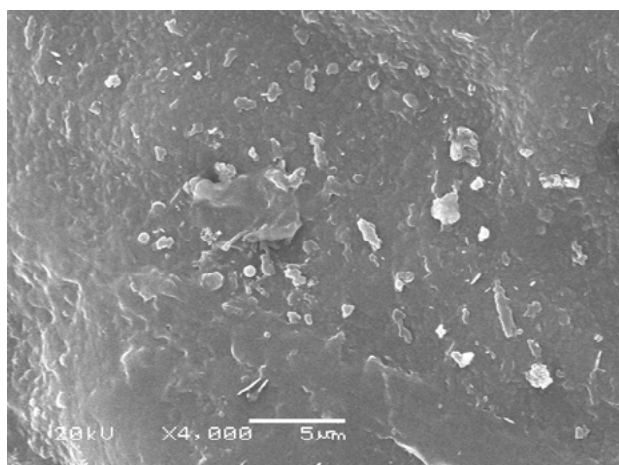
Рис. 3. Структура поверхні листової пластинки *Magnolia denudata* Desr.:  
1, 2 – структура абаксильної епідерми під СЕМ; 3, 4 – структура адаксіальної епідерми під СЕМ;  
5, 6 – структура поверхні під СМ



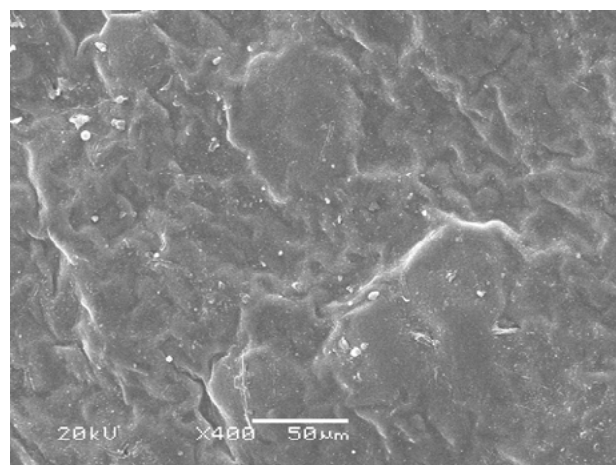
1



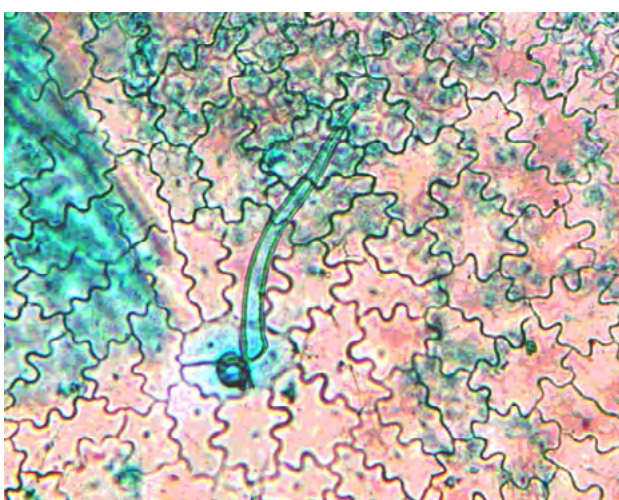
2



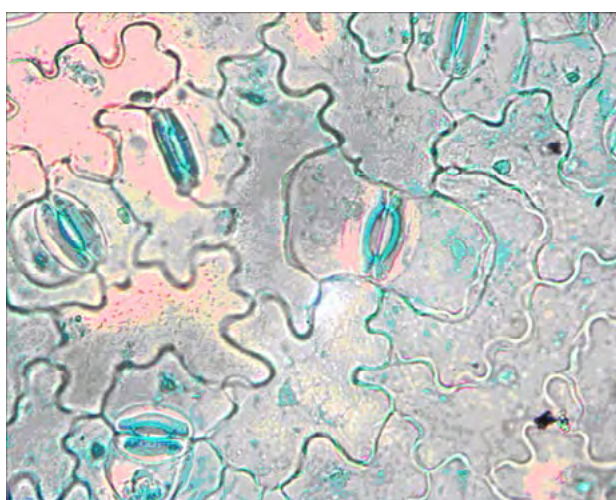
3



3

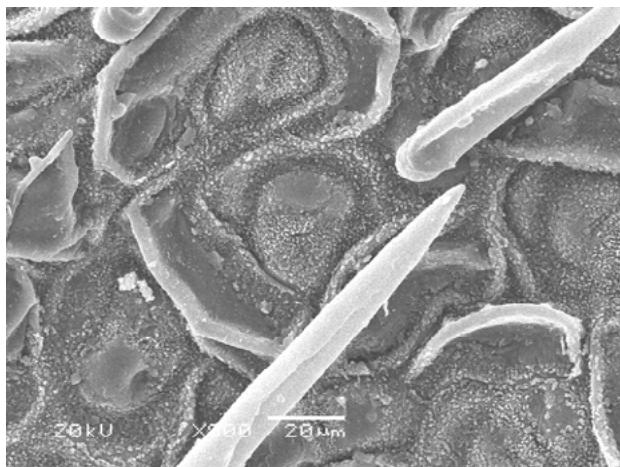


5

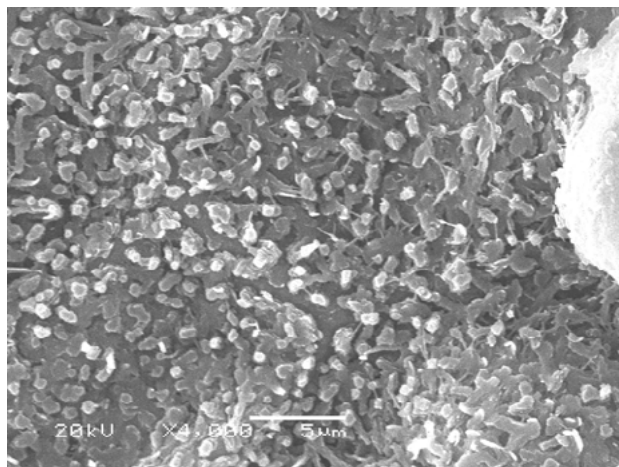


6

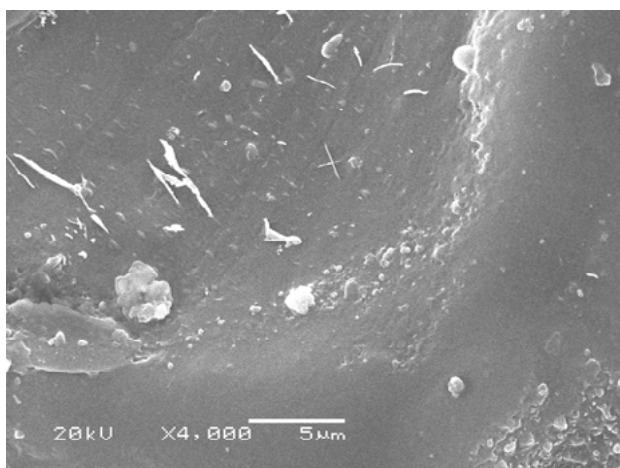
Рис. 4. Структура поверхні листової пластинки *Magnolia liliiflora* Desr.:  
1, 2 – структура абаксильної епідерми під СЕМ; 3, 4 – структура адаксіальної епідерми під СЕМ;  
5, 6 – структура поверхні під СМ



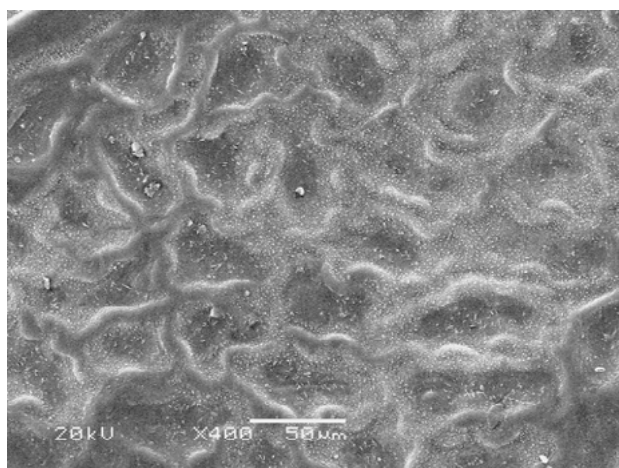
1



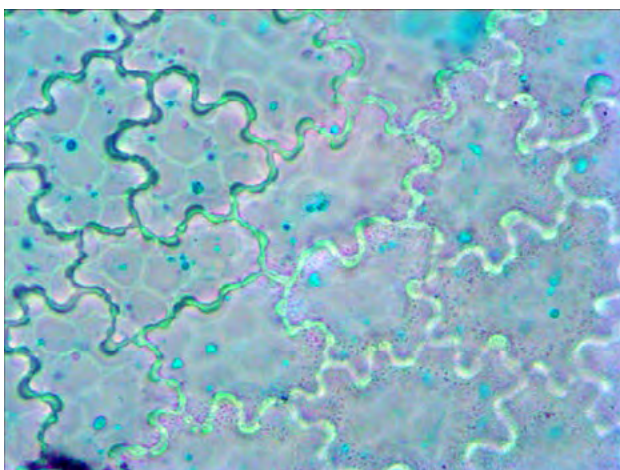
2



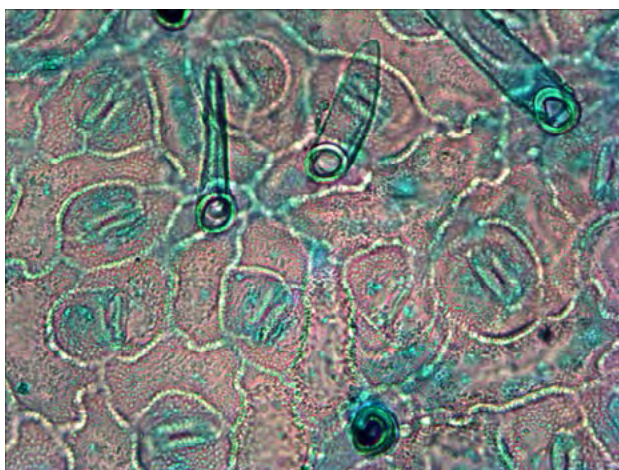
3



3



5



6

Рис. 5. Структура поверхні листової пластинки *Magnolia salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim.:  
1, 2 – структура абаксильної епідерми під СЕМ; 3, 4 – структура адаксіальної епідерми під СЕМ;  
5, 6 – структура поверхні під СМ



<i>M. denudata</i>	<i>M. salicifolia</i>	<i>M. liliflora</i>	<i>Magnolia tripetala</i>	<i>Liriodenron tulipifera</i>	Вид
91,15±0,38	82,49±0,76	81,35±0,83	94,38±1,12	108,13±0,27	Довжина продихів, мкм
88,21±1,49	82,36±1,08	80,89±2,82	78,46±2,67	87,23±1,89	Ширина, продихів мкм
6497,45±115,38	5342,71±121,21	-5149,60±99,31	5892,43±95,21	7475,56±83,45	Площа продихів, мкм <sup>2</sup>
42±5	38±3	57±4	28±4	41±2	Кількість продихів на 1 мм <sup>2</sup>
39±8	33±7	48±4	25±3	38±4	Відкриті продихи, шт.
2±1	1±0	3±1	1±1	1±0	Закриті продихи, шт.
189±14	125±15	183±12	144±4	163±8	Кількість епідермальних клітин, шт./на 1 мм <sup>2</sup>
0,022	0,005	0,048	0,208	0,094	Стиск продихів
12,50±1,23	14,73±1,68	14,12±1,52	9,36±1,31	13,08±1,08	Ширина продихової щілини
48,3±2,1	42,1±2,8	61,8±3,3	31,4±2,6	46,0±2,8	Щільність продихів
18,1±2,2	25,2±3,5	24,3±3,2	16,5±2,5	20,5±1,5	Продиховий індекс
96,8±5,8	99,8±6,3	98,8±6,8	80,9±7,1	83,1±6,8	Коефіцієнт продихової поверхні
39,88	28,91	45,93	27,72	51,32	Індекс потенціалу провідності
212,3±12,3	140,4±7,2	205,5±10,2	161,7±13,8	179,7±8,9	Щільність епідермальних клітин

Морфометричні показники епідермальної тканини досліджених видів листопадних представників родини *Magnoliaceae* Juss.

Таблиця 2

стілки пласкі. Рельєф адаксиальної поверхні листової пластинки сітчасто-складчастий. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений плівками та кірками, які формують потужний шар.

Абаксиальна епідермальна поверхня характеризується наявністю продихів паразитного типу. Вони добре помітні, не орієнтовані своєю довгою віссю вздовж середньої жилки листка, містяться вище рівня основних клітин епідерми. Основні епідермальні клітини мають звивисті обриси та розпластані проєкції. Антиклінальні стінки клітин епідерми потовщені, периклінальні стінки дещо впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок. Межі між сусідніми клітинами не проглядаються. Рельєф абаксиальної поверхні листової пластинки сітчасто-горбкуватий. Наявний щільний шар воску. Потужний шар воску представлений кірками та плівками.

**Ультраструктура поверхні листків *Magnolia salicifolia* (Siebold & Zucc.) Maxim.** (див. рис. 5). Листки гіпостоматичні. На адаксиальній поверхні листової пластинки межі клітин не проглядаються. Клітини епідермальної тканини, як і в попередніх видів, характеризуються звивистими обрисами та розпластані проєкціями. Антиклінальні стінки епідермальної тканини потовщені, містяться вище рівня зовнішніх периклінальних стінок. Зовнішні периклінальні стінки впалі. Рельєф адаксиальної поверхні листової пластинки сітчастий. На поверхні наявний добре розвинений віск. Кристалоїдний віск представлений гранулами та нерівнокраїми пластинками.

Абаксиальна епідермальна поверхня характеризується наявністю простого опушення, яке утворене двоклітинними трихомами (сформовані дископодібною базальною клітиною та довгою пірамідальною клітиною). Продихи паразитного типу. Вони добре помітні, не орієнтовані своєю довгою віссю вздовж середньої жилки листка, містяться вище рівня основних клітин епідерми. Основні епідермальні клітини мають звивисті обриси та розпластані проєкції. Антиклінальні стінки клітин епідерми потовщені, периклінальні стінки дещо впалі, містяться нижче рівня антиклінальних стінок. Межі між сусідніми клітинами не проглядаються. Рельєф абаксиальної поверхні листової пластинки сітчастий. Наявний щільний шар воску. Потужний шар воску представлений спіралью закрученими циліндричними паличками та гранулами.

У *Magnolia denudata* та *Magnolia salicifolia* було виявлено продиховий апарат аномоцитного типу. У всіх інших видів – паразитний тип продихового апарату. Окрім того, виявлено відмінності за морфометричними показниками листків. Так, встановлено, що найбільша площа продихів у *Liriodendron tulipifera*, а найменша – у *Magnolia liliiflora* (див. табл. 2).

Згідно з отриманими результатами кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> варіює від 28 до 57. При цьому най-

більша кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> спостерігається у *Magnolia liliiflora*, а найменша – у *Magnolia tripetala* (див. табл. 2). Відомо, що наявність великої кількості продихів на одиницю площі є ознакою ксероморфності, оскільки більша кількість продихів забезпечує вищу інтенсивність продихової транспірації та може бути достатнім терморегулюючим чинником [17].

Відповідно до наших досліджень кількість епідермальних клітин перебуває в межах від 125 до 189; стиск продихів варіює від 0,005 до 0,208 (див. табл. 2). Параметр стиску продихів дає змогу визначити форму продихів: чим менший цей показник, тим менша різниця між шириною та довжиною продихів, що вказує на більш округлу форму; і навпаки, чим більшим є значення цього показника, тим більш видовженими є продихи. Усі досліджувані види за параметром стиску продихів мають округлу форму продихів.

Показники щільності продихів перебувають у межах від 31,4 до 61,8. Встановлено, що найбільша щільність продихів у *Magnolia liliiflora*, а найменша – у *Magnolia tripetala* (див. табл. 2).

Продиховий індекс встановлено в межах від 16,5 до 25,2. З'ясовано, що найменший продиховий індекс серед досліджуваних видів має *Magnolia tripetala*, а найбільший – *Magnolia salicifolia* (див. табл. 2). Як відомо, зниження кількості продихів у межах одного виду свідчить про пристосованість рослини до посушливих умов навколишнього середовища.

Показник індексу потенціалу провідності продихів перебуває в межах від 28,91 до 51,32 (див. табл. 2). Встановлено, що найбільший показник індексу потенціалу провідності продихів спостерігається в *Liriodendron tulipifera*, а найменший – у *Magnolia salicifolia*.

**Головні висновки.** За результатами наших досліджень як маркерні (найбільш константні) показники для визначення адаптації представників магнолієвих до нових умов місцезростання можна використовувати кількість і площу продихів, продиховий індекс.

Наявність значної кількості дрібних продихів є ознакою ксероморфності листків, що в нашому випадку характерне для *Liriodendron tulipifera* та *Magnolia liliiflora*. Більша щільність розташування продихів на листках свідчить про ефективне поглинання CO<sub>2</sub> листками.

Отримані результати дають змогу віднести *Magnolia liliiflora* до висококліматоформуєчих рослин.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати досліджень будуть використані під час розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо введення в систему озеленення міст високодекоративних видів кліматоформуєчих деревних рослин, які є бар'єрними та стійкими до негативного впливу «міського острова тепла», техногенних навантажень і біопшкоджень.

## Література

1. Pielke R.A. Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall. *Rev. Geophys.* 2001. 39. P. 151–177. URL: <http://pielkeclimatesci.wordpress.com/files/2009/10/r-231.pdf>.
2. Балабух В.О. Мінливість дуже сильних дощів та сильних злив в Україні. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2008. Вип. 257. С. 61–72.
3. Балабух В.А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине. *Глобальные и региональные изменения климата* / ред. В.И. Осадчий. Киев : Ника-Центр, 2011. С. 150–159.
4. Lanza K., Stone B. Climate adaptation in cities: What trees are suitable for urban heat management. *Landscape and Urban Planning*. 2016. Vol. 153. P. 74–82. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.002>.
5. Bueno-Bartholomei C.L., Labaki L.C. How much does the change of species of trees affect their solar radiation attenuation. *Fifth International Conference on Urban Climate*, Lodz, 1–5 September 2003. URL: [http://meteo.geo.uni.lodz.pl/icuc5/text/O\\_1\\_4.pdf](http://meteo.geo.uni.lodz.pl/icuc5/text/O_1_4.pdf).
6. Оценка перспективности использования модельных видов древесных растений для преодоления «городского острова тепла» по параметрам функционального состояния фотосинтетического аппарата / Н.Б. Светлова, В.А. Стороженко, О.А. Футорна, В.А. Баданина, О.В. Тыщенко, И.Г. Ольшанский, Н.Ю. Таран. *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. 2018. № 50(6). С. 132–141.
7. Тахтаджян А.Л. Происхождение и расселение цветковых растений. Ленинград, 1970. 147 с.
8. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. Ленинград, 1987. 439 с.
9. Phylogenetic relationships in family Magnoliaceae inferred from *ndhF* sequences / Kim Sangtae, Park Chong-Wook, Kim Young-Dong, Suh Youngbae. *American Journal of Botany*. 2001. Vol. 88(4). P. 717–728.
10. Feild T.S., Arens N.C. Form, function and environments of the early angiosperms: merging extant phylogeny and ecophysiology with fossils. *New Phytologist*. 2005. Vol. 166. P. 383–408. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01333.x.
11. Жизнь растений : в 6 т., 7 кн. / А.Л. Тахтаджян, В.И. Грубов, И.В. Грушвицкий и др. Москва : Просвещение, 1980. Т. 5. Ч. 1. 430 с.
12. Rivers M.C. *Liriodendron tulipifera*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2014. URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T194015A2294401.en> (access date: 07.02.2019).
13. Phan K.L. *Liriodendron chinense*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T31284A2803363.en> (access date: 07.02.2019).
14. Захаревич С.Ф. К методике описания эпидермиса листа. *Вестник Ленинградского университета*. 1954. № 4. С. 65–75.
15. Chakrabarty C., Mukherjee P.K. Studies on *Vupleurum* L. (Umbelliferae) in India II. SEM observations of leaf surfaces. *Feddes Repert.* 1986. Vol. 97. № 7–8. P. 489–496.
16. Classification and terminology of plant epicuticular waxes / W. Barthlott, C. Neithuis, D. Cytler et al. *Bot. J. Linn. Soc.* 1998. Vol. 126. № 3. P. 237–260.
17. Заленский В.Р. Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений. *Известия Киевского политехнического института*. 1904. Т. 4. Вып. 1. С. 1–209.