



УДК 57.012.3:582.394:581.45+181.162.1

МІКРОСТРУКТУРА ПОВЕРХНІ ОРГАНІВ ВОДНОЇ ПАПОРОТІ *SALVINIA NATANS* (L.) ALL.

М.М. ЩЕРБАТЮК *, А.М. БАБЕНКО, О.А. ШЕЙКО, І.В. КОСАКІВСЬКА

Анотація. За допомогою сканувального електронного мікроскопа досліджено мікроструктуру поверхні вегетативних і генеративних органів водної папороті *Salvinia natans* (L.) All. Встановлено, що існування на межі повітряного й водного середовищ забезпечується специфічною мікроструктурою плаваючих вай, адаксіальна поверхня котрих має добре розвинену кутикулу й продихові щілини розміщені нижче поверхні епідерми, тоді як абаксіальна поверхня й підводні видозмінені вайі мають надтонкі клітинні стінки епідерми й численні ниткоподібні вирости епідермальних клітин. Обраховано кількість продихів на одиницю площі поверхні плаваючих вай та середній діаметр продихових щілин. Вказується, що будова оболонки спорокарпіїв сприяє проходженню річного літньо-зеленого феноритму, забезпечуючи занурення на дно водойми восени і підняття мега- та мікроспорангіїв на поверхню води навесні.

Ключові слова: *Salvinia natans* (L.) All., вайя, водна папороть, мікроструктура, спорокарпій

Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна;
* mshcherbatiuk@ukr.net

Вступ

Папороті (Polypodiophyta) – одні з найдревніших і найчисельніших рослин на Землі. Дана група нараховує більше 12000 видів, що розповсюджені на всіх континентах і представлені різними життєвими формами. Папороті є одним із головних компонентів рослинного покриву землі (STERN *et al.* 2003). Вони належать до судинних спорових рослин, більшість із них рівноспорові. Життєвий цикл складається з послідовності гетероморфних поколінь із домінуванням вільноіснуючого спорофіту. Різносторові папороті представлені підкласом *Salviniidae*, який на сьогодні нараховує десятки видів.

Водна папороть *Salvinia natans* (L.) All. належить до однорічних гідрофітів із літньо-зеленим феноритмотипом (ДУБИНА *in.* 2003; NAGALINGUM *et al.* 2006). У межах температурно-меридіонального ареалу ареалу (MEUSEL *et al.* 1965) вид зустрічається спорадично. У південних регіонах утворює великі масиви площею до 800-1000 м² із щільністю 100-1200 особин на 1 м². Розповсюджений у мезо-евтрофних

і евтрофних прісноводних замкнених або слабопроточних водоймах, котрі добре прогріваються. Має розгалужене стебло завдовжки від 3 до 8 см. Містить у кільцях по три вайі, з яких дві – цілнокраї плаваючі, а третя – розсічена на 9-14 долей, занурена у воду, виконує функцію кореня, і, водночас, містить асиміляційні тканини, хлоропласти яких активно фотосинтезують, принаймні на початкових етапах вегетації рослини в травні та червні (ХОЛОДНИЙ 1956). Плаваючі вайі овально-еліптичні, тупі, на верхньому боці із щетинистими білими волосками, на нижньому – з бурими. Біля основи занурених вай розташовані кулеподібні, зібрані в групи по 4-5 штук спорокарпії (соруси). Коренева система відсутня (ЧОРНА 2001).

Оскільки, гетерофілія належить до адаптивних пристосувань, які сприяють розповсюдженню папоротей, метою нашої роботи було вивчення мікроструктури плаваючих і підводних вай, а також структури поверхні репродуктивних органів водної папороті *S. natans*, що існує на межі повітряного й водного середовищ.

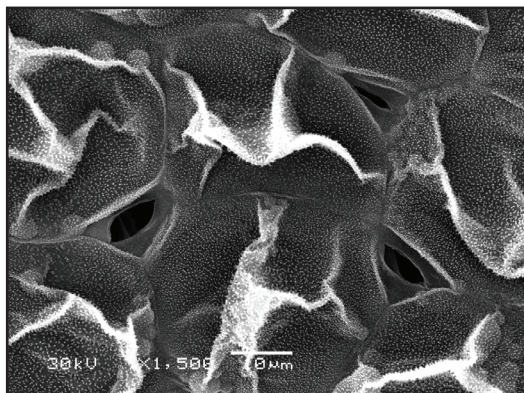


Рис. 1. Продихи на адаксіальній поверхні плаваючої ваї *Salvinia natans*.

Fig. 1. Stomata on the adaxial surface of *Salvinia natans* floating leaf.

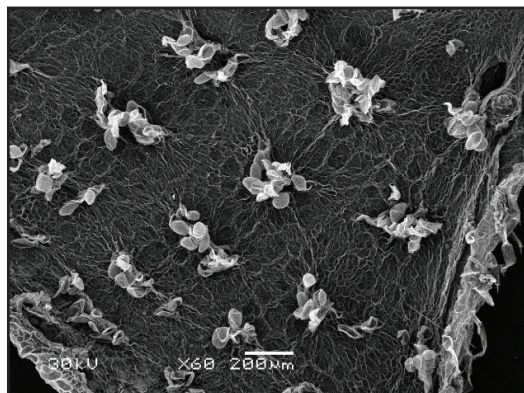


Рис. 2. Адаксіальна поверхня плаваючої ваї *Salvinia natans*.

Fig. 2. The adaxial surface of *Salvinia natans* floating leaf.

Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили зі зразками водної папороті *S. natans*, зібраними у першій половині серпня (фазу формування спорокарпіїв) і другій половині вересня (початок фази відмирання вегетативних органів) у прісноводній замкнутій водоймі у Київській області.

Вивчення ультраструктури поверхні фіксованого в 70° етиловому спирті рослинного матеріалу проводили за допомогою сканувального електронного мікроскопу JEOL JSM-6060 LA (Японія). Зразки відпрепарувували від цілої рослини, спорокарпії розрізали. Матеріал зневоднювали у розчинах етилового спирту зростаючої концентрації. Після обробки абсолютним спиртом переносили і наклеювали на латунні предметні столики за допомогою адгезивної стрічки, висушували до повітряно-сухого стану, для надання кондуктивності покривали шаром золота в іонному напилювачі. Розміри структур на мікрофотографіях визначали за допомогою програми UTHSCSA Image Tool 3.0, використовуючи задану приладом на зображенні лінійку-шкалу. Отримані дані обробляли статистично.

Результати та їх обговорення

Адаксіальна поверхня надводних (плаваючих) ваї вкрита продихами простої будови. Продихові щілини розташовані нижче рівня епідерми (Рис. 1). Кількість продихів на 1 мм² площі поверхні сягає 142 шт. Замикаючі клітини занурені у шар епідерми і візуально в поле зору повністю не потрапляють. Клітинна стінка замикаючих клітин продихів, на відміну від продихового апарату квіткових рослин, практично не має на своїй поверхні розвиненого кутикулярного шару. Середній діаметр продихової щілини 8,1 мкм. Клітини поверхневої епідерми сотоподібні, вкриті значним шаром воску, містять почленовані ряди ворсинок галузистого типу (Рис. 2). Епідерміс нижньої (абаксіальної) поверхні ваї значно густіше вкритий гідрофобними ворсинками (трихомами), ніж адаксіальний. На ньому повністю відсутні продихи і практично не розвинена кутикула. Завдяки ворсинкам площа контакту абаксіальної поверхні з водою значно збільшується, що стабілізує флотацію рослини (Рис. 3).

Епідерма водних видозмінених ваї сформований з клітин із тонкими стінками без відкладень, що забезпечує виконання ними поглинальної функції. Підводні ваї

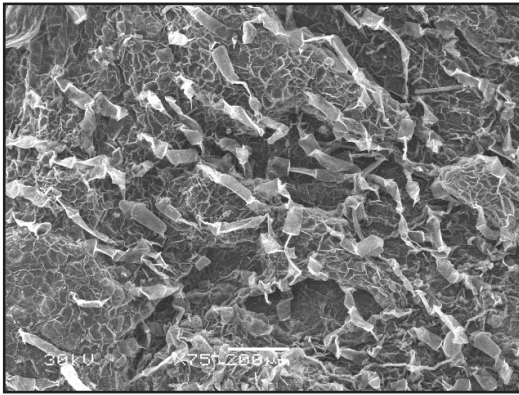


Рис. 3. Абаксіальна поверхня плаваючої ваї *Salvinia natans* з численними трихомами.

Fig. 3. The abaxial surface of *Salvinia natans* floating leaf with numerous trichomes.

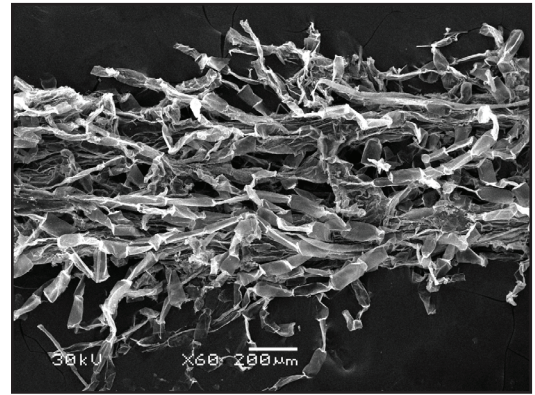


Рис. 4. Підводна видозмінена ваї *Salvinia natans*.

Fig. 4. Submerged leaf of *Salvinia natans*.

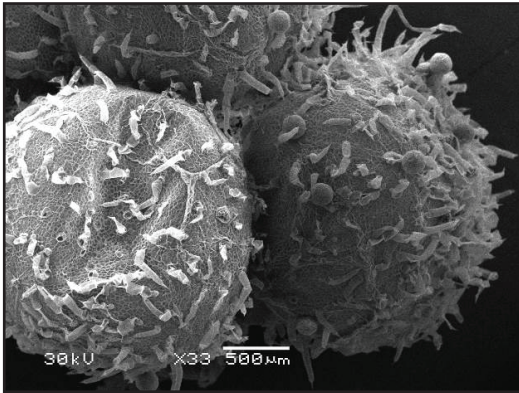


Рис. 5. Загальний вигляд спорокарпіїв *Salvinia natans*.

Fig. 5. Common view of *Salvinia natans* sporocarps.

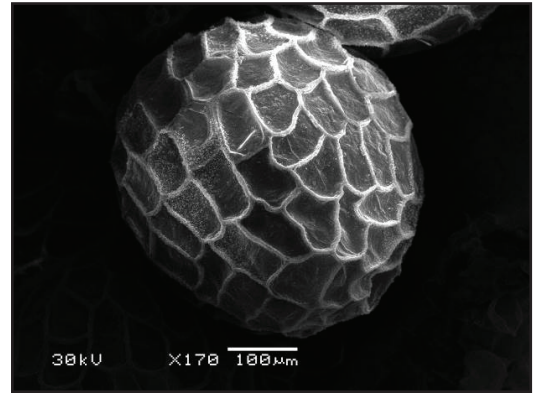


Рис. 6. Мегаспорангій *Salvinia natans*.

Fig. 6. Megasporangium of *Salvinia natans*.

галузисті, завдяки чому суттєво збільшують площу контакту з водою (Рис. 4). У них відсутні кутикула та продихи, що характерно для підводних листків квіткових рослин із чітко вираженою гетерофілією (Клименко 2012).

У *S. natans* спори утворюються у спорангіях, що знаходяться всередині специфічних кулеподібних сорусів, які називаються спорокарпями (ЧОРНА 2001). Спорокарпії знаходяться біля основи підводних ваї та занурені у воду. Завдяки гігроскопічним властивостям своїх оболонок, спорокарпії восени опадають і зимують на дні водойми. У *S. natans* діаметр окремих сорусів (спорокарпіїв)

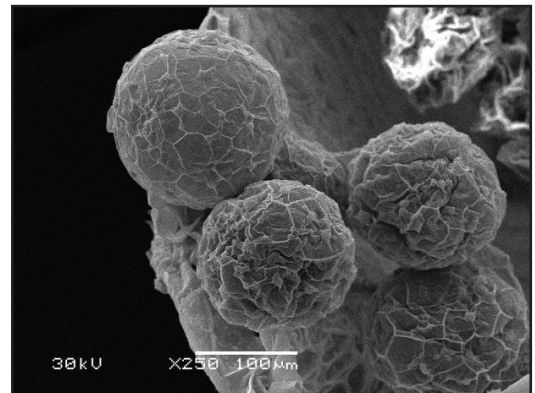


Рис. 7. Мікроспорангії *Salvinia natans*.

Fig. 7. Microsporangia of *Salvinia natans*.

складає 2,5-3 мм. Мікросоруси, що містять мікроспорангії, зазвичай сидячі, тоді як овальні мегасоруси на ніжках – мегаспорангії. Поверхня сорусів вкрита ворсинками-трихомами (Рис. 5). У мегасорусі розвивається до 25 мегаспорангіїв, у кожному з яких формується одна мегаспора. Мегаспора вкрита пінистою масою (периплазмодієм), що відіграє роль плавального пристосування, як для мегаспори, так і для жіночого гаметофіту, який розвивається навесні (ВАШЕКА ТА БЕЗСМЕРТНА 2012). Діаметр мегаспорангія (Рис. 6) може досягати 500 мкм. Середній діаметр мікроспорангія складає 181 мкм. Поверхня мегаспорангіїв сітчастопочленована, тоді як мікроспорангіїв – слабо борозенчаста (Рис. 7).

Висновки

Отже, мікроструктура адаксіальної і абаксіальної поверхонь плаваючих вай водної папороті *S. natans* адаптована для існування цього виду на межі повітряного та водного середовищ. Головною ознакою адаксіальної поверхні вай є добре розвинена кутикула і розташування продихових щілин нижче рівня епідерми. Абаксіальна поверхня плаваючих вай і мікроструктура підводних видозмінених вай відзначаються тонкими клітинними стінками епідерми і ниткоподібними виростами, що забезпечує ефективне мінеральне живлення та газообмін. Будова підводних вай, клітини епідерми яких мають тонкі клітинні стінки без кутикули, сприяє поглинанню світла у товщі води в умовах затінення, спричиненого плаваючими ваями.

Будова спорокарпіїв забезпечує успішне проходження річного літньо-зеленого фенологічного ритму, оскільки, саме завдяки

властивостям оболонки спорокарпіїв, відбувається занурення їх на дно водойми восени, тоді як після руйнування оболонок впродовж зими макро- і мікроспорангії вивільнюються і навесні піднімаються на поверхню. Проростання спор та утворення чоловічого та жіночого гаметофітів відбувається безпосередньо всередині спорангіїв.

Подяки

Автори статті висловлюють щиру подяку професору, доктору біологічних наук Дмитру Васильовичу Дубині за консультації при обговоренні результатів дослідження.

Використані джерела

- ВАШЕКА О.В., БЕЗСМЕРТНА О.О. 2012. Атлас папоротей флори України. Паливода А.В., Київ.
- ДУБИНА Д.В., ШЕЛЯГ СОСОНКО Ю.Р., ЖМУД О.І., ДВОРЕЦЬКИЙ Т.В., ДЗЮБА Т.П. 2003. Дунайський біосферний заповідник. Рослинний світ. Фітосоціоцентр, Київ.
- КЛИМЕНКО О.М. 2012. Морфолого-анатомічні особливості наземних, плаваючих та придонних листків *Nuphar lutea* (L.) Smith. *Mod. Phytomorphol.* 2: 59–62.
- ХОЛОДНЫЙ Н.Г. 1956. О метаморфозе пластид в волосках подводных листьев у *Salvinia natans*. В кн.: Холодный Н.Г. Избранные труды в 3 т. Т. 1. Работы по физиологии растений. Издательство АН УССР, Киев.
- ЧОРНА Г.А. 2001. Рослини наших водойм (атлас-довідник). Фітосоціоцентр, Київ.
- MEUSEL H., JÄGER E., WEINERT E. 1965. Vergleichende Chorologie der zentral-europäischen Flora. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- NAGALINGUM N.S., SCHNEIDER H., PRYER K.M. 2006. Comparative morphology of reproductive structures in heterosporous water ferns and a reevaluation of the sporocarp. *Int. J. Plant Sci.* 167: 805–815.
- STERN K.R., JANSKY S., VIDLACK J.E. 2003. Introductory plant biology. McGraw-Hill, New York.

MICROSTRUCTURAL FEATURES OF WATER FERN *SALVINIA NATANS* (L.) ALL. ORGAN SURFACES

M.M. SHCHERBATIUK *, L.M. BABENKO, O.A. SHEYKO, I.V. KOSAKIVSKA

Abstract. The microstructure of the organs surface of the water fern *Salvinia natans* (L.) All. has been studied under scanning electron microscope. It was established that the existence on the border between air and water environments

is supported by specific microstructure of floating leaves. The adaxial side of floating leaves has well-developed cuticle and stomata placed below the level of epidermis, while abaxial surface of such leaves and submerged modified leaves are characterized by ultra-thin cell walls of the epidermis and numerous filamentous trichomes. We calculated number of stomata per unit area of leaves and the average diameter of stomata. It is claimed that the structure of wall of the sporocarp promotes the passage of the annual summer-green rhythm. Sporocarp provides diving of mega- and microsporangia to the bottom of the water reservoir in autumn and their raising on the water surface in the spring after destruction of its walls.

Key words: *Salvinia natans*, leaf, microstructure, sporocarp, water fern

M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, Tereshchenkivska str. 2, 01601 Kyiv, Ukraine;

* *mshcherbatiuk@ukr.net*