

## НАУКОВО-ДОСЛІДНА ДІЯЛЬНІСТЬ КОСТЯНТИНА ПУРІЄВИЧА В ГАЛУЗІ ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН

Христова Т.Є.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

вул. Володимирська, 64, м. Київ, 01033, e-mail: [diser03@rambler.ru](mailto:diser03@rambler.ru)

Проанализированы главные направления многолетней научной деятельности воспитанника, потом профессора Киевского университета Святого Владимира К.А. Пуриевича. Подчеркнут его весомый вклад в развитие фитофизиологии в Украине. Охарактеризованы важнейшие публикации ученого, посвященные разным аспектам физиологии растений.

Проаналізовано головні напрями багаторічної наукової діяльності вихованця, потім професора Київського університету Святого Володимира К.А. Пурієвича. Підкреслено його вагомий внесок у розвиток фітофізіології в Україні. Охарактеризовано найважливіші публікації вченого, присвячені різним аспектам фізіології рослин.

Main directions of many years of scientific activity of the alumnus then the professor of St. Vladimir Kyiv University K.A. Purievicha are analyzed. His great contribution to the development of phytophysiology in Ukraine is underlined. The most important publications of the scientist devoted to the different aspects of plant physiology are characterized.

Надзвичайно оригінальний дослідник, неперевершений експериментатор, видатний вчений і педагог професор Київського університету Костянтин Андріанович Пурієвич (1866-1916) присвятив себе вивченню багатьох фундаментальних проблем фізіології рослин. Величезна привабливість постаті К.А. Пурієвича, його бурхлива натура, могутній інтелект та невичерпна дотепність притягали до нього як молодих науковців, так і досвідчених вчених. Його заслуги високо цінуються як в Україні, так і далеко за її межами [2]. К.А. Пурієвич був спокійною, скромною, працелюбною людиною, яка володіла

невичерпною працездатністю, науковою принциповістю та вимогливістю до себе. Це був тип цілеспрямованого вченого, безкорисливого шукача наукової істини.

Костя Пурієвич народився 28 травня 1866 р. у Житомирі. Вищу освіту отримав в Університеті Святого Володимира, природниче відділення фізико-математичного факультету якого закінчив у 1889 р., і був залишений для підготовки до професорського звання. У 1893 р. за роботу „Образование и распадение органических кислот у высших растений” отримав ступінь магістра ботаніки. Потім був направлений у закордонне наукове відрядження, під час якого стажувався у найвідоміших німецьких вчених. У 1898 р. за наукове дослідження „Физиологические исследования над опоражниванием вместилищ запасных веществ при прорастании” йому присуджено ступінь доктора ботаніки. Вся наступна науково-педагогічна діяльність К.А. Пурієвича пов’язана з Київським університетом, де він працював спочатку приват-доцентом (з 1897 р.), потім – професором і завідуючим кафедрою анатомії і фізіології рослин (з 1900 р.). Саме в цей період від кафедри ботаніки 1900 р. було виділено кафедру анатомії та фізіології рослин, яку він очолював впродовж 16 років. К.А. Пурієвич обладнав найкращу в колишній Росії лабораторію для досліджень життєдіяльності рослинних організмів [1]. 31 серпня 1916 р. пішов з життя цей невтомний вчений.

Наукова діяльність К.А. Пурієвича була присвячена різним аспектам біохімічного напрямку фізіології рослин: обміну речовин під час дихання та фотосинтезу; процесам перетворення і пересування речовин; проблемі енергетики фотосинтезу [10]. В кінці XIX ст. увага українських фітофізіологів була прикута до вивчення хімічних процесів під час аеробної фази дихання. К.А. Пурієвич ретельно досліджував шляхи утворення органічних кислот у процесі дихання, а також при дезамінуванні амінокислот. Його перша велика робота “Образование и распадение органических кислот у высших растений” [4] присвячена обміну та фізіологічній ролі органічних кислот у рослині. Молодий вчений поставив за мету встановити, як відбувається розклад цієї

групи кислот при підвищеній температурі і в темряві, з яких речовин утворюються органічні кислоти і який характер має газообмін при цьому процесі. На підставі експериментальних даних К.А. Пурієвич довів, що органічні поживні речовини спочатку окиснюються до органічних кислот, які шляхом подальшого окиснення розщеплюються з утворенням кінцевого продукту – вуглекислоти. Він встановив, що синтез і розпад органічних кислот – це складний процес, властивий всім рослинним організмам, який відбувається у рослин різних систематичних груп своєрідно. Цей процес залежить від впливу зовнішніх чинників: світло і підвищена температура його підсилюють, а відсутність вільного кисню – затримує. Між диханням, утворенням кислот, температурою і співвідношенням  $CO_2/O_2$  існує закономірний зв'язок: кількість органічних кислот за різних температур знаходиться у зворотному відношенні  $CO_2/O_2$  при однакових температурах. Якщо рослина знаходиться у темряві тривалий час, то відношення  $CO_2/O_2$  збільшується, а кількість кислот зменшується. Під час проростання насіння кількість кислот спочатку збільшується, а потім зменшується; відношення  $CO_2/O_2$  змінюється у протилежному напрямку. Якщо в рослину вводити вуглеводи ззовні, то співвідношення  $CO_2/O_2$  зменшується; якщо вводити органічні кислоти або їхні солі, то, навпаки, це співвідношення зростає. Отже, К.А. Пурієвич вперше сформулював висновок стосовно відношення  $CO_2/O_2$ , яке зараз трактується як дихальний коефіцієнт і характеризує складний процес, який залежить від умов середовища, по-різному відбувається у рослин різних систематичних груп і вказує на гетерогенність субстратів дихання.

Численні дослідження метаболізму органічних кислот дозволили К.А. Пурієвичу встановити, що останні, з одного боку, є проміжними речовинами в процесі окиснення вуглеводів, жирів, білків тощо, а з другого, використовуються на біосинтез нових амінокислот, білків, алкалоїдів та інших речовин і виступають сполучною ланкою між обмінами вуглеводів, білків, жирів (у вторинних біосинтезах).

Цікаві результати К.А. Пурієвич отримав при вивченні дихання пліснявих грибів [11]. Ці дослідження він проводив з метою з'ясування особливостей дихання пліснявих грибів і процесів, які пов'язані з утворенням енергії у живій клітині, а також для вивчення змін, які відбуваються в результаті розкладу різних сполук, що входять до складу клітини. Вчений намагався вивчити характер обміну газів не тільки в залежності від якості поживних речовин, а й від вмісту їх в клітині в момент дослідження. Для розв'язання зазначеного питання він проводив модельні досліди з пліснявими грибами, які мають просту будову і можуть розвиватися на різних поживних середовищах. В цих працях К.А. Пурієвич використав набуті під час закордонного відрядження в лабораторії професора Лідера в Берліні навички мікробіологічних досліджень. Йому вдалося встановити, що плісняві гриби *Aspergillus niger* та *Penicillium glaucum* можуть засвоювати атмосферний азот.

Серію цікавих експериментів провів Костянтин Андріанович з проблеми вивчення дихального коефіцієнта пліснявих грибів в залежності від характеру живлення [7]. Він дослідив комплекс питань, що визначають напрямок процесу обміну речовин, який відбувається у тілі пліснявих грибів, і залежність розвитку їх від характеру поживного середовища. Талановитий вчений довів, що плісняві гриби здатні розкласти різні органічні сполуки завдяки наявності численних ферментів. Це підтверджується використанням грибами, як поживних речовин, глюкозидів, які гідролітичними ферментами розкладаються на відповідні складові – радикали вуглеводів та аглікони, і засвоюються, як перші, так і другі, незважаючи на наявність азоту та інших речовин в хімічному складі останніх. Цими ж дослідженнями К.А. Пурієвич з'ясував, що плісняві гриби здатні розщеплювати і такі азотовмісні сполуки, як геліцин і амигдалін. Однак продукти розщеплення геліцину плісняві гриби засвоювати не можуть, тому що вони діють на них як отрути (таку дію обумовлює саліциловий альдегід, який утворюється при розкладанні геліцину). Амигдалін, хоча до його складу входить синильна кислота, засвоюється пліснявими грибами, причому К.А. Пурієвич не спостерігав його розкладу на складові частини (глюкозу,

бензойний альдегід, синильну кислоту). Також вчений встановив, що амігдалін розщеплюється під впливом ефіру або хлороформу так само, як під дією емульсину.

Шляхом точних обліків змін повітря під час дихання пліснявих грибів К.А. Пурієвич виявив, що цей процес характеризується певними закономірностями, які залежать від характеру і кількості поживного середовища, і супроводжується помітним збільшенням співвідношення між вуглекислим газом, який виділяється, і киснем, який поглинається. Так, за умов довготривалого голодування міцелію (використання незначної кількості поживного матеріалу), співвідношення  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  зменшується переважно за рахунок зниження кількості виділеного вуглекислого газу. Разом з тим він з'ясував, що відсутність поживного матеріалу в клітині викликає окиснення її складових частин, які за умов достатнього живлення залишаються незмінними. Він вважав, що окисненню піддаються не лише цукри, жири та органічні кислоти, а й білки (навіть протоплазматичні), особливо під час голодування.

Заслужують на увагу роботи К.А. Пурієвича стосовно малодослідженого на той час і не достатньо висвітленого в літературі питання - впливу світла на дихання рослин [3]. Починаючи вивчення цього явища, вчений поставив за мету з'ясувати, як впливає світло різного спектрального складу на процес дихання. Об'єктами досліджень він обрав гриби, кореневища різних рослин та етіюльовані рослини. К.А. Пурієвич встановив, що інтенсивність дихання грибів у темряві вища, ніж на світлі. При цьому виявилось, що червоні, оранжеві і жовті промені світла знижують інтенсивність дихання в більшій мірі, ніж сині, голубі і фіолетові. Однак певної закономірності цього процесу у вищих рослин йому встановити не вдалося.

На підставі дослідження дихання рослин, К.А. Пурієвич висунув припущення про наявність в рослинній клітині особливих ферментів, які викликають окиснення органічних сполук. Він вважав, що такі ферменти широко розповсюджені в рослинах і є ферментами дихання. Вчений припускав, що з'ясування їх функціональних особливостей дасть можливість узагальнити

закономірності поглинання кисню та виділення вуглекислого газу при диханні. На прикладі з пліснявим грибом він дійшов висновку, що для одного і того ж об'єкту кількість кисню, яка поглинається під час дихання, не залежить від поживного середовища і є майже постійною величиною, а кількість  $\text{CO}_2$ , яка виділяється, змінюється залежно від поживного субстрату.

В 1911 р. К.А. Пурієвич з'ясував залежність між азотовмісним субстратом для біосинтезу білка і витратами енергії (інтенсивністю дихання), яка полягала в тому, що уповільнення дихання при утилізації різних азотовмісних субстратів відбувається у напрямку: нітрати  $\rightarrow$  амонійні солі  $\rightarrow$  амінокислоти.

Світове визнання принесла К.А. Пурієвичу докторська дисертація з теми “Физиологические исследования над опоражниванием вместилищ запасных веществ при прорастании” [5], яку він виконав під час підготовки до професорської діяльності у Лейпцігському університеті в лабораторії відомого німецького вченого В. Пфєффера. Виконання такої роботи вимагало глибоких знань світової літератури і разом з тим широкої постановки експериментальних досліджень, високої точності проведення їх. В цій праці автор виклав результати лабораторних дослідів балансу запасних поживних речовин при складному процесі, який відбувається в насінні під час проростання і пов'язаний з перетворюванням та утилізацією основних запасних речовин. Щоб вивчити зазначений процес, К.А. Пурієвич провів багато ретельних експериментів за власною оригінальною методикою. Шляхом препарування насіння злакових на зародок та ендосперм з наступним використанням гіпсових колонок, він прослідкував за переміщенням речовин з ендосперму у зародок, який розвивається, і встановив, що найважливіша роль у процесі використання запасних речовин при проростанні належить перетворенню їх під впливом гідролізу, завдяки чому вони стають рухомими. Гідроліз речовин в ендоспермі залежить від постійного відтоку продуктів гідролізу до тканин зародка, який розвивається. Пізніше К.А. Пурієвич встановив роль амілази при проростанні насіння [6].

На початку ХХ ст. Костянтин Андріанович докладно займався вивченням проблеми засвоєння світлової енергії і ролі пігментів в цьому процесі. Він зробив вагомий внесок у розробку питання залежності поглинання  $\text{CO}_2$  зеленим листком від інтенсивності та спектрального складу світла при одночасній транспірації. У роботі „О зависимости между процессами испарения воды и разложения углекислоты у растений” [8], К.А. Пурієвич встановив, що листок, позбавлений вуглекислоти випаровує більше (0,44 проти 0,28 г), ніж листок за наявності  $\text{CO}_2$ . Енергія сонячних променів, як показав фітофізіолог, поглинається зеленими клітинами і витрачається частково на розклад вуглекислого газу (за сучасними уявленнями не розклад  $\text{CO}_2$ , а попереднє зв'язування з рибулозо-1,5-бісфосфатом з подальшим відновленням до рівня вуглеводів), частково – на перетворення води у водяну пару. Була встановлена наявність енергетичної конкуренції між асиміляцією  $\text{CO}_2$  і транспіраційним процесом, яка за умов підвищення концентрації вуглекислого газу в повітрі вирішувалася на користь асиміляційного процесу, а значить, підвищення продуктивності використання води. В результаті цілої серії дослідів К.А. Пурієвич дійшов висновку, що припинення або послаблення процесу розкладу вуглекислоти на світлі (процесу асиміляції) пов'язано з підсиленням випаровування води. Цей процес відбувається за рахунок сонячних променів, енергія яких витрачається на утворення хімічних зв'язків в органічних молекулах (первинний біосинтез) та транспіраційний процес (перетворення води у водяну пару – на кожний моль  $\text{H}_2\text{O}$  необхідно 10,5 ккал енергії). На підставі вивчення залежності між процесами випаровування води та розкладом вуглекислого газу у рослин, Пурієвич дійшов висновку, що на світлі припинення або послаблення процесу розкладу вуглекислоти за певних умов органічно пов'язане з транспірацією завдяки дифузійним процесам.

У роботі „Исследования над фотосинтезом” [9] він за допомогою болометрів (прилади для вимірювання енергії сонячних променів за рахунок її перетворення в електричний струм з подальшою реєстрацією останнього гальванометром) та калориметричних визначень порівняв кількість падаючої на

листок енергії з кількістю поглинутої ним енергії, використаної безпосередньо на фотосинтез. Талановитий вчений одним із перших застосував метод прямого визначення кількості поглинутої енергії сонячних променів, які досягають поверхні листка. Він вперше визначив енергію інсоляції на одиницю поверхні листка за термін тривалості дослідження і порівняв отримані результати з приростом теплоти згоряння сухої речовини листка за той же час, і встановив, що коефіцієнт використання сонячної енергії листком коливається в межах 0,6-7,7% в залежності від виду рослин та умов вирощування. Так, наприклад, листками клену в процесі фотосинтезу використовується лише 0,6-2,7% всієї енергії, яка падає на зелений листок, у сахалінської гречки – 1,1-7,7%, а у соняшника – до 4,5%. К.А. Пурієвичем експериментально доведено, що на розсіяному світлі рослина використовує більш ефективно променисту енергію, ніж на прямому сонячному освітленні. Встановлене К.А. Пурієвичем зростання коефіцієнта корисної дії сонячних променів максимально до 7,7% на фоні зниження інтенсивності сонячної інсоляції є надзвичайно важливою закономірністю, яка в сучасній теорії фотосинтезу пояснює механізми наближення квантового виходу до теоретичних значень при малій освітленості, та віддалення – при високій.

Порівнюючи кількість поглинутої сонячної енергії листком у присутності вуглекислого газу і без нього, К.А. Пурієвич встановив, що зменшення у другому випадку по відношенню до першого, коливалося в межах 1-2,6%, що означає підвищення світлопрозорості за відсутності  $\text{CO}_2$ . Цьому вченому належить пріоритет у встановленні того факту, що у червоних променях за відсутності  $\text{CO}_2$  через листок проходило на 11,7% більше енергії, ніж за наявності вуглекислого газу. Цей ефект обумовлений фотохімічною реакцією, яка за наявності вуглекислого газу здійснює його відновлення за рахунок поглинутої сонячної енергії, а за її відсутності прозорість листка збільшується [9]. У досліджах К.А. Пурієвича було показано, що у листках за відсутності  $\text{CO}_2$  і опроміненні світлом, яке було пропущене через розчин хлорофілу, різниці у кількості поглинутої енергії не було, тому що в обох випадках процес



фотосинтезу не здійснювався: у першому – за відсутності субстрату для відновлення; у другому – за відсутності фотохімічно активних променів.

Його роботи внесли ясність у питання про первинні продукти фотосинтезу. К.А. Пурієвич проводив ретельні визначення теплотворності асимілятів, які утворюються в листках, і на підставі цих досліджень поглибив положення К.А. Тимірязєва про можливість застосування закону збереження енергії до процесу фотосинтезу. Він встановив, що теплоутворююча здатність продуктів асиміляції вище, ніж та енергія, яку могли б дати вуглеводи. К.А. Пурієвич показав, що при достатньому забезпеченні рослин азотом в листках нарівні з вуглеводами утворюються білки. Ці дослідження мали важливе значення для того часу, бо за відсутності методу мічених атомів не можна було встановити, які саме продукти фотосинтезу за часом утворення є первинними, проміжними та кінцевими.

Праці К.А. Пурієвича і К.А. Тимірязєва з встановлення коефіцієнта використання сонячної енергії мали не тільки теоретичне значення, а й практичний аспект. Вони роз'яснювали працівникам рослинництва заходи стосовно підвищення використання сонячної енергії, падаючої на посіви різних сільськогосподарських культур. Основними з них є: багатоярусне рослинництво, при якому використовуються допоміжні культури; використання ранньостиглих сортів і гібридів (до посіву основної культури навесні та після збору її врожаю восени); використання багаторічних рослин та озимих культур.

На жаль, дослідження К.А. Пурієвича з проблем фотосинтезу були перервані першою світовою війною і передчасною смертю. Він опублікував лише першу частину своєї роботи “Исследования над фотосинтезом”.

Отже, К.А. Пурієвич виконав ряд оригінальних досліджень з проблем фізіології проростання насіння, дихання та фотосинтезу; розробив надзвичайно важливі питання фізіології рослин, тісно пов'язані зі складними процесами обміну речовин в рослинному організмі; збагатив вітчизняну науку новими відкриттями вагомого теоретичного значення. Наукова діяльність К.А.

Пурієвича є прикладом високого ступеня сумлінності і чесності в науковому пошуку і експерименті для наступних поколінь.

#### Список літератури

1. *Історія Київського університету*. – Київ: Вид-во Київ. ун-ту, 1959. – 628 с.
2. **Наука в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка на зламі тисячоліть**. – Київ: Київ. ун-т, 2002. – 328 с.
3. *Пурієвич К.А.* О влиянии света на процесс дыхания у растений // Зап. Киев. о-ва естествоисп. – 1890. – **11**, вып. 1. – С. 211-259.
4. *Пурієвич К.А.* Образование и распадение органических кислот у высших растений. – Киев, 1893. – 90 с.
5. *Пурієвич К.А.* Физиологические исследования над опоражнением вместилищ запасных веществ при прорастании. – Киев, 1897. – 103 с.
6. *Пурієвич К.А.* К вопросу о накоплении и растворении крахмала в растительной клетке // Зап. Киев. о-ва естествоисп. – 1899. – **16**, вып. 1. – С. 1-11.
7. *Пурієвич К.А.* Физиологическое исследование над дыханием растений // Там же. – 1901. – **17**, вып. 1. – С. 41-97.
8. *Пурієвич К.А.* О зависимости между процессами испарения воды и разложения углекислоты у растений // Там же. – 1910. – **20**, вып. 4. – С. 1-33.
9. *Пурієвич К.А.* Исследования над фотосинтезом. – Киев, 1913. – 76 с.
10. *Развитие биологии на Украине: в 3 т.* / Гл. ред. К.М. Сытник – Т. 1. – Киев: Наук. думка, 1984. – С. 205-217.
11. *Puriewitsch K.* Über die Stickstoffassimilation bei den Schimmepilzen // Ber. deutsch. botan. ges. – 1895. – **13**, N 8. – S. 342-345.