

УДК 532.71:577.2.25:581.17

Т.Є. Христова¹, О.Є. Пюрко², М.М. Мусієнко¹

¹ Київський Національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Володимирська, 64, м. Київ, 01033

² Мелітопольський державний педагогічний університет,
вул. Леніна, 20, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312

ЕВОЛЮЦІЯ ПОГЛЯДІВ НА ОСМОТИЧНІ ЯВИЩА В РОСЛИНАХ

газові закони, осмотичні явища, осмотичний тиск, сисна сила, осмометр, дифузія, напівпрониклива мембрана, концентрація, клітинний сік

На сьогодні чітко встановлено, що для рослинних організмів характерна мультіваріабельність і багаторівневість здійснення одночасно чисельних реакцій та процесів у різних компартментах завдяки їх розділенню за допомогою біомембран і специфічності вмісту кожного з них [7,13]. За рахунок технічного прогресу удосконалюються методи досліджень, розширюються контакти між різними напрямками науки та дисциплінами, на основі кооперативних експериментальних досліджень формується сучасна теорія обміну речовин рослинних організмів, кожна ланка якого здійснюється у відповідності до загально біологічних законів природи [9]. Переконаливою ілюстрацією вищезазначеного є матеріали, на основі яких нами розроблена узагальнююча схема [19], яка в удосконаленому вигляді представлена на Рис.1 рис.1.

Її зміст дозволяє констатувати, що далеко не всі проблеми обміну речовин вирішені і тому з'ясування нових деталей та закономірностей на різних рівнях організації продовжується. Важливе місце в цьому процесі, як і у визначенні життєдіяльності рослин взагалі, належить осмотичним явищам, котрі виникають при розділенні компартменту напівпроникливою (проникливою для H_2O і непроникливою для розчинених речовин) мембраною (біомембраною) з локалізацією H_2O по одну сторону, а розчину – по іншу. Тільки при цій умові в результаті дифузного руху молекули розчинника будуть переміщуватись через біомембрану від

розчинника до розчину. Односпрямована дифузія розчинника до розчину називається **осмосом**, а сила, обумовлююча осмос, віднесена до одиниці поверхні напівпроникливої мембрани, називається **осмотичним тиском (P)**. При дифузії вирівнювання концентрацій досягається за рахунок переміщення молекул розчиненої речовини, а при осмосі – переміщення молекул розчинника [1,19,21,23].

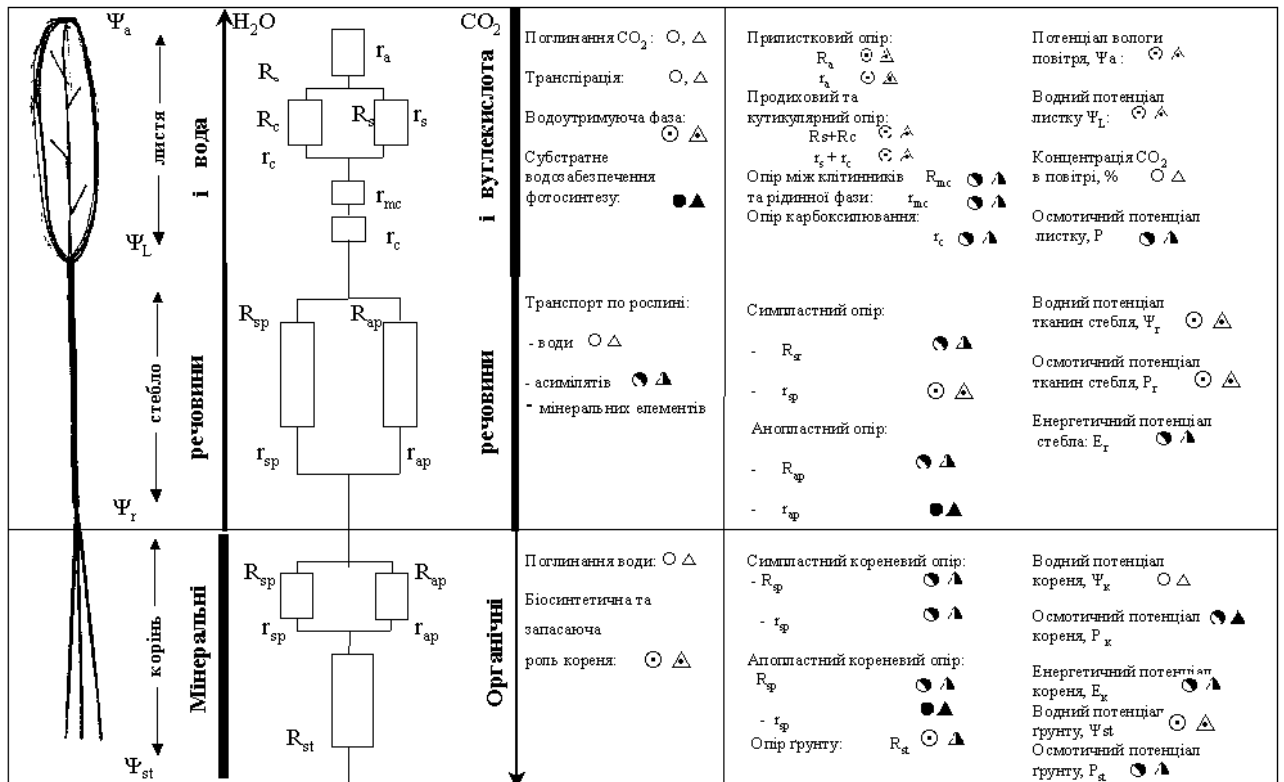


Рис. 1. Узагальнююча схема стану розробки методів та ступеня вивченості взаємозв'язків різних процесів у рослин.

Методи: ○ - розроблені; ⊙ - інтенсивно розробляються; ● - перспективні, але недостатньо розроблені; ● - майже не розроблені.

Процеси: △ - вивчені; ⊙△ - інтенсивно вивчаються; ●▲ - важливі, але недостатньо вивчені; ▲ - майже не вивчені.

Осмотичні явища та осмотичний тиск відіграють важливу роль у процесах життєдіяльності всіх живих організмів.

Процеси газообміну, поглинання води та поживних речовин, їх транспорт, накопичення у певних компартментах, виділення та обмін речовин взагалі, пов'язані з різною проникливістю мембран, тканин для води та розчинених речовин [12,17,18]. Якщо клітина (орган) занурена у воду або в розчин з меншою концентрацією, ніж концентрація її вмісту, то вода буде надходити

в середину і створювати гідростатичний (тургорний) тиск (T). Осмотичними явищами пояснюється неможливість рослин рости на засолених ґрунтах, P яких досягає 13-15 *атм.*, в той час як у тканинах корневих систем – всього 2-4 *атм.* і тому рослини пристосовуються шляхом накопичення у своїх органах осмотично активних речовин. Зазначені факти “вимагали” наукових пояснень, у розробці яких активну участь приймали як закордонні, так і вітчизняні вчені.

Робота в даному напрямку базується на відкритих раніше газових законах та виявленого феномену знаходження деяких речовин, зокрема, води одночасно в трьох агрегатних станах. При цьому передбачалася відповідність законів не тільки газам, а і чистим рідинам та їх розбавленим розчинам [15].

Згідно першого закону (закон Бойля-Маріотта) – *обсяг даної кількості газу при постійній температурі обернено пропорційний тиску* і має математичний вираз: $V_1 p_1 = V_2 p_2 = K$, де: V_1, V_2 – обсяги газу при відповідних p_1, p_2 тисках; K – постійна величина. Закон Бойля-Маріотта констатує, що добуток обсягу даного газу на тиск при постійній температурі є константна величина.

У 1802 році Гей-Люссаком та Шарлем було встановлено другий газовий закон, згідно якого *при нагріванні маси газу при постійному тиску його обсяг (V_t) при підвищенні температури на кожен $^{\circ}C$ збільшується на $1/273$ вихідного обсягу газу (V_o)*, згідно виразу: $V_t = V_o + V_o \cdot T/273 = V_o \cdot T/273$ [1].

Аналогічно на $1/273$ збільшується тиск (P_t) відносно вихідного (P_o) при нагріванні його на кожен $^{\circ}C$ при постійному обсязі, згідно: $P_t = P_o(1 + T/273) = P_o \cdot T/273$.

Третій газовий закон відкритий у 1811 році і відомий як закон Авогадро, констатує, що *при однаковому тиску та однаковій температурі рівні обсягів різних газів містять однакову кількість молекул*. Число молекул, яке містить 1 моль речовини, називається *постійною Авогадро* і розраховується згідно математичного виразу: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$. Закон Авогадро відіграв велику роль як у розвитку хімії, так і суміжних наук, тому що з одного боку

сприяв визнанню атомно-молекулярного вчення, сформованого в середині XVIII століття М.В.Ломоносовим, а з іншого – користуючись числом Авогадро можна розрахувати маси атомів та молекул, їх розміри [22].

У 1834 році Б.Е.Клапейрон об'єднав перший і другий газові закони і отримав рівняння Клапейрона: $p \cdot V/T = r$; $p \cdot V = r \cdot T$.

Теоретичні розробки постійно підтримувалися та підтверджувалися практичними роботами, але не завжди об'єднувалися в єдине ціле – узагальнене вчення стосовно живих організмів [23,31].

У 1868 році український вчений І.Г. Борщов [8] на основі вивчення властивостей колоїдів, стверджує про здатність колоїдних часток поглинати своєю поверхнею частки інших речовин, особливо розчинника в різній кількості, залежно від умов середовища. Він вважав, що колоїди входять до складу клітин рослинних і тваринних організмів, їх оболонки, протопластів і т.д. Ці уявлення дозволили пояснити поглинання води насінням при проростанні, здатність протоплазми утримувати воду та інші явища. При цьому оболонку рослинної клітини аналогічно тваринній перетинці почали розглядати як мембрану діалізатора (штучного осмометра), яка легко пропускала воду і кристалоїди та одночасно затримувала колоїдні частки.

С.М. Богданов [3...7] вивчаючи ступінь набрякання насіння з білковими та крахмалевими запасними речовинами встановив, що перші поглинають більше води в зв'язку з гідрофільними властивостями білкових колоїдів. Так розпочалося вивчення значення сил адсорбції при поглинанні води рослинними організмами. Одночасно вивчався осмотичний механізм поглинання води.

Вітчизняні вчені внесли суттєвий доробок у вчення про фізико-хімічні основи осмотичних явищ. Так, Й.В. Баранецький у 1868-69 роках проводив дослідження по співставленню концентрації розчинів та кількості поглинутої води з використанням оригінального приладу, в якому напівпрониклива перетинка розташовувалась вертикально і забезпечувала рівний вихідний тиск у різних камерах [2]. Готуючи перетинки з різним ступенем

набрякання, він намагався отримати таку, яка б легко пропускала воду і затримувала розчинні речовини, т.б. наближалася по властивостям до напівпроникливої біомембрани. Дослідами Баранецького Й.В. була закладена основа створення штучної нирки, відкрита можливість розробки мембранних фільтрів для фільтрації ферментів, токсинів, вірусів і т.д., які відіграють велику роль у життєдіяльності людини.

Продовжуючи теоретичну розробку газових законів Д.І. Менделєєв у 1874 році замінив постійну складову R , яка відноситься до 1 молю газу, згідно $r = n \cdot R$, де n – число молей газу, і, таким чином, об'єднав всі газові закони в загальне рівняння: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$, відомого під назвою “рівняння Менделєєва-Клапейрона”. В цьому рівнянні R не залежить від природи та кількості газу і тому називається *універсальною газовою сталою*, величина та розмірність якої визначається тими ж одиницями, якими вимірюються тиск і обсяг, тому $R = p \cdot V / n \cdot T = p_o \cdot V_o / T_o$, де: V_o – обсяг 1 молю газу за нормальних умов (22,4 л при $p = 760$ мм рт. стовпчика і $t = 0^\circ\text{C}$) [25,32].

Фізичний сенс газової сталої стає зрозумілим, якщо врахувати, що при постійному тиску з підвищенням температури збільшується обсяг газу. В цьому випадку при збільшенні обсягу (ΔV) та підвищенні температури (ΔT), рівняння прийме вигляд: $p \cdot (V + \Delta V) = R \cdot (T + \Delta T)$, а після розкриття скобок та врахування, що $p \cdot V = R \cdot T$ та $p \cdot \Delta V = R \cdot \Delta T$, отримаємо $R = p \cdot \Delta V / \Delta T$. Але додаток тиску на зміну обсягу є роботою, яку визначають через A і тому при $p \cdot \Delta V = A$ отримаємо $R = A / \Delta T$. Якщо зміна температури $\Delta T = 1^\circ\text{C}$, то $R = A$. Значить, газова стала дорівнює тій роботі проти зовнішнього тиску, яку виконує один моль газу при підвищенні температури на 1°C [1,25..28].

У 1877 році П.Ф. Пфеффер за допомогою розробленого осмометра, який послужив прототипом для виготовлення інших приладів (рис.2), вимірює осмотичний тиск розчинів сахарози різної концентрації і формує уявлення про осмометр, як аналог клітини. Таким чином, автор запропонував на багато років наперед модель рослинної клітини, в основі якої лежить порівняння живої клітини з фізичним приладом [13,26,30].

Рис.2

Вивчаючи процес розчинення та властивості розчинів, які представляють собою не тільки однорідні суміші двох або декількох речовин, а і продуктів їх взаємодії, Д.І. Менделєєв встановив, що в процесі розчинення відбуваються одночасно два явища: фізичне і хімічне. Охолодження або розігрівання розчину він пояснив перевагою одного з них. Виділення теплоти при розчиненні він пов'язував з хімічною взаємодією між розчиною речовиною та водою. В результаті утворюються нестійкі екзотермічні хімічні сполуки, частина яких знаходиться в дисоційному стані. Теорія розроблялася з 1860 по 1887 роки і отримала назву *гідратної або хімічної теорії розчинів Д.І. Менделєєва* [25,32] і відіграла велике значення в формуванні поглядів на осмотичні явища в рослинах. Вона констатувала, що *чисті хімічні речовини реагують між собою або дуже повільно, або дуже швидко (вибух), в той час як у розчинах реакції завжди відбуваються уповільнено*, що для живих організмів є надзвичайно важливим.

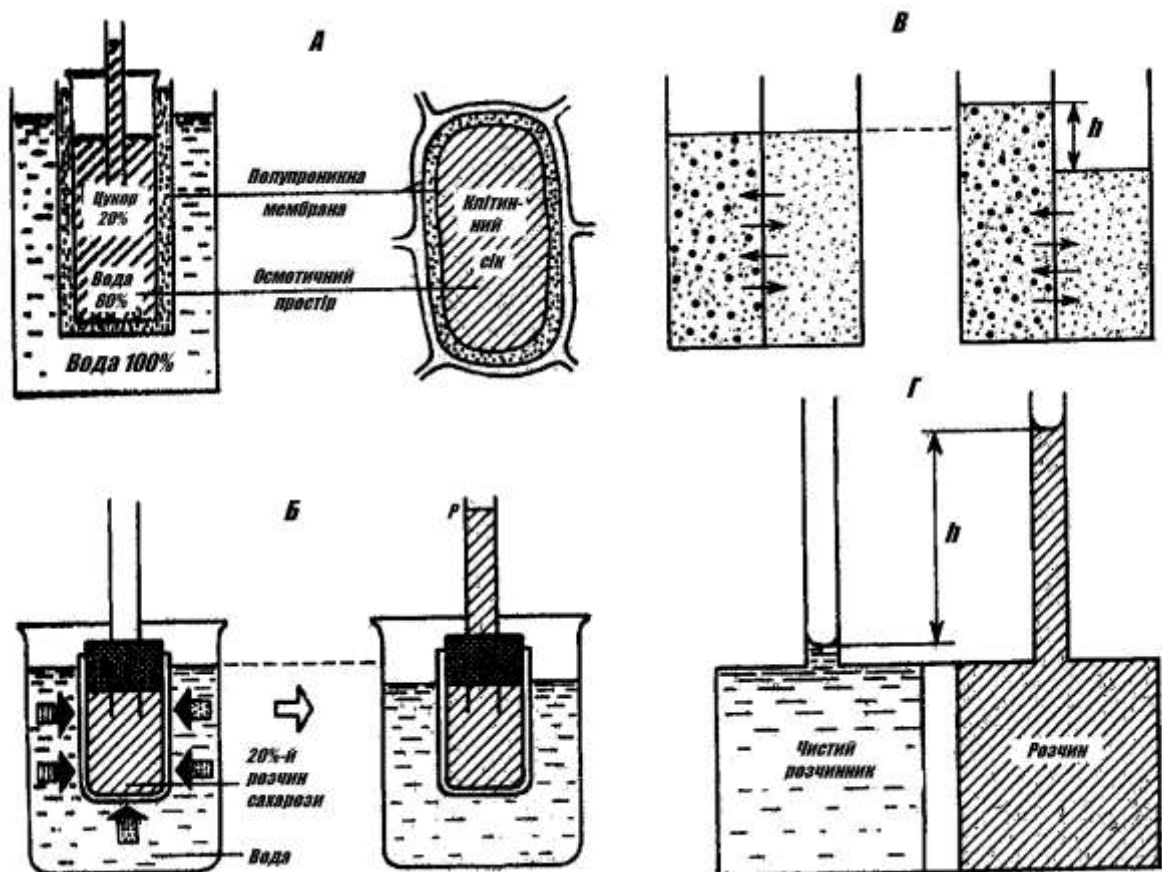


Рис. 2. Схеми рослинної клітини і осмометра:

А – за Ліббертом [24]; Б – за Польовим [29]; В – за Меріоном [27]; Г – за Калоусом і Павличком [19].

У 1886 році Я.Г. Вант-Гофф, вивчаючи результати дослідів П.Ф. Пфєффера по осмотичному тиску розчинів, встановив, що між станом речовин у розчині та газовим станом тієї ж речовини існує аналогія, яка носить не тільки якісний (одностороння дифузія через напівпроникливу перетинку), а і кількісний характер. *Осмотичний тиск розчину по розділу розчин-розчинник дорівнює тому газовому тиску, який би формувався, якщо розчинна речовина знаходилась у газоподібному стані та займала обсяг розчину при такій же температурі.* Свій закон Вант-Гофф представив у вигляді виразу: $P_{осм.} \cdot V = n \cdot R \cdot T$, а при $C = n/V \rightarrow P_{осм.} = n/V \cdot R \cdot T = C \cdot R \cdot T$.

З рівняння видно, що осмотичний тиск пропорційний молярній концентрації розчиненої речовини (C) та абсолютній температурі (T). Експериментально доведено, що це рівняння характерне тільки для розбавлених розчинів і що похибка осмотичного тиску, розрахованого по рівнянню Менделєєва-Клапейрона буде меншою, якщо замість молярної (C), підставити молярну (m) концентрацію і тоді $P_{осм.} = m \cdot R \cdot T$. Практично Вант-Гофф обґрунтував застосування газових законів для розрахунків осмотичного тиску розбавлених розчинів, які асоціюються з концентрацією клітинного соку вегетативних органів рослин [19,24].

Встановлений закон був адекватним для неелектролітів. При вивченні властивостей розчинів електролітів (кислот, лугів, солей) було встановлено, що цим речовинам характерний більш високий осмотичний тиск у порівнянні з молярними розчинами відповідних неелектролітів. Тому для електролітів Я.Г. Вант-Гофф ввів допоміжний множник i – *ізотонічний коефіцієнт*, який показує в скільки разів спостерігаємий осмотичний тиск ($P_{виз.}$) розчину більше розрахованого ($P_{роз.}$), тобто $i = P_{виз.}/P_{роз.}$. Стосовно електролітів рівняння Вант-Гоффа матиме вигляд: $P = i \cdot C \cdot R \cdot T$. Коефіцієнт i для неелектролітів дорівнює 1 , а для електролітів - >1 і визначається згідно рівняння: $i = 1 + \alpha \cdot (n - 1)$, де α – ступінь електролітичної дисоціації, n – кількість іонів, на які розпадається молекула електроліту. Його значення збільшується при розбавленні розчинів, наближаючи до певної величини, характерної для конкретного електроліту [1,12,25].

Тривалий час осмотичний тиск клітини вважався рушійною силою поглинання та транспорту води по рослині [33...35]. Але по мірі накопичення експериментальних результатів стає зрозумілим, що при поясненні цього процесу треба враховувати не тільки $P_{осм}$, а і гідростатичний тиск (T), який формується в результаті надходження води в клітину (рослину). Тому на початку ХХ століття Уршпрунгом та Блюмом [12,27] у якості рушійної сили цього процесу був запропонований термін “*сисна сила*” (S), яка чисельно дорівнювала різниці між осмотичним ($P_{осм}$) і тургорним (T) тисками: $S = P - T$.

Майером В.С у 1938 році для пояснення цього процесу був запропонований термін – *дефіцит дифузного тиску (ДДТ)* води в біологічній системі – це “*та величина, на яку дифузний тиск цієї води менший дифузійного тиску води, яка знаходиться при такій же температурі та такому ж атмосферному тиску*” [8], $ДДТ = P_{осм} - T$. В ряді випадків S та $ДДТ$ були вищими за P і тоді $S(ДДТ)=P+T$. Такі явища спостерігалися при *циторізі*, коли під час обезводнювання протопласт не відходив від оболонки клітини [12,15,32].

Висунуті ще в 1930-1935 роках О.М. Алексєєвим ідеї термодинамічного підходу до вивчення водного режиму рослин знайшли своє застосування тільки в останє п’ятдесятиріччя. У 1960 році для характеристики водного режиму в системі ґрунт-рослина-атмосфера було введено поняття “*водний потенціал*” ($ВП, \psi$). Це термодинамічний показник стану води в системі є похідною двох інших термодинамічних показників – активності (a) та хімічного потенціалу води (μ_w). Активність води визначається за формулою: $a_w = P/P_o$, де P – тиск водяної пари над системою; P_o – тиск насиченої пари над чистою водою за тих самих умов [1,10,13..15].

Хімічний потенціал води (μ_w) – параметр похідний від її активності і визначає максимальну кількість вільної енергії молекул води, яка може бути перетворена на роботу: $\mu_w = \mu_w^o + RT \lg a_w$, де: μ_w^o – хімічний потенціал чистої води; R – газова стала; T – абсолютна температура; a_w – активність води в системі. В розчині та клітині $a_w < 1$, тому $\lg a_w$ – має від’ємне значення.

У фізіології рослин часто в порівняльних дослідженнях використовують параметр – **водний потенціал (ψ)**, який дорівнює різниці хімічних потенціалів чистої води та води в дослідній системі (клітина, тканина, орган), віднесеної до одиницю обсягу (\tilde{V}): $\psi = \mu - \mu_0/\tilde{V}$ [12,25,27,30].

Визначення Ψ базується на ствердженні – якщо концентрація розчину, в якому знаходиться рослинний об’єкт не змінюється, то величина осмотичного потенціалу ($P_{осм.}$) дорівнює ψ рослинного зразка з протилежним знаком: $-\psi = P$. Безпосереднє визначення P методами криоскопії [20], ебуліоскопії потребує складної апаратури, тому часто використовують плазмолітичний метод або рефрактометричне визначення змін концентрацій осмотично активних розчинів (після знаходження в них рослинних зразків або клітинного соку) з подальшими розрахунками P та ψ [11,27,30].

В зв’язку з тим, що клітинний сік представляє собою розчин із багатьма розчиненими речовинами (цукри, солі, органічні кислоти і т.д.) інтегральні параметри будуть дорівнювати відповідно:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \dots \dots \dots + P_j = P_n$$

$$\Psi = \Psi_1 + \Psi_2 + \Psi_3 + \dots \dots \dots + \Psi_j = \Psi_n$$

Визначення окремо $P_1 \dots \dots \dots + P_j$ та $\Psi_1 \dots \dots \dots + \Psi_j$ дуже кропітка робота, на що вказував ще Slavik [34,35], тому в дослідженнях частіше використовуються загальні величини концентрації розчинених речовин (визначених рефрактометрично) без урахування складових в результаті чого можливі значні похибки. Українськими вченими запропонована методика визначення осмотичних тисків органічної та мінеральної складових [16...18]. Згідно методики загальна % концентрація клітинного соку ($C_{заг.}$) визначається рефрактометрично, а після спалювання зразка і отримання золи – % концентрація мінеральної (C_m) та органічної ($C_{ор.}$) складових: $C_{заг.} = C_m + C_{ор.}$. При цьому молярна концентрація відповідних складових розраховується за % концентрацією згідно виразу: $C_m = C\% \cdot p/Mp \cdot 100$, де: C_m – молярна концентрація розчину (моль/л, сахарози для органічної, $NaCl$ – для мінеральної складових); p –

густина розчину – ($\text{кг}/\text{м}^3$); $C\%$ - концентрація складової клітинного соку (%); M_p – молекулярна маса розчиненої речовини ($\text{г}/\text{моль}$); 100 – коефіцієнт переведення значень параметру в %.

Після визначень (P, ψ) мінеральної та органічної складових клітинного соку знаходять значення цього параметру для рослинного зразка в цілому ($P_{зр.}$): $P_{зр.} = P_{мн.} + P_{ор.}$; $\psi_{зр.} = \psi_{мн.} + \psi_{ор.}$

Такий підхід дозволив на основі експериментальних результатів констатувати, що при однаковому засоленні ґрунту (2,5 % NaCl) ψ у справжнього галофіта *Salicornia europaea L.* (солонець) досягає 4,83 МПа (4,03 – за рахунок мінеральної та 0,8% - органічної складових) при досить низькій концентрації (17%) клітинного соку, а у глікогалофіту *Artemisia santonica L.* – 4,01 МПа (2,24 – за рахунок $\psi_{мн.}$ та 1,77 – $\psi_{ор.}$) при значно вищій концентрації клітинного соку – 25,9%. Розроблена методика дозволяє проводити фізіологічний моніторинг фітоценозів для перспективного передбачення їх розвитку, особливо посушливих та засолених регіонів [18].

Робота дозволяє констатувати, що всі процеси в матеріальному світі здійснюються за загальними законами природи і в певній мірі аналогічні для різних станів речовин. Осмотичні явища – широко відомі процеси і на них базується вся життєдіяльність рослинних організмів. Не зважаючи на давність початку вивчення цих процесів, їх наукове вирішення продовжується і сьогодні. При цьому значний доробок в це питання вносили і вносять вітчизняні вчені - фізіологи.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Балезнин С.А., Ерофеев Б.В., Подобаев Н.И.* Основы физической и коллоидной химии. – М.: Просвещение, 1975. – 398.
2. *Баранецкий О.В.* Исследования над диосмосом по отношению его к растениям //Труды СПб Общества естествоиспытателей /Протокол 7^{ого} заседания Ботанического отделения Общества естествоиспытателей от 20.11.1869. – Санкт-Петербург: Б.и., 1870. – С. 1-42.
3. *Богданов С.М.* Потребность прорастающих семян в воде //Киевские университетские известия. – 1887, № 8. – С. 1-24.
4. *Богданов С.М.* Потребность прорастающих семян в воде //Там же. – 1887, № 9. – С.25-48.
5. *Богданов С.М.* Потребность прорастающих семян в воде //Там же. – 1887, № 10. – С. 49-72.
6. *Богданов С.М.* Потребность прорастающих семян в воде //Там же. – 1887, № 11. – С. 73-102.
7. *Богданов С.М.* Потребность прорастающих семян в воде //Там же. – 1887, № 12. – С. 1-42.
8. *Борцов И.Г.* О свойствах и частичном строении некоторых коллоидных веществ, участвующих в образовании растительных и животных организмов //Журнал Российского химического общества. – М.: Б.и., 1869. – Т. 1. – С. 194-212.
9. *Бровдій В.М., Гаца О.О.* Енергетичні закони екології. – К.: Б.в., 2001. – 102 с.
10. *Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряг Е.Ф.* Краткий справочник по химии. – К.: Наукова думка, 1987. – 829 с.
11. *Ермаков А.И., Арасимович В.Е.,* Смирнова-Иконникова М.И., Ярош Н.П., Луковникова Е.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Колос, 1972. – 456 с.
12. *Жолкевич В.Н., Гусев Н.А., Капля А.В.,* Пахомова Г.И., Пильщикова Н.В., Самуилов Ф.Д., Славный П.С., Шматько И.Г. Водный обмен растений. – М.: Наука, 1984. – 255 с.
13. *Журавлёва Н.А.* Механизм устьичных движений, продукционный процесс и эволюция. – Новосибирск: Наука, 1992. – 140 с.
14. *Зялалов А.А.* Физиолого-термодинамический аспект транспорта воды по растению. – М.: Наука, 1984. – 136 с.
15. *Измайлов Н.А.* Теория растворов от Д.И. Менделеева до наших дней //Из истории отечественной химии. – Харьков: Харьковский университет, 1952. – С.282-323.
16. *Казаков Є.О.* Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
17. *Казаков Є.О., Пюрко О.Є., Мусієнко М.М.* Клітинний сік як діагностичний параметр адаптаційного синдрому галофітів //Науковий вісник Ужгородського університету. – 2002. – Серія “Біологія”. – Вип. 11. – С. 62-65.

18. Казаков Є.О., Пюрко О.Є., Христова Т.Є. Методологічні аспекти фізіологічного моніторингу рослин Приазов'я //Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: Б.в., 2002. – Вип. 7, № 2-3. – С. 141-152.
19. Калоус В., Павличек З. Биофизическая химия. – М.: Мир, 1985. – 248 с.
20. Кармадонов Ю.К. Прибор для определения осмотического давления в микрообъемах жидкости //Физиология и биохимия культурных растений. – 1986. – Т. 18, № 1. – С. 91-93.
21. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки. – М.: Мир, 1978. – 368 с.
22. Ковиц Т.Е. Избранные труды по химии и химической технологии. – М.: АН СССР, 1951. – С.15-423.
23. Лепешкин В.В. Исследования над осмотическими свойствами и тургором растительных клеток //Записки Академии Наук. – 1907. – Т. 22. – С. 1241-1294.
24. Либберт Э. Физиология растений. – М.: Мир, 1968. – 494 с.
25. Менделеев Д.И. Исследование водных растворов //Избранные сочинения. – М.: Госхимиздат, 1934. – 623 с.
26. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. – К.: Либідь, 2005. – 682 с.
27. Мэрион Дж.Б. Общая физика с биологическими примерами. – М.: Высшая школа, 1986. – 623 с.
28. Никольский Б.П., Григоров О.Н., Позин П.Е., Порай-Кошиц Б.А., Рабинович В.А. и др. Справочник химика. – М.-Л.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1962. – 1069 с.
29. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
30. Сабинин Д.А. О корневой системе растений как осмотическом аппарате //Изв.биол.НИИ при Пермс. гос.ун-те, 1925. – Т. 3. – Вып. 4. – С.42-48.
31. Тимирязев К.А. Избранные сочинения. – М.: Сельхозгиз, 1948. – Т. 1-4. – 430 с.
32. Химическая энциклопедия. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1992. – Т. 3. – 639 с.
33. Roth D., Bergman H. Methoden sur Bestimmung des pflanzen wasser deficits und inze dire-stenerung der Zusatzwasserversordnung. - Übersichtsbeitrag //Arch. Acker-und pflanzendenbau und Bodenk. – 1973. – Vol. 17, № 9. – P. 675-693.
34. Slavik B. The influence of water deficit on transpiration //Physiol. Plant. – 1958. – Vol. 11, № 3. – P. 524-536.
35. Slavik B. Method of studying plant water relations //Ecological studies Prague: Publ. House of Czochosl. Acad. Science N.J. /Springer, 1974. – Vol. 9. – 450p.

Т.Е. Христовая¹, О.Е. Пюрко², Н.Н. Мусиенко¹

ЭВОЛЮЦИЯ ВЗГЛЯДОВ НА ОСМОТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ У РАСТЕНИЙ

¹ *Киевский Национальный университет имени Тараса Шевченко,
ул. Владимирская, 64, г. Киев, 01033*

² *Мелитопольский государственный педагогический университет,
ул. Ленина, 20, г. Мелитополь, Запорожская обл., 72312*

В работе рассматривается эволюция взглядов на формирование осмотических явлений у растений. Показано, что они базируются на открытых ранее газовых законах. Констатируется гетерогенность осмотических составляющих, из которых минеральная всегда имеет меньшую процентную концентрацию, относительно органической, но обуславливает высокое осмотическое давление.

T.E. Khristovaya¹, O.E. Pyurko², N.N. Musienko¹

THE GOSPEL EVOLUTION TO PLANTS' OSMOTIC PHENOMENONS

¹ *Kiev Taras Shevchenko National University, Vladimirskaya St., 64, Kiev, 01033*

² *Melitopol State Pedagogical University, Lenin St., 20, Melitopol, Zaporozhskaya reg.,
72312*

The gospel evolution on formation of plants' osmotic phenomenon is considered in this article. It is shown that they are based on clear earlier gas laws. It is established the heterogeneous of osmotic components, which the mineral always has the rated concentration smaller according organic one, but it is determined the high osmotic pressure.

ПІДПИСИ ДО РИСУНКІВ:

Рис. 1. Узагальнююча схема стану розробки методів та ступеня вивченості взаємозв'язків різних процесів у рослин.

У м о в н і п о з н а ч е н н я: методи: ⊙- розроблені; ○- інтенсивно розробляються; ◐ - перспективні, але недостатньо розроблені; ◑ - майже не розроблені.

Процеси: - вивчені; ▲ - інтенсивно вивчаються; ▴ - важливі, але недостатньо вивчені; ▾ - майже не вивчені.

Fig.1. The state generalization scheme of methods' elaboration and studying extent of different processes interactions at plants.

S y m b o l s i n d i c a t e: methods: - developing; - insensitively developing; - perspective, but deficiently developing; - don't almost developing. Processes: - studying; - insensitively studying; - important, but deficiently studying; - don't almost studying.

Рис. 2. Схеми рослинної клітини і осмометра.

У м о в н і п о з н а ч е н н я: А – за Ліббертом [24]; Б – за Польовим [29]; В – за Меріон [27]; Г – за Калоусом і Павличком [19].

Fig. 2. The cell and osmometer schemes.

S y m b o l s i n d i c a t e: А – by Libbert [24]; Б – by Poliyvoy [29]; В – by Merion [27]; Г – by Callous and Pavlychko [19].

Відомості про авторів

1. Прізвище: Хрестова Тетяна Євгенівна
Місце роботи: Мелітопольський державний педагогічний університет,
кафедра методики викладання біології
Посада: доцент Мелітопольського державного педагогічного університету,
докторант Київського Національного університету імені Тараса
Шевченка
Науковий ступінь: кандидат біологічних наук
Поштова адреса: вул. Держинського, 414/5
м. Мелітополь, Запорізька обл., 72316
Телефон: (06192) 7-10-06
2. Прізвище: Пюрко Ольга Євгенівна
Місце роботи: Мелітопольський державний педагогічний університет,
кафедра ботаніки
Посада: доцент
Науковий ступінь: кандидат біологічних наук
Поштова адреса: вул. Держинського, 414/5
м. Мелітополь, Запорізька обл., 72316
Телефон: (06192) 7-10-06
3. Прізвище: Мусієнко Микола Миколайович
Науковий ступінь: доктор біологічних наук
Посада: професор кафедри фізіології рослин і генетики Київського
національного університету імені Т.Шевченка, член-кореспондент УААН
Місце роботи: Київський національний університет імені Т.Шевченка,
кафедра фізіології рослин і генетики
Поштова адреса: вул. Васильківська 42/76, м. Київ, 01033