

УДК 581.4:581.45

АНАТОМІЧНА БУДОВА ТА ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАСТРУКТУРИ ХЛОРОПЛАСТІВ ЛИСТКІВ ДЕЯКИХ ГІДРОФІТІВ

ОЛЕНА М. НЕДУХА

Анотація. Наведені результати порівняльного вивчення анатомії, ультраструктури фотосинтезуючих клітин та вмісту пігментів у підводних листках *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* та *Myriophyllum spicatum* на початку фази бутонізації-цвітіння. Для дослідження були використані методи світлової та трансмісійної електронної мікроскопії, а також біохімічні методи. Анатомічне вивчення листкових пластинок досліджуваних видів гідрофітів показало відсутність продихів та наявність недиференційованого мезофілу. Встановлені спільні та відмінні ультраструктурні ознаки хлоропластів фотосинтезуючої паренхіми листків в залежності від виду. Структурні ознаки фенотипічної пластичності листків розглядаються як адаптаційні пристосування фотосинтезуючих клітин листків до водного середовища.

Ключові слова: *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*, анатомія листка, ультраструктура, затоплення

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна; o.nedukha@hotmail.com

Вступ

Вивчення структурно-функціональних характеристик вегетативних органів справжніх гідрофітів необхідне для розуміння клітинних механізмів природної адаптації рослинних організмів до умов підводного існування. Результати таких експериментальних досліджень мають значення як для фундаментальної ботаніки, так і для розробки технологій виживання сільськогосподарських рослин за умов затоплення.

Результати попередніх досліджень фізіологів та ботаніків показали, що підводні листки повітряно-водних та водних рослин відрізняються від надводних чи плаваючих листків навіть у межах одного виду за рахунок зменшення товщини листкової пластинки, редукції чи відсутності продихів, а також формування у листках, стеблах та коренях розгалуженої аеренхіми, що запобігає гіпоксії (RASCIO 2002; MOMMER & VISER 2005; MOMMER *et al.* 2005; НЕДУХА 2011). Однак, порівняльні дослідження анатомії

та особливостей ультраструктури клітин фотосинтезуючої паренхіми справжніх гідрофітів на початку фази бутонізації у видів, що зростали поряд, в однакових природних умовах, не проводилися. Тому метою нашої роботи було порівняльне вивчення анатомічних характеристик листків і ультраструктури хлоропластів у клітинах фотосинтезуючої паренхіми листків трьох видів гідрофітів: *Potamogeton perfoliatus* L. (рдесник пронизанолистий), *P. pectinatus* L. (рдесник гребінчастий) та *Myriophyllum spicatum* L. (водопериця колосиста).

Матеріали і методи досліджень

Досліджували підводні листки *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* та *Myriophyllum spicatum* на початку стадії бутонізації (перша декада липня). Рослини збирали на березі Русанівського каналу (лівий берег Дніпра, Київ) на глибині до 70 см. Для світлової мікроскопії вирізки серединної частини підводних листків із чотирьох рослин фіксували на березі

сумішшю 2% розчину параформальдегіду та 2% глютарового альдегіду (1:1, об) на 0,5 М фосфатному буфері, рН 7,2. Тривалість фіксації становила близько 24 год., після чого матеріал у лабораторних умовах промивали буфером, обезводжували етанолом і ацетоном, заливали в суміш епоксидних смол (епон/аралдит) за загально прийнятою методикою. Напівтонкі зрізи (до 12 мкм завтовшки), підфарбовували розчином сафраніну та шифом згідно протоколу (Фурст 1979). Препарати аналізували за допомогою світлового мікроскопа CarlZeiss Axioscope. Для визначення лінійних розмірів листків використовували по три листки із чотирьох рослин. Лінійні розміри клітин листків гідрофітів визначали у 30-40 клітинах кожного типу тканини у всіх чотирьох зразках. Отримані дані обробляли статистично.

Для трансмісійної електронної мікроскопії фрагменти серединної частини листків трьох видів гідрофітів фіксували безпосередньо на березі розчином 2% глютаральдегіду на 0,05 М какодилатному буфері, рН 7,0 протягом 4 годин, потім в лабораторних умовах промивали ідентичним буфером та дофіксували 1% OsO₄ на ідентичному буфері протягом 12 годин (при +4°C), зневоднювали спиртом та ацетоном, просочували епоксидними смолами згідно з стандартною методикою (Викли 1975). Ультратонкі зрізи контрастували цитратом свинцю й досліджували за допомогою трансмісійного електронного мікроскопу JSM-1230. Для визначення вмісту фотосинтезуючих пігментів із чотирьох рослин кожного виду брали по 4-6 листків. Половину матеріалу залишали для визначення сухої маси, а з другої частини виділяли пігменти за методом Гавриленка (Гавриленко *и др.* 1975). Пігменти екстрагували 85% ацетоном безпосередньо в польових умовах, а пізніше їх вміст

визначали на спектрофотометрі СФ-2000 (РФ) за формулами Робелена та Ветштейна (Гавриленко *и др.* 1975).

Результати та їх обговорення

Загальний опис листків та їх анатомічна будова

Potamogeton perfoliatus. Листки зелені, довгасто-ланцетовидні з округлою основою (Рис. 1 А), цілнокраї, на верхівці стягнуті в тупий ковпачок, жилкування паралельне; трапляється як попереми́нне, так і супротивне розміщення листків. Відсутні продихи та диференційована фотосинтезуюча паренхіма, листки вкриті шаром кутикули. Морфо-анатомічні показники листків представлено у Табл. 1. Листкові пластинки характеризуються ізолатеральним типом анатомічної будови. Необхідно відмітити, що в зоні центральної жилки пластинка майже на порядок ширша, ніж в інших ділянках листка. Анатомічне дослідження листків показало наявність одного шару паренхіми між верхнім та нижнім епідермісом у ділянці між жилками (Рис. 1 Д). У зоні центральної чи периферійних жилок кількість шарів фотосинтезуючої паренхіми коливається від чотирьох до восьми; у таких зонах між клітинами паренхіми та провідними пучками радіально розміщується повітряні порожнини. У зоні між жилками клітини епідермісу та паренхіми прямокутної форми (Рис. 1 Д).

Potamogeton pectinatus. Листки складні розсічені, частки голчасті (Рис. 1 Б); їхній розмір становить 82±5×2,0±0,2 мм. Листкові частки загострені на апікальній частині, цілнокраї, продихи відсутні. Стебло розгалужене. Морфо-анатомічні показники представлені у Табл. 1. На поперечному серединному перерізі форма більшої частини листкових сегментів гантелеподібна

Рис. 1. Загальний вигляд листків *Potamogeton perfoliatus* (А), *P. pectinatus* (Б) та *Myriophyllum spicatum* (В). ► Поперечні та повздовжні зрізи листкових пластинок *P. perfoliatus* (Г, Д) та їх сегментів у *P. pectinatus* (Е, Є) та *M. spicatum* (Ж, З).

Fig. 1. General view of *Potamogeton perfoliatus* (А), *P. perfoliatus* (Б) and *M. spicatum* (В) leaves. The transverse ► and longitudinal sections through the leaf blade of *P. perfoliatus* (Г, Д), and leaflets of *P. pectinatus* (Е, Є) and *M. spicatum* (Ж, З).

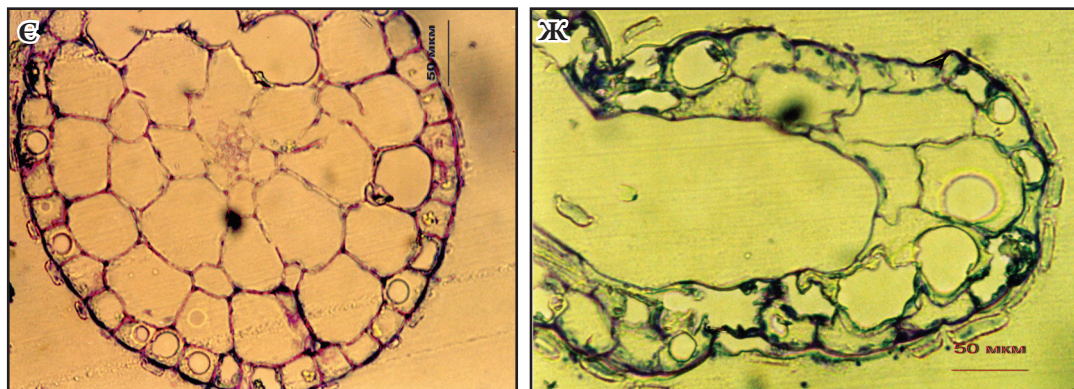
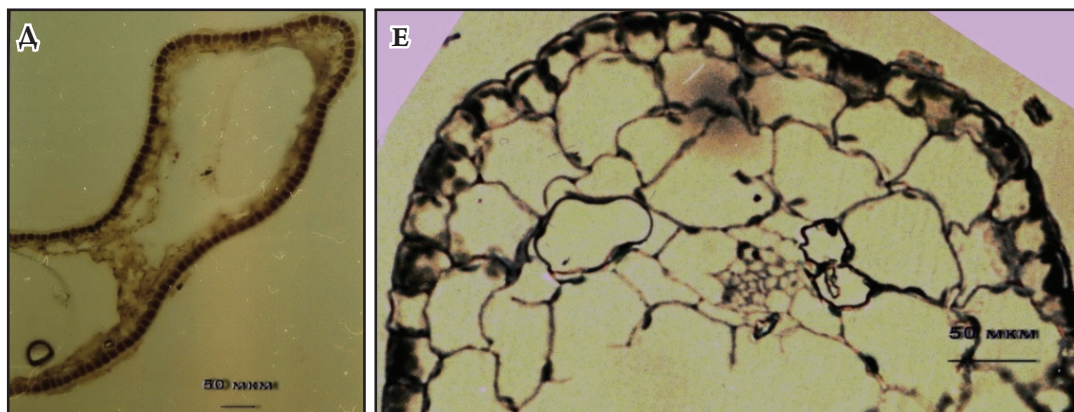
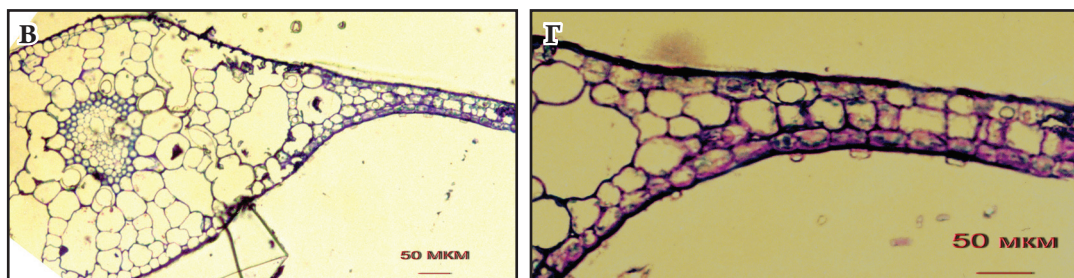
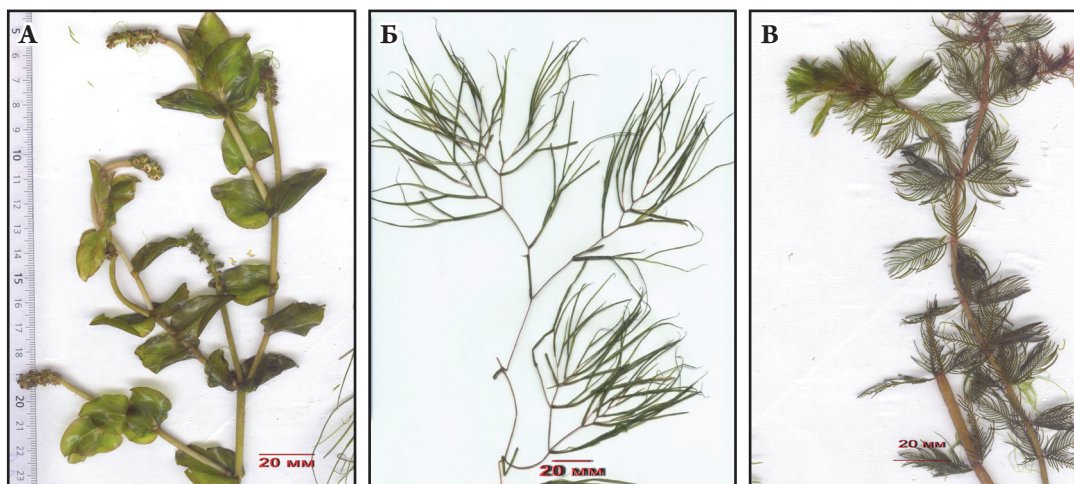


Табл. 1. Морфо-анатомічні параметри листків *Potamogeton pectinatus*, *P. pectinatus* та *Myriophyllum spicatum*.**Tab. 1.** Morpho-anatomical features of *Potamogeton pectinatus*, *P. pectinatus* and *Myriophyllum spicatum* leaves.

Параметри	<i>P. perfoliatus</i>	<i>P. pectinatus</i>	<i>M. spicatum</i>
Розмір листочків, мм			
довга вісь	23 ± 5	82 ± 8	20 ± 3,3
коротка вісь	17 ± 2	2,1 ± 0,6	18 ± 2,4
Середня товщина листочків, мкм	55,6 ± 3,7*	370 ± 32*	380 ± 27**
	490 ± 18**	100 ± 12**	
Розмір клітин епідермісу, мкм			
висота	20,3 ± 1,5	25,2 ± 3,5	25,7 ± 1,5
ширина	40,5 ± 3,7	20,7 ± 2,9	26,2 ± 2,8
Розмір клітин фотосинтезуючої паренхіми, мкм			
висота	23,2 ± 2,7	55,9 ± 4,7	53,1 ± 4,3
ширина	25,5 ± 3,4	40,5 ± 3,1	59,5 ± 5,1
Кількість шарів фотосинтезуючої паренхіми	від 1 до 7***	2-3	2-3

Примітка: * – ділянки листка поза центральною жилкою; ** – ділянки в зоні центральної жилки; *** – кількість шарів паренхіми залежить від площини зрізу та проходження провідного пучка.

Note: * – leaf segment out of middle vein; ** – leaf segment in region of middle vein; *** – number of parenchyma layers depends from square of cross section and presence of vascular bundle.

(Рис. 1 Е). На поперечному зрізі периферійні сегменти листової пластинки мають розширення до 230 мкм, а по центру листок звужується майже удвічі. У зоні жилки пластинка звужується удвічі в порівнянні із “роздутими” периферійними частинами, у центрі яких розміщується великі повітряні порожнини. Розділення мезофілу на палісадну та губчасту паренхіму відсутнє. Два-три шари клітин фотосинтезуючої паренхіми щільно прилягають до епідерми, що видно на поперечному зрізі (Рис. 1 Є).

Myriophyllum spicatum. Листки гребінчасто-пірчастороздільні (Рис. 1 В), розміщення листків мутовчасте. Середній розмір листків $20 \pm 3 \times 18 \pm 2,5$ мм. Листок складається із супротивних нитчастих (голчастих) сегментів, на яких відсутні продихи. Стебло галузисте, віддає між листками від 8 до 15 мм. Морфо-анатомічні показники представлені у Табл. 1. Фотосинтезуюча паренхіма недиференційована і представлена одним-трьома шарами клітин. На повздовжніх зрізах листових часток спостерігаються великі повітряні порожнини (Рис. 1 З). На

поперечних зрізах структура листових сегментів центрична (Рис. 1 Ж).

Ультраструктурний аналіз та вміст пігментів

Potamogeton perfoliatus. Ультраструктурний аналіз цитоплазматичних органел фотосинтезуючої паренхіми листків показав, що клітини мали структуру, подібну до ультраструктури клітин губчастого мезофілу суходільних рослин. Біла клітинних оболонок (Рис. 2 А) компактно розміщувалися великі хлоропласти, характеристики яких представлено у Табл. 2. Хлоропласти на зрізах овальні чи ліноподібні, довга вісь хлоропласта вдвічі більша за коротку, мембрана система гранального типу, добре розвинута (Рис. 2 Б, В). Характерною особливістю пластид була наявність великої численних гран, кількість яких на зріз хлоропласта сильно варіювала (від 31 до 53) в залежності від площини зрізу. Кількість тилакоїдів у грані також була різною (від двох до 50). Невеликі крохмальні зерна (від 3 до 5) та пластоглобули розміщувалися у стромі. Округлі чи злегка видовжені мітохондрії

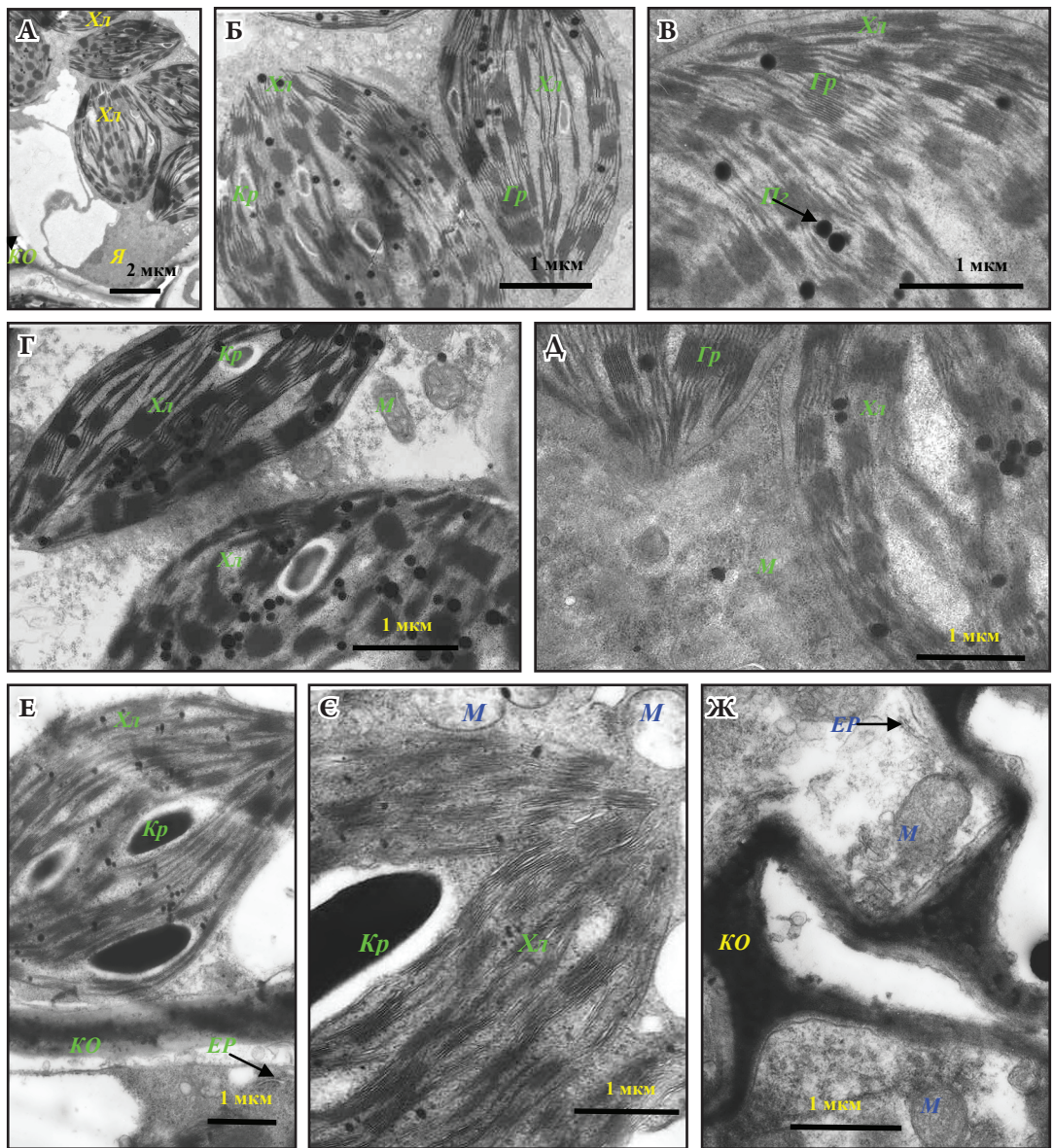


Рис. 2. Фрагменти клітин паренхіми підводних листків *Potamogeton perfoliatus* (А, Б), *P. pectinatus* (Б, Г) та *Myriophyllum spicatum* (А-Є): Гр – грана; ЕР – ендоплазматичний ретикулум; Кр – крохмалеве зерно; КО – клітинна оболонка; М – мітохондрія; Пг – пластоглобула; Хл – хлоропласт; Я – ядро.

Fig. 2. The fragments of leaf parenchyma cells of *Potamogeton perfoliatus* (А, Б), *P. pectinatus* (Б, Г) and *Myriophyllum spicatum* (А-Є): Гр – grana; ЕР – endoplasmic reticulum; Кр – starch; КО – cell wall; М – mitochondria; Пг – plastoglobule; Хл – chloroplast; Я – nucleus.

конденсованого типу, довга вісь мітохондрій становила 0,5-0,7 мкм, коротка – 0,3-0,5 мкм. Матрикс мітохондрій електронно прозорий, крист мало. В цитоплазмі безліч вільних

рибосом, гранулярний ендоплазматичний ретикулум у вигляді коротких каналів.

Potamogeton pectinatus. Ультраструктура клітин паренхіми листків (Рис. 2 Г, Д) в

Табл. 2. Параметри хлоропластів фотосинтезуючих клітин паренхіми листків *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* та *Myriophyllum spicatum*.

Tab. 2. Features of chloroplasts in photosynthesizing parenchyma cells of *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* and *Myriophyllum spicatum* leaves.

Ознака	<i>P. perfoliatus</i>	<i>P. pectinatus</i>	<i>M. spicatum</i>
Хлоропласти			
довга вісь, мкм	5,8±0,7	6,7±0,9	5,9±0,5
коротка вісь, мкм	3,4±0,3	3,0±0,6	2,7±0,3
Середній діаметр грани, нм	350±40	400±39	500±45
Зерна крохмалю:			
довга вісь, мкм	0,45±0,1	0,55±0,1	2,7±0,5
коротка вісь, мкм	0,20±0,05	0,30±0,05	1,5±0,2
Кількість зерен крохмалю на зріз			
хлоропласта	3-5	1-3	1-3
Пластоглобули:			
кількість на зріз хлоропласта	37±5	59±7	27±6
середній діаметр, нм	145±13	120±12	63±9
Вміст пігментів, мг / гр. сухої маси:			
хлорофіл <i>a</i>	21,66±0,17	24,99±0,10	23,01±0,11
хлорофіл <i>b</i>	8,61±0,10	8,21±0,07	13,03±0,03
хлорофіл <i>a+b</i>	30,27±0,29	33,20±0,19	36,04±0,14
каротиноїди	12,32±0,19	9,23±0,03	9,14±0,07
співвідношення хлорофілів (<i>a/b</i>)	2,51	3,04	1,76
співвідношення хлорофіли/каротиноїди	2,46	3,55	3,94

основних рисах подібна до такої у листків *P. perfoliatus*. Відмінності полягали в зростанні щільності пластоглобул у хлоропластах, збільшенні розмірів крохмальних зерен (Табл. 2), зниженні кількості тилакоїдів у грані, ця кількість коливалася від 4 до 30. Округлі чи злегка видовжені мітохондрії конденсованого типу розміщувалися поряд із хлоропластами, довга вісь мітохондрій становила 0,5-0,7 мкм, коротка – 0,3-0,5 мкм. Матрикс мітохондрій електронно прозорий, крист багато. Канали гранулярного ендоплазматичного ретикулуму та численні вільні рибосоми видно у цитоплазмі.

Myriophyllum spicatum. Ультраструктура фотосинтезуючих клітин паренхіми листків в основних рисах також була подібна до такої листків рдесників. Відмінності полягали в збільшенні розмірів крохмальних зерен, зменшенні їх кількості на зрізі хлоропласту

(Табл. 1) та зменшенні кількості тилакоїдів у грані (до 12). Мітохондрії двох типів: неконденсовані (Рис. 2 Е) та конденсовані (Рис. 2 Є). Короткі канали гранулярного ендоплазматичного ретикулуму та безліч вільних рибосом видно в цитоплазмі.

У Табл. 2 наведено дані про вміст фотосинтезуючих пігментів у листках досліджуваних видів гідрофітів. Встановлено, що незалежно від виду та форми листової пластинки, підводні листки активно синтезують обидва хлорофіли, проте вміст хлорофілу *b* в листках *P. perfoliatus* та *P. pectinatus* в 1,5 рази менший, ніж у листках *M. spicatum*, і, відповідно, співвідношення $Хл\ a/b$ у листках рдесників більше, ніж в листках водопериці.

Отже, спільними ультраструктурними ознаками для фотосинтезуючих клітин паренхіми листків *P. perfoliatus*, *P. pectinatus*

та *M. spicatum* є: наявність гранальних хлоропластів із великою кількістю гран та тилакоїдів у гранах, гранулярний каналікулярний ендоплазматичний ретикулум та численні рибосоми. Хлоропласти досліджуваних видів відрізняються за кількістю тилакоїдів у грані, кількістю гран на зріз хлоропласту, розмірами крохмальних зерен, щільністю пластоглобул та вмістом фотосинтезуючих пігментів.

Таким чином, дослідження морфології та анатомії листових пластинок *P. perfoliatus*, *P. pectinatus* та *M. spicatum* у фазі бутонізації-цвітіння показали, що структура та лінійні розміри листків практично не відрізнялися від таких у фазі вегетативного росту (НЕДУХА 2008) і характеризувалися ізолатеральним або центричним типом будови, відсутністю продихів та малими розмірами товщини листових пластинок чи їх розсічених часток, що за даними літератури прискорює транспорт кисню, CO_2 та іонів HCO_3^- із водного оточення в хлоропласти епідермісу та паренхіми (SMITH & WALKER 1981; FROST-CHRISTENSENSEN & FLOTO 2007). Виявлені структурні ознаки підводних листків справжніх гідрофітів, очевидно є адаптаційними морфо-структурними ознаками до умов підводного існування, які є типовими і для занурених у воду листків, повітряно-водних рослин, для яких характерна гетерофілія (НЕДУХА 2011). Одно-, дво- та тришарова фотосинтезуюча паренхіма з великими хлоропластами в листках досліджуваних гідрофітів, очевидно, сприяє підводному фотосинтезу та газообміну, за аналогією фотосинтезуючої паренхіми в інших видів водних рослин (RASCIO *et al.* 1999; НЕКРАСОВА *и др.* 2003), зокрема *Proserpinaca palustris* L. (SCHMIDT & MILLINGTON 1968) та *Veronica anagallis-aquatica* L. (BOEGER & POULSON 2003).

Таким чином, досліджена нами ультраструктура фотосинтезуючих клітин підводних листків справжніх гідрофітів показала, що структурні ознаки є типовими для клітин мезофітних рослин, які описані ще в ранніх працях (ГАМАЛЕЙ И КУЛИКОВ 1978; СИЛАЕВА 1978). Проте, ми виявили

специфічні риси структури, характерні лише для підводних листків. Перша особливість – це наявність гран із великою кількістю тилакоїдів. Як відомо, ця ознака є типовою для хлоропластів листових пластинок тіньовитривалих рослин і зумовлена як зниженою освітленістю, так і посиленням синтезом хлорофілу *b* (ГОРЬШКИНА 1989). З урахуванням того, що освітленість у воді, де зростали досліджувані види гідрофітів (на глибині до 70 см) менша, ніж над водною поверхнею, можна припустити, що структура клітин листків, занурених у воду гідрофітів, обумовлена зниженою освітленістю. З другого боку, відомо, що в тилакоїдах гран в основному зосереджується хлорофіл *b* і ФС II, а в тилакоїдах строми – ФС I (Гудвін и МЕРСЕР 1986; VELSKY *et al.* 1989), що дає змогу припустити кореляцію структури хлоропластів підводних листків гідрофітів з наявністю у них фотосинтезуючих пігментів, а також посилення активності ФС II у листках, занурених у воду. Відомо, що відношення хлорофілу *a* до хлорофілу *b* вказує на відносний розмір світло-збираючого комплексу, тоді як відношення вмісту хлорофілу *a* до каротиноїдів – корелює із здатністю світла до захисних механізмів (VELSKY *et al.* 1989). Враховуючи отримані нами дані про високе співвідношення $\text{Chl } a/b$ у листках *P. perfoliatus* та *P. pectinatus*, та вище зазначені дані літератури, можна припустити, що у рдесників розмір світлозбираючого комплексу у хлоропластів більший, ніж у листках водопериці.

Висновки

1. Вивчення анатомічної структури затоплених листків *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* та *M. spicatum* показало, що вони характеризуються гомогенним типом мезофілу.

2. Ультраструктурний аналіз клітин фотосинтезуючої паренхіми листків досліджуваних гідрофітів показав, що хлоропласти характеризуються типовою гранальною будовою з великою кількістю тилакоїдів у грані. Листки досліджуваних

рослин незалежно від виду містять хлорофіл *a* та *b*, вміст та співвідношення яких видоспецифічне.

Використані джерела

- Викаи Б.** 1975. Электронная микроскопия для начинающих. Мир, Москва.
- Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М.** 1975. Большой практикум по физиологии растений. Высшая школа, Москва.
- Гамалеи Ю.В., Куликов Г.В.** 1978. Развитие хлоренхимы листа. Наука, Ленинград.
- Горышкина Т.К.** 1989. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. Изд-во Ленинградского ун-та, Ленинград.
- Гудвин Г., Мерсер Е.** 1986. Введение в биохимию растений. Т. 1. Мир, Москва.
- Силаева А.М.** 1978. Структура хлоропластов и факторы среды. Наукова думка, Киев.
- Недужа О.М.** 2011. Гетерофілія у рослин. Альтерпрес, Київ.
- Некрасова Г.Ф., Ронжина Д.А., Малеева М.Г., Пьянков В.И.** 2003. Фотосинтетический метаболизм и активность карбоксилирующих ферментов у надводных, плавающих и погруженных листьев гидрофитов. *Физиология растений* **50**: 65–75.
- Фурст Г.Г.** 1979. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. Мир, Москва.
- BELSKY A.J., AMUNDSON R.G., DUXBURY J.M., RINA S.J., ALI A.R., MWONGA S.M.** 1989. The effects of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *J. Appl. Ecol.* **26**: 1005–1024.
- BOEGER M.R.T., POULSON M.E.** 2003. Morphological adaptations and photosynthesis rates of amphibious *Veronica anagallis-aquatica* L. (Scrophulariaceae) under different flow regimes. *Aquat. Bot.* **75**: 123–135.
- NEDUKHA O.** 2008. Constant water environment and peculiarity of leaf structure of some water plants. *Adv. Agricult. Sci.* **524**: 189–205.
- FROST-CHRISTENSEN H., FLOTO F.** 2007. Resistance to CO₂ diffusion in cuticular membranes of amphibious plants and the implication for CO₂ acquisition. *Plant Cell Environ.* **30**: 12–18.
- MOMMER L., PONS T.L., WOLTERS-ARTS M., VENEMA J.H., VISSER E.J.W.** 2005. Submergence-induced morphological, anatomical, and biochemical responses in a terrestrial species affect gas diffusion resistance and photosynthetic performance. *Plant Physiol.* **139** (1): 497–508.
- MOMMER L., VISSER E.J.W.** 2005. Underwater photosynthesis in flooded terrestrial plants: a matter of leaf plasticity. *Ann. Bot.* **96**: 581–589. doi: 10.1093/aob/mci212
- RASCIO N.** 2002. The underwater life of secondarily aquatic plants: some problems and solutions. *Critical Rev. Plant Sci.* **21**: 401–427. doi: 10.1080/0735-260291044296
- RASCIO N., CUCCATO F., DALLA VECCHIA F., LA ROCCA N., LARCHER W.** 1999. Structural and functional features of the leaves of *Ranunculus trichophyllus* Chaix., a freshwater submerged macrophyte. *Plant Cell Environ.* **22**: 205–212. doi: 10.1046/j.1365-3040.1999.00394.x
- SCHMIDT B.L., MILLINGTON W.F.** 1968. Regulation of leaf shape in *Proserpinaca palustris*. *Bull. Torrey Bot. Club.* **95** (3): 264–286.
- SMITH F.F., WALKER N.A.** 1981. Photosynthesis by aquatic plants: Effects of unstirred layers in relation to assimilation of CO₂ and HCO₃⁻ and isotopic discrimination. *New Phytol.* **6**: 245–259.

ANATOMICAL STRUCTURE AND CHLOROPLASTS ULTRASTRUCTURAL PECULIARITY OF SOME HYDROPHYTES LEAVES

OLENA M. NEDUKHA

Abstract. The comparative analysis of the anatomical study, chloroplast ultrastructure and pigments content of submerged leaves of *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* and *Myriophyllum spicatum* at budding-flowering stage with light microscopy, transmission electron microscopic and biochemical methods were realized. The absent of stomata, the presence of undifferentiated mesophyll was shown with anatomical study of hydrophytes leaves. The common and distinctions signs of chloroplast ultrastructure in leaf photosynthesizing parenchyma were revealed in dependent from species. The structural changes of leaf phenotypical plasticity are examined as adaptative device of submerged leaves under influence of altered environment.

Key words: *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum*, leaf anatomy, cell ultrastructure, flooding