

ФОТОСИНТЕЗ: УЧОРА, СЬОГОДНІ, В ПЕРСПЕКТИВІ

Христова Т.Є.¹, Казаков Є.О.², Пюрко О.Є.³

¹*Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна*

²*Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, економіко-гуманітарний факультет в м. Мелітополі, Україна*

³*Мелітопольський державний педагогічний університет, Мелітополь, Україна*

Рослина є багаторівневою авторегуляторною відкритою термодинамічною системою, яка постійно обмінюється з оточуючим середовищем речовинами, енергією та інформацією і тому з одного боку, постійно змінюється сама під тиском ендогенних чинників, а з іншого - певним чином змінює оточуюче середовище, яке є необхідним для існування організмів (людини).

К.А.Тімірязєв першим визначив космічну роль зеленої рослини завдяки унікальній функції - процесу фотосинтезу, в результаті якого на світлі з вуглекислого газу та води в спеціалізованих органоїдах - хлоропластах відбувається біосинтез органічних речовин з виділенням кисню згідно рівняння: $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{CO}_2\uparrow$, сформульованого Ж.Б. Буссенго ще в 1840 р., яке узагальнило роботи багатьох попередніх фітофізіологів і заклало фундамент нового вчення – вуглецевого живлення рослин, в історії якого виділяють шість взаємопов'язаних періодів, кожен з котрих характеризується певними особливостями.

Перший період (1771-1850 рр.) починається відкриттям фотосинтезу англійцем Дж. Прістлі (1771) і встановленням загальних залежностей цього процесу від дії зовнішніх (Сенеб'є, 1782 р.) і внутрішніх (Соссюр, 1804 р.) факторів, та розробкою Ж.Б. Буссенго вищенаведеного узагальнюючого рівняння. *Другий період* (1850-1900 рр.) пов'язаний з дослідженнями енергетики фотосинтезу й характеризується з'ясуванням особливостей фіксації сонячної енергії (Mayer, 1842; Dreper, 1844 and ect.), удосконаленням методів спектрального аналізу з одночасним підвищенням чутливості газометричних методів (Тімірязєв та ін.). Актуальними вважаються роботи вітчизняних фітофізіологів, зокрема, К.А. Пурієвича (1913 р.), в яких кількісно підтверджується закон збереження маси та енергії. *Третій період* (1901-1940 рр.) характеризується як період розквіту фізіологічних досліджень фотосинтезу. Вперше експериментально обґрунтовується наявність світлової та темної фаз фотосинтезу; розшифровується цикл темної фіксації CO_2 , з'ясовується значення води в процесі фотосинтезу; встановлюються основні фізіологічні залежності газообміну та продуктивності

рослин від різноманітних чинників. *Четвертий період* (1941-1950 рр.) – період розквіту біохімічних досліджень фотосинтезу завдяки використанню мічених атомів, C^{14} -ізоотопу. Остаточно з'ясовуються біохімічні особливості C_3 -, C_4 - та КМТ типів фіксації CO_2 на основі дифузійних опорів; розширюються роботи по вивченню окремих ланцюгів обміну речовин та метаболізму в цілому. *П'ятий період* (1950-1960 рр.) – період бурхливого розвитку досліджень, головними з яких були: біо- та фотохімія пігментів, механізми окисно-відновлюючих реакцій; механізми переносу енергії в біомембранах і ін. Розробляються принципово нові методи: електронний парамагнітний резонанс (ЕПР), ядерний магнітний резонанс (ЯМР), методи лазерної техніки для реєстрації кінетики біохімічних реакцій, ідентифікації нестійких інтермедіантів, досліджень збуджених станів молекул і т.д., чим обумовлюється формування нових теорій у фотосинтезі. *Шостий період* (1961 р. - до сьогодні) характеризується формуванням уявлень стосовно функціонування двох фотосистем, з'ясуванням будови та функціонування Z-схеми фотосинтезу, вивченням компонентів електрон-транспортних фотосинтетичних ланцюгів і механізмів фотофосфорилювання. Продовжуються дослідження ензиматичних механізмів, регуляторних систем, циклів фотосинтетичної асиміляції вуглецю, генетики фотосинтезу, продуктивності рослин і ролі останніх на планеті Земля.

На сьогодні, в період значного підвищення антропогенного тиску на природу, все зрозумілішою стає очевидна істина, яку вперше обґрунтували К.А.Тімірязєв і В.І.Вернадський: екологічне благополуччя біосфери, а значить і існування самої людини та цивілізації в цілому, визначаються станом рослинного покриву планети та його складових — рослинних організмів. Значення фотосинтезу в біосферних процесах Землі настільки велике й різноманітне, а його природа настільки унікальна, що проблема фотосинтезу правомірно вважається однією з найважливіших не лише науки, а й практики. Фотосинтез - єдиний процес, який веде до збільшення вільної енергії біосфери за рахунок зовнішнього джерела - Сонця й забезпечує існування як рослин, так і всіх гетеротрофних організмів, до яких належить і людина.

Рослинність Землі щорічно зв'язує в процесі фотосинтезу $155 \cdot 10^9$ т вуглецю, з яких 61% на суші й 39% у водоймах з утворенням $70 \cdot 10^9$ т кисню з яких ліси, площа яких становить близько 44% площі суші, виділяють $55 \cdot 10^9$ т кисню. Досить постійне співвідношення CO_2/O_2 в атмосфері підтримується завдяки газообміну рослин. Маса рослинного покриву Землі складає понад 1800 млрд. т сухої речовини, що енергетично еквівалентно $30 \cdot 10^{31}$ Дж і майже дорівнює відомим запасам енергії корисних копалин. Ліси становлять близько 68% біомаси суші, трав'янисті екосистеми – 16, агрофітоценози - лише 8%. В цілому на Землі з участю фотосинтезу щороку синтезується 173 млрд. т сухої речовини і тому, фотосинтез є основним джерелом отримання продовольства, кормів, технічної сировини. Їх роль у зв'язку з

аридизацією клімату та збільшенням населення планети (за прогнозами вчених до 2050 р. його кількість становитиме 10-11 млрд. чоловік) буде постійно зростати, тому що розробки інших напрямків стосовно вирішення цієї проблеми поки що малоефективні.

Фотосинтез - невичерпне джерело найчистішої енергії й людство повинно приділяти йому значної уваги, посилюючи теоретичні розробки стосовно його управління, дослідженням накопичення сонячної енергії, розкриттю закономірностей регуляції та адаптації до різноманітних чинників. Згідно з теоретичними розрахунками, максимальна енергетична ефективність може досягати 28% фотосинтетично активної радіації (ФАР), але на сьогодні, не зважаючи на ефективність світлової стадії (~95%), в кінцевому врожаю фіксується всього 1-2% ФАР. Важко переоцінити роль рослин як поглиначів шкідливих газів, фільтраторів та фітоіндикаторів. Одне дерево, яке має 10 кг листя (в перерахунку на суху масу) з травня по вересень накопичує SO₂: тополя — до 180 кг; в'яз гладенький – 120; липа - 100; береза -90; клен - 30; бузок – 20; дерн білий - 18. При цьому на відкритій поверхні осідало 1,4 г/м² пилу, а на 15-річних деревах, асиміляційна площа яких досягала 50 м² з горизонтальною проекцією крони 10 м; значення цього параметру дорівнювало: у тополі чорної - 14,1; тополі білої - 8,5; клена ясенісного - 8,3 г/м². Останнім часом підвищується роль рослин у фітоіндикаційних процесах, завдяки яким значно розширюються можливості екологічного моделювання. За допомогою створеного фітоіндикаційного банку можна змодельовати поведінку видів, підібрати їх склад при заданих межах змін певного чинника (одного або кооперативної дії декількох), або прогнозувати зміни екологічних чинників, якщо територія зайнята лісом, степом і т.д.

Таким чином, рослини є первинними продуцентами органічних речовин, вони здійснюють ефективну регуляцію газового середовища та відіграють велику роль не тільки на планеті Земля, а і в глобальному, планетарному масштабі.

Резюме. Приводится генезис учения про фотосинтез в историческом аспекте (описаны основные периоды). Показано полифункциональное значение растений в природе, которое состоит в первичном синтезе органических веществ, фиксации солнечных лучей, регуляции содержания в атмосфере CO₂ и O₂ в интегральном процессе – фотосинтезе.

Summary. The studying genesis about photosynthesis in historical aspect (it is described the main periods) is introduced. It is shown the polyfunctional meaning of plants in nature, which is considered of organic matters primary synthesis, sun-shine fixation, the maintenance regulation in atmosphere CO₂ and O₂ at integral process – photosynthesis.