

Anatomical and morphological features of the vegetative organs of succulent plants regards growth conditions

N.A. Kirilenko

Odessa National Mechnykov University,
Department of Botany, 2, Dvoryanska str., Odessa, 65082, Ukraine
E-mail: kiril-ko@ukr.net, Tel.: +0972913317

Submitted: 23.12.2017. Accepted: 16.02.2018

Anatomical-morphological characteristics of leaves and stems of plants of succulent type *Crassula perforata* Thunbg., *C. socialis* Schonland (Crassulaceae), *Senecio rowleyanus* Jacods, and *S. herreianus* Moritz Kurt Din. (Asteraceae) from extreme habitats were studied. Basic quantitative parameters of anatomical indices were presented. The comparative analysis of the structure of vegetative organs of succulents was carried out. Several common features, which result from adaptation to such conditions of growth (characteristic peculiarities of the external structure, weak differentiation of mesophyll, considerable development of the water-bearing tissue) and features, which distinguish the studied species (the type of leaf mesophyll, presence of trichomes, type of the stomata apparatus, the degree of the conductive system development) were registered. The species which we studied is mainly spread in arid regions with warm climate and is capable of special CAM – type of photosynthesis, which enables it to survive under conditions of water deficiency and high temperature stress. In addition, arrangement of leaves in rosette makes it possible for the latter to shadow the other ones and condense moisture near the stem base. However, it can be seen from our research that under conditions of temperate climate plants, studied by us, preserved the anatomical structure, typical of tropical representatives from xeric habitats and have similar survival strategy, which is manifested at all levels of organisation: morphological, anatomical and physiological.

Key words: anatomy; stem; leaf; succulents; arid habitats

Анатомо-морфологічні особливості вегетативних органів сукулентних рослин у зв'язку з умовами зростання

Н.А. Кириленко

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Дворянська, 2, 65082, Одеса, Україна; E-mail: kiril-ko@ukr.net, Тел.: +380972913317

Вивчено анатомо-морфологічні характеристики листків та стебел 4 видів рослин сукулентного типу (*Crassula perforata* Thunbg., *C. socialis* Schonland (Crassulaceae), *Senecio rowleyanus* Jacods, *S. herreianus* Moritz Kurt Din. (Asteraceae)) з колекції оранжерейних рослин Ботанічного саду Одеського національного університету імені І.І. Мечникова. Представлено основні кількісні параметри анатомічних показників. Проведено порівняльний аналіз будови вегетативних органів сукулентів. Відмічено низку спільних ознак, які є результатом пристосування до умов зростання (характерні особливості зовнішньої будови, слабка диференціація мезофілу, значний розвиток водоносної тканини, САМ – тип фотосинтезу) та ознаки, які відрізняють досліджувані види (наявність трихом, товщина мезофілу, кількість продихів на мм², ступінь розвитку провідної системи). Виявлено взаємозв'язок анатомічної будови з функціональною активністю рослин та умовами середовища існування.

Ключові слова: анатомія; стебло; листок; сукулентність; пристосування; аридні території

Значення дослідження морфології і анатомії тропічних і субтропічних рослин для цілей систематики надзвичайно велике. Рослини помірного клімату, які зазнають впливу більш суворих умов існування, переважно представлені спеціалізованими формами, які значно відійшли від висхідних форм. Тому порівняльне вивчення тропічних і субтропічних видів та видів, які ростуть в помірних широтах допомагає розкрити шляхи їх еволюції та адаптації (Gamaley, 1985).

Однією із найважливіших властивостей усіх живих організмів, в тому числі і рослин, є адаптація – процес пристосування до певних умов зовнішнього середовища. Вироблення пристосувальних змін в будові і процесах життєдіяльності основане на високій екологічній пластичності структурних компонентів рослин і їх функціональної активності. Морфофункціональні адаптації достатньо чітко просліджуються майже на всіх рівнях організації – від клітинного, тканинного і до рівня цілого організму і угруповання (Kirilenko, 2016). Сукуленти – це специфічна група ксерофітів, в основі стратегії яких лежить запасання води в паренхімних тканинах для використання на потреби організму в посушливий період й обмеження її випаровування за рахунок зменшення відносно поверхні (відношення площі до об'єму тіла) (Von Willert et al., 1992).

Дослідженню впливу факторів зовнішнього середовища на анатомічну будову вегетативних органів рослин присвячена велика кількість робіт. В більшості з них вивчався листок (Butnik, 1983; Gamaley, 1984; Butnik & Timchenko, 1987; Babak, 2010; Ivanova & Muzychko, 2013), в меншій мірі вивчено будову стебла в залежності від умов зростання (Kalashnyk & Gaidarzhy, 2013). Нечисленні відомості про анатомічну будову стебла та структуру листків сукулентних рослин наведені в небагатьох джерелах (Ivanova & Ryankov, 2002; Berezkina, 2013). Особливості пристосування сукулентів до умов зростання на тканинному рівні залишаються недослідженими. Вивчення анатомо-морфологічних ознак вегетативних органів даної групи рослин, кількісні дані щодо їх мінливості у зв'язку з динамікою умов зростання дають змогу оцінити рівень дії різних екологічних факторів, детальніше охарактеризувати особливості росту сукулентів окремих регіонів. Метою роботи було порівняння особливостей анатомо - морфологічної будови структурних елементів рослин сукулентного типу, які відображають ступінь їх пристосування до умов існування.

Матеріали і методи досліджень

Матеріалом для дослідження були оранжерейні рослини тропічного та субтропічного походження (*Crassula perforata* Thunbg., *Crassula socialis* Schonland (Crassulaceae), *Senecio rowleyanus* Jacods, *S. herreianus* Moritz Kurt Din. (Asteraceae)) з колекції Ботанічного саду Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Матеріал збирали протягом вегетаційного сезону у 2016-2017 рр. З метою порівняння анатомічних ознак різних за географічним походженням рослин, досліджували однорічні стебла та листки 4 видів сукулентних рослин. Зразки фіксували та зберігали у 70 % етиловому спирті. Поперечні зрізи виготовляли лезом небезпечної бритви, потім встановлювали реакцію на здерев'яніння шляхом додавання флороглюцину та концентрованої HCl. Отримані зрізи поміщали в гліцерин.

Дослідження проводили на фіксованих та живих зразках. Приготування тимчасових та постійних препаратів здійснювали за загальноприйнятою методикою з використанням різних тканинних барвників (Barykina, 2004).

Мікроскопічне дослідження вегетативних органів рослин проводили за допомогою світлових мікроскопів марок "Біолам – 70", XSP – 104 (Росія) за збільшеннями окуляра x10 та об'єктивів x4, x10 та x40. Для кількісного аналізу проведено виміри морфометричних показників за допомогою окуляр-мікрометра МОВ-1-15. Результати обробляли варіаційно-статистичними методами (Plohin'sky, 1980). Мікрофотографії здійснювали за допомогою фотокамери Nikon. Дані у таблицях наведено як середні значення та квадратне відхилення

Результати досліджень та їх обговорення

Особливості анатомічної будови *Crassula perforata* та *C. socialis*

Рід *Crassula* L. охоплює біля 350 видів рослин, із яких більш ніж двісті зростає у Південній Африці, значна їх кількість також розповсюджена в Тропічній Африці та на Мадагаскарі, декілька видів зустрічаються на півдні Аравійського півострова. Рослини цього роду розповсюджені дуже широко, але переважно у Південній півкулі (Byalt, 1999).

C. perforata – невелика рослина з ромбовидними листками, які охоплюють стебло так, ніби вони нанизані на нього. Колір листків – світло-зелений з сизим нальотом, по краю листка – червона хрящувата облямівка.

C. socialis – низькорослий сукулент з тонкими дуже розгалуженими стеблами, на яких густо розташовуються колоноподібні розетки з мілкими, до 5 мм, округлими листками сизувато-зеленого кольору.

Анатомічна будова досліджених рослин характеризується такими особливостями. Поверхня листка вкрита одношаровою епідермою з добре розвиненою кутикулою. Листок товстий, соковитий, з водозапасаючою тканиною. Листова пластинка *C. socialis* опушена з країв. Епідермальні клітини однакових розмірів зі слабо звивистими, майже прямолінійними оболонками. У *C. socialis* клітини епідерми видовжені в повздовжньому напрямку. Продиховий апарат обох видів анізоцитного типу: кожен продих оточений трьома побічними клітинами різних розмірів. Але є деякі відмінності в кількісній характеристиці досліджуваних видів.

Так, наприклад, в листках різних видів у клітинах верхньої епідерми щільність розміщення продихів в середньому становила 23 шт./мм², а нижньої – 47 шт./мм² (табл. 1). Мезофіл листка гомогенний, недиференційований на палісадну і губчасту паренхіму, клітини мезофілу овальні, вакуолізовані.

Є деякі кількісні відмінності в товщині мезофілу досліджуваних видів (табл. 1). Провідна система і механічні тканини в листках розвинуті дуже слабо. Будова листків пристосована до накопичення значних запасів води й повільного їх використання.

Таблиця 1. Порівняльна кількісно-анатомічна характеристика листків *C. perforata* і *C. socialis* (Crassulaceae) (M ± m)

Яруси Листків	Товщина листової пластинки, мкм	Товщина епідермісу, мкм		Кількість продихів на 1 мм ²		Товщина мезофілу, мкм	Покривні волоски
		верхнього	нижнього	верхнього	нижнього		
<i>Crassula perforata</i>							
Верхній	1700 ± 12,3	40 ± 0,7	60 ± 0,9	30 ± 1,0	40 ± 1,7	1600 ± 3,6	-
середній	1775 ± 8,8	35 ± 0,6	40 ± 0,5	28 ± 0,4	36 ± 1,4	1700 ± 5,8	-
Нижній	1900 ± 6,0	40 ± 0,2	60 ± 0,1	23 ± 0,2	32 ± 0,5	1800 ± 8,4	-
<i>C. socialis</i>							
верхній	1640 ± 8,0	30 ± 0,3	50 ± 0,2	38 ± 1,3	47 ± 0,8	1560 ± 9,0	260* ± 1,8 60** ± 0,5
середній	2800 ± 14,8	40 ± 0,5	60 ± 0,5	36 ± 1,3	43 ± 1,4	2700 ± 12,3	320* ± 2,6 80** ± 0,4
нижній	1700 ± 10,4	40 ± 0,4	60 ± 1,6	33 ± 0,5	40 ± 1,0	1600 ± 7,6	220* ± 1,3 40** ± 0,2

* - довжина; ** - ширина біля основи.

Вивчення закономірностей локалізації різних тканин у стеблах досліджуваних представників Crassulaceae показало, що ці рослини пристосовувалися до умов зростання по-різному. Так для пагонів *C. socialis* характерна сплюснута-еліптична форма стебла. Стебло ж *C. perforata* частково здерев'яніле. Епідерма стебла обох видів одношарова, з добре вираженою кутикулою. Наявність перидерми у рослин аридних місцезростань – це спосіб уникнення надмірної втрати вологи під час засухи, а також, можливо, термоізоляція. Такі пристосування свідчать про адаптаційну стратегію, подібну до рослин помірних широт, модифіковану до зростання на аридних територіях (Kalashnyuk & Gaidarzhy, 2013).

Паренхіма кори типова, як і у інших видів родини Crassulaceae (Borisovskaya, 1960; Goncharova, 2006). Кільце перициклу, яке оточує центральний циліндр, тонке (рис. 1). Центральний циліндр представлений провідними тканинами та серцевиною. У стеблах *C. socialis* на відміну від стебел *C. perforata* корова паренхіма істотно переважає над серцевинною. За ступенем розвитку провідних пучків стебла досліджуваних рослини дещо різняться. Так у *C. socialis* відкриті колатеральні пучки розміщені суцільним кільцем (рис. 1А). Центральна ж зона *C. perforata* складається з ксилемних груп променевого типу, розділених серцевинними променями (рис. 1Б).

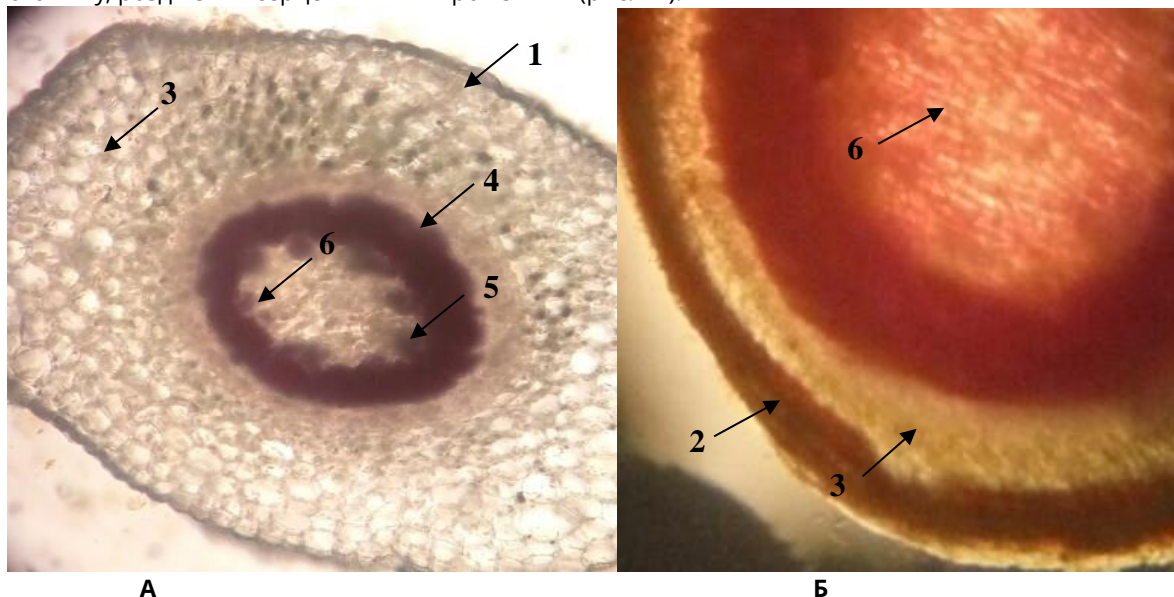


Рис. 1. Поперечний переріз стебла *C. socialis* (А) та *C. perforata* (нижня частина) (Б) (збільшення 10 x 4): 1 – епідерма, 2 – коленхіма, 3 – паренхіма первинної кори, 4 – перицикл, 5 – суцільне кільце судинно-волокнистих пучків, 6 – серцевина

Незначна кількість радіально розміщених трахеальних елементів навпроти первинної деревини характерна для рослин, які зростають на сильно аридних та середньоаридних територіях. Вторинні провідні пучки з розташованими між ними широкими серцевинними променями з'являються у рослин, пристосованих до зростання в слабоаридних і субаридних умовах. Суцільне ксилемне кільце без широких паренхімних променів свідчить про те, що рослини потребують транспортування організмом великої кількості води, а отже, перебіг метаболічних процесів у них відносно швидкий, а дефіцит вологи слабовідчутний. Сюди належать рослини з низьким ступенем сукулентності, що зазвичай зростають на субаридних чи гумідних територіях (Gaidarzhу, 2011). Серцевина стебел обох видів заповнена водоносною паренхімою.

Особливості анатомічної будови *Senecio rowleyanus* та *S. herreianus*

До роду *Senecio* L. належить більше 2000 тисяч видів рослин, які поширені у всіх районах земної кулі – від арктичних до тропічних. Найбільше видове різноманіття спостерігається в Південній Америці, в Середземномор'ї, а також в помірних областях Азії та Північної Америки. Рослини цього роду представлені різноманітними життєвими формами – від однорічних трав до дерев (Byalt, 1999). *S. rowleyanus* і *S. herreianus* – багаторічні сукуленти. Стебла тонкі, звисаючі, вкорінюються у вузлах, довжиною до 1 м. Листки *S. rowleyanus* мають форму кульок діаметром до 6 мм, що знижує площу випаровування. Листки ж *S. herreianus* еліпсоподібні, довжиною до 2 см, шириною до 1 см, зі шпорою на вершині, в світлих або темно-зелених смужках. В результаті проведеного дослідження анатомічної будови листка виявлено ідентичність будови, характерну для більшості сукулентів, зокрема *S. rowleyanus* і *S. herreianus* (рис. 2)



Рис. 2. Поперечний переріз листка *S. herreianus* (збільшення 10 x 4): 1 – епідерма, 2 – водоносна тканина

Товщина листків обох видів достовірно не відрізнялась між собою (табл. 2), але була значно вищою, ніж у сукулентів з родини Crassulaceae (табл. 1) з ідентичною будовою мезофілу листка. Велика кількість пластид спостерігалась лише в поверхневих шарах паренхіми (рис. 3). Це явище характерно як для рослин холодного клімату, так і для світлолюбивих рослин в умовах недостатньої освітленості і є важливою адаптивною ознакою, яка дозволяє підтримувати рослині достатньо високу інтенсивність фотосинтезу при знижених температурах (Ivanova & Руанков, 2002).

Шар кутикули досить тонкий. Епідерма одношарова, товщина її складає від $10 \pm 1,0$ до $40 \pm 1,3$ мкм у різних видів (табл. 2). Листя несуть нечисленні, хаотично розташовані продихи (рис. 4), кількість яких варіює від 6 до 24 на мм^2 , що значно менше, ніж у сукулентів з родини Crassulaceae. Морфогенез листка типовий для ксерофітів. Відсутня диференціація мезофілу на стовпчастий та губчастий. Щільність мезофілу досить висока, а в центральній частині листка клітини мезофілу розміщені неупорядковано. Спеціалізовані водоносні тканини, як правило, відсутні, вся паренхіма виконує водозапасаючу функцію.

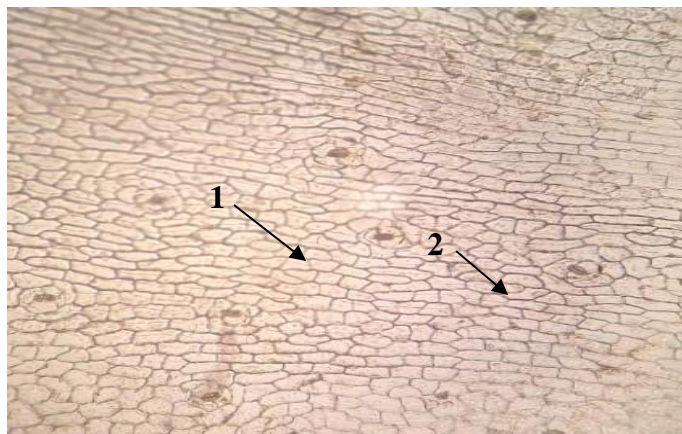


Рис. 4. Клітини епідермісу *S. rowleyanus* з продихами (збільшення 10 x 4): 1 – замикаючі клітини, 2 – побічні клітини.

Таблиця 2. Кількісно-анатомічна характеристика листків *Senecio rowleyanus* та *S. herreianus* (Asteraceae), М±m

Яруси листків	Товщина листової пластинки, мкм	Товщина епідермісу, мкм	Кількість продохів на 1 мм ² епідермісу	Товщина палісадної тканини, мкм	Діаметр водоносної тканини
<i>S. rowleyanus</i>					
верхній	6550 ± 4,5	10 ± 1,0	6	70 ± 2,2	3300 ± 12,9
середній	5760 ± 3,7	20 ± 0,7	17	60 ± 0,8	4100 ± 10,3
нижній	5450 ± 6,3	20 ± 1,8	8	120 ± 0,9	2860 ± 8,4
<i>S. herreianus</i>					
верхній	4050 ± 4,7	40 ± 1,3	15	40 ± 2,2	3680 ± 11,6
середній	6750 ± 13,8	50 ± 0,6	24	80 ± 3,4	3560 ± 10,8
нижній	5550 ± 12,1	30 ± 0,2	11	40 ± 3,0	3400 ± 8,4

Стебло вкрите одношаровою епідермою з потовщеними кутинізованими зовнішніми стінками (рис. 5). Характерною ознакою є добре розвинена кора, яка майже цілком складається з великих паренхімних клітин, що є типовим для сукулентів. У периферичній частині первинної кори є 1-2 шари клітин колєнхіми, що утворює безперервний циліндр. Ширина корової парєнхіми варіює від 70 ± 5,0 мкм до 240 ± 7,6 мкм (табл. 3).

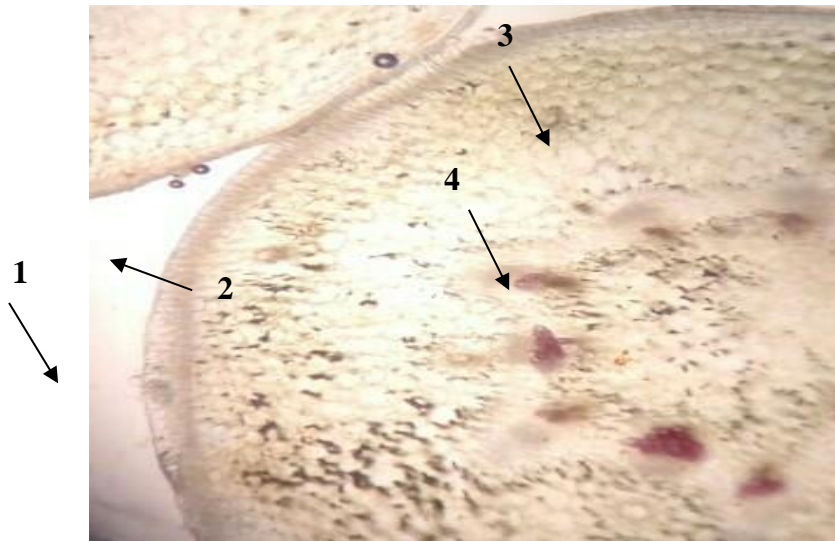


Рис. 5. Поперечний зріз стебла *S. rowleyanus* (збільшення 10 x 4): 1 – епідерма, 2 – колєнхіма, 3 – корова парєнхіма, 4 – центральний циліндр

В основній коровій парєнхімі розміщені численні провідні пучки. Розмір та кількість пучків варіює у різних видів. Однією з характерних ознак анатомічної будови стебел сукулєнтів є слабкий розвиток флоєми та ксилєми (Ilyinska, 1990). Первинна провідна система має пучкову структуру. Вторинна – відноситься до кільцевого типу.

Отже, у *S. rowleyanus* та *S. herreianus* як серцевинна парєнхіма, так і корова парєнхіма стебла виконують водозапасаючу функцію. Ксилєма ж сприяє ефективнішому перерозподілу і використанню води.

Порівняння особливостей анатомічної будови стебел та листків представників родин Crassulaceae та Asteraceae виявило в їх будові як спільні ознаки, характерні для сукулєнтів (характерні особливості зовнішньої будови, слабка диферєнція мєзофілу, значний розвиток водоносної тканини, САМ – тип фотосинтезу) так і ознаки, які відрізняють досліджувані види (наявність трихом, товщина мєзофілу, кількість продохів на мм², ступінь розвитку провідної системи), які є еволюційно закріпленою адаптацією до екстремальних місцезростань.

Окрім того, спостєрігаються внутрішньородинні відмінності в кількісній характеристиці анатомічних структур досліджуваних видів.

Таблиця 3. Кількісно-анатомічна характеристика стебел *Crassula perforate* і *C. socialis* (Crassulaceae), *Senecio rowleyanus* і *S. herreianus* (Asteraceae), $M \pm m$

Частина стебла	Діаметр стебла, мкм	Товщина епідермісу, мкм	Кількість продихів на 1 мм ²	Ширина коленхіми, мкм	Ширина короної паренхіми, мкм	Діаметр центрального циліндра, мкм	Кількість судинно-волокнистих пучків
<i>C. socialis</i>							
верхня	800 ± 9,4	15 ± 0,7		-	290 ± 6,1	20 ± 0,8	-
середня	1700 ± 6,1	15 ± 0,2		75 ± 1,6	360 ± 8,0	25 ± 4,0	-
нижня	1300 ± 7,3	20 ± 0,8		85 ± 0,6	410 ± 8,4	30 ± 2,0	-
<i>C. perforata</i>							
верхня	2000 ± 8,6	15 ± 0,4		75 ± 1,6	320 ± 5,9	80 ± 2,6	12
середня	1880 ± 16,1	20 ± 4,4		80 ± 0,9	260 ± 7,6	75 ± 1,8	10
нижня	1050 ± 7,3	25 ± 2,5		85 ± 0,7	175 ± 3,6	78 ± 2,0	
<i>S. rowleyanus</i>							
верхня	1500 ± 11,2	15 ± 0,9	1,7	40 ± 1,7	240 ± 7,6	30 ± 1,7	10
середня	1300 ± 10,6	20 ± 0,4	1,5	40 ± 1,3	220 ± 5,9	36 ± 2,3	10
нижня	1900 ± 16,7	20 ± 0,6	0,9	40 ± 0,5	230 ± 7,2	41 ± 3,6	10
<i>S. herreianus</i>							
верхня	2420 ± 14,5	20 ± 0,5	-	35 ± 0,5	80 ± 3,4	85 ± 2,6	11
середня	3600 ± 17,9	10 ± 0,2	-	40 ± 1,2	60 ± 1,9	100 ± 5,1	9
нижня	3280 ± 13,7	20 ± 0,8	-	38 ± 0,8	70 ± 5,0	93 ± 4,3	10

Таким чином, досліджені нами види поширені, головним чином, в аридних районах з теплим кліматом та здатні до особливого САМ – типу фотосинтезу, завдяки чому виживають в умовах водного дефіциту та високого температурного стресу. Проте, з наших досліджень видно, що в умовах помірного клімату інтродуковані рослини зберегли анатомічну структуру, типову для тропічних представників з ксеричних місцезростань.

Висновки

Мезофіл листка у *Crassula perforata* та *C. socialis* гомогенний, недиференційований на палісадну і губчасту паренхіму, клітини мезофілу овальні, вакуолізовані. Провідна система і механічні тканини в листках розвинуті слабо. У клітинах верхньої епідерми листка щільність розміщення продихів становить в середньому 23 шт./мм², нижньої – 47 шт./мм². Будова листків пристосована до накопичення значних запасів води й повільного їх використання.

Crassula perforata та *C. socialis* різняться за ступенем розвитку провідних пучків стебла. Так у *C. socialis* відкриті колатеральні пучки розміщені суцільним кільцем. Центральна ж зона *C. perforata* складається з ксилемних груп променевого типу, розділених серцевинними променями. Суцільне ксилемне кільце свідчить про те, що рослини потребують транспортування організмом великої кількості води, а отже, перебіг метаболічних процесів у них відносно швидкий, а дефіцит вологи слабовідчутний.

Морфогенез листка *Senecio rowleyanus* та *S. herreianus* типовий для ксерофітів. Відсутня диференціація мезофілу, але його щільність досить висока. Спеціалізовані водоносні тканини також відсутні. Велика кількість пластид спостерігалась лише в поверхневих шарах паренхіми. Листя несли нечисленні, хаотично розташовані продихи, кількість яких варіювала від 6 до 24 на шт./мм².

Характерною ознакою стебла *Senecio rowleyanus* і *S. herreianus* є добре розвинена кора, яка майже цілком складається з великих паренхімних клітин, що є типовим для сукулентів. У обох видів як серцевинна паренхіма, так і корова паренхіма стебла виконують водозапасаючу функцію.

References

- Babak, T.V. (2010). Structural features of representatives of the genus *Sedum* L. in the North. *Journal of the Institute of Botany*, 7, 18-22.
- Barykina, R.P. (2004). Reference to botanical microtechnology. Moscow: Moscow State University (in Russian).
- Berezkina, V.I. (2013). Features of the anatomical-morphological structure of the autonomic organs of the section *Sedum* of the genus *Sedum* L. (Crassulaceae DC). *Modern Phytomorphology*, 4, 299-301.
- Borisovskaya, G.M. (1960). Anatomical and systematic study of some representatives of the family Crassulaceae DC. *Bulletin of Leningrad University*, 21(4), 159-162.
- Butnik, A.A. (1983). Characteristics of the types of anomalous (polycambial) secondary thickening of the axial organs of the species of the Chenopodiaceae family. *Botany journal*, 68(5), 572-580. (in Russian)
- Butnik, A.A., Timchenko, O.V. (1987). Leaf epidermal structure in species of Chenopodiaceae family. *Botany journal*, 72(8), 1021-1030. (in Russian)
- Byalt, V.V. (1999). The list of type specimens of Crassulaceae in the Herbarium of the St. Petersburg Forestry Academy (KFTA). *Botany journal*, 84(7), 46-49. (in Russian)
- Gaidarzhly, M.M. (2011). Vital forms of succulent as the adaptation in and arid climate. Scientific symposium "In situ and ex situ Plant Diversiry Conservation" Jasi, Romania, 68.
- Gamaley, Y.V. (1984). The leaf anatomy of Gobi plants. *Botany journal*, 69(5), 569-584. (in Russian)
- Gamaley, Y.V. (1985). Variations of kranz-anatomy in the plants of the Gobi and Karakum deserts. *Botany journal*, 70(10), 1302-1314. (in Russian)
- Goncharova, S.B. (2006). Sedoideae (Crassulaceae) of Flora of the Russian Far East. Vladivostok: Dal'nauka.
- Ivanova, N.A., Muzychko, L.M. (2013). Leaf anatomy of the plants growing saline soils. *Bulletin of the Nizhnevartovsk State University*, 3, 1-6. (in Russian)
- Ivanova, N.A., Pyankov, N.A. (2002). Influence of environmental factors on the structural parameters of the leaf mesophyll. *Botany journal*, 87(12), 17-28. (in Russian)
- Ilyinska, A.P. (1990). Anatomical studies from the family Crassulacea - *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. et C. B. Lehm and *Rhodiola rosea* L. *Ukr. Botan. Zhurn*, 47(3), 24-28. (in Russian)
- Kalashnyk, S.O., Gaidarzhly, M.M. (2013). Anatomical characteristics of one year old stems of succulent plants of the genus *Euphorbia* (Euphorbiaceae). *Ukr. Botan. Journal*, 70(1), 45-53. (in Russian)
- Kirilenko, N.A. (2016). Structural peculiarities of vegetative organs of *Sempervivum tectorum* L. (Crassulaceae) and *Salicornia europaea* L. (Chenopodiaceae) – residents of extreme habitats. *Journal of Education, Health and Sport*, 6(9), 883-892. Doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.162170>
- Plohinsky, N.A. (1980). Algorithms biometrics. Moscow: Moscow State University. (in Russian)
- Von Willert, D.J., Eller, B.M., Werger, M.J., Brinckmann, E., Ihlenfeldt, H.-D. (1992). Life strategies of Succulents in Deserts with Special Reference to the Namib Desert. London: Cambridge University Press.

Citation:

Kirilenko, N.A. (2018). Anatomical and morphological features of the vegetative organs of succulent plants regards growth conditions. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 509-515.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0. License
