

BOLESŁAW GOMÓŁKA

## ODKRYCIE FOTOSYNTEZY

W 200 rocznicę ogłoszenia dzieła Jana Ingen-Housza (1779)

CZĘŚĆ III: SCHYLEK XVIII I POCZĄTEK XIX STULECIA

### Udział wody i substancji mineralnych

Lata osiemdziesiąte XVIII wieku przyniosły w chemii odkrycia, które ostatecznie zdecydowały o upadku teorii flogistonowej, mimo iż były one dokonane przez jej zwolenników, przyczyniając się tym samym do zwycięstwa teorii utleniania A. L. Lavoisiera. Szczególnie interesującym zagadnieniem były wyniki eksperymentów z mieszaninami gazów tzw. „powietrza palnego” (wodoru) uważanego za flogiston, odkrytego przez H. Cavendisha jeszcze w 1766 r. oraz „powietrza odfflogistonowanego” (tlen), które otrzymał w 1774 r. J. Priestley. Obaj wymienieni badacze kontynuowali badania nad własnościami mieszaniny obu tych gazów, uzyskując identyczne wyniki, trudne jednak do wytłumaczenia w ramach teorii flogistonowej. Wodór spalany w tlenie lub powietrzu atmosferycznym eksplodował dając zjawisko rosy na ściankach naczynia. Eksperymenty te wykonane w 1781 r. zarówno przez J. Priestley'a, jak i wielokrotnie powtarzane przez H. Cavendisha, zgodnie z teorią flogistonową winny dać w efekcie powietrze zwykłe, bowiem mieszano flogiston i powietrze pozbawione flogistonu, tymczasem otrzymywano wodę. Wobec trudności w interpretacji uzyskanych wyników zwlekano więc z publikacją ich aż do 1783—84 r. A. L. Lavoisier sądził, że w wyniku powtórzonych przez niego w 1783 r. eksperymentów, powstaje jakiś nowy kwas, zgodnie z przypuszczeniami, że tlen wchodzi w skład kwasów. Dalsze badania wykazały ponad wszelką wątpliwość, że produktem spalania, czyli według nowoczesnej nomenklatury utleniania wodoru jest woda, złożona z wodoru i tlenu. Jeszcze w 1783 r. A. L. Lavoisier drogą analizy zbadał skład chemiczny wody, przepuszczając rozgrzaną parę wodną przez rozżarzoną rurę żelazną i otrzymał oba jej składniki w formie gazowej. W tymże samym 1783 r. A. L. Lavoisier opublikował dzieło „Reflexions sur le Phlogis-

tique” zawierające krytykę teorii flogistonowej G. E. Stahla. W następnym roku (1784) opublikował swe wyniki badań nad składem wody H. Cavendish, a wkrótce potem J. Watt (1736—1819). [2,8]. Omówione wyniki prac chemików nad jedną z najważniejszych dla żywych organizmów substancji wywarły także wpływ na badania w dziedzinie biologii, a w szczególności w zakresie odżywiania się roślin, dla którego to procesu wpływ wody był oczywisty, lecz nie w pełni wyjaśniony.

W 1804 r. Th. de Saussure (1767—1845) wydał pracę „Recherches chimiques sur la vegetation...” zawierającą wyniki jego eksperymentów nad odżywianiem się roślin zielonych. Badania te potwierdziły dotychczasowe osiągnięcia w tej dziedzinie, lecz także wprowadzały nowy element, a mianowicie ściśle ilościowe (wagowe) pomiary uczestniczących w tym procesie substancji. Th. de Saussure wykazał, iż ważąc powietrze i rośliny przed i po przebiegu asymilacji można stwierdzić, że przyrost suchej masy rośliny jest zawsze większy, niż wynikało by to z ilości pobranego z powietrza dwutlenku węgla. Ponieważ badane rośliny były hodowane w kulturach wodnych, a zatem oprócz powietrza miały możliwość pobierania tylko wody i ona to była przyczyną zwiększonego ciężaru rośliny. W eksperymentach tych rozważano suchą masę ciała roślinnego, co wykazywało, że owa woda była związana w roślinie w sposób nie dający się usunąć z niej poprzez wysuszenie próbki. Wynik ten prowadził do wniosku, że mogła to być tylko woda wchodząca w skład substancji organicznych budujących organizm rośliny, a ponieważ była ona pobierana i użytkowana podczas procesu asymilacji, zwiększając masę badanej rośliny, a zatem uczestniczyła ona w tym procesie jako drugi (obok  $\text{CO}_2$ ) z niezbędnych jego czynników. Niezbędność dwutlenku węgla dla procesu asymilacji wykazały pomiary suchej masy rośliny, bowiem w przypadku nieobecności w atmosferze, przyrost suchej masy był w granicach błędu pomiaru. Natomiast takie pomiary, wykonane dla roślin przebywających w atmosferze zawierającej ten gaz, wykazały istotny wzrost masy. Th. de Saussure uważał, podobnie jak i inni badacze, że roślina pobiera tylko węgiel, a wiedząc ile go zawiera określona objętość pobranego gazu, różnicę w ciężarze przypisał pobranej wodzie. Oto co mówił na ten temat: „Rośliny przyswajają tlen i wodór z wody powodując, że traci ona swój stan ciekły. Ta asymilacja nie zachodzi bez jednoczesnego wiązania węgla. Woda związana czy zestalona przez rośliny, prawdopodobnie nie może tracić swego tlenu w formie gazu inaczej, jak po obumarciu rośliny lub jej części. Rośliny w żadnym wypadku nie rozkładają bezpośrednio wody, asymilują jej wodór i wydalając jej tlen w stanie gazu, nie wydzielają one gazowego tlenu, poza bezpośrednim rozkładem kwasu węglowego”. [45]. Jest to obraz chemicznych przemian w roślinie podczas zachodzenia procesu asymilacji dwutlenku węgla na świetle, zgodny z ówczesnymi pojęciami i stanem badań eksperymentalnych w tej dziedzinie. Th. de Saussure w swoich badaniach wykazał również niezbędną dla wzrostu roślin substancję mineralnych, których znaczenie w coraz większym stopniu doceniano, zwłaszcza w praktyce rolniczej. Ponadto przeprowadził on badania nad niezbędną zielonego barwnika dla asymilacji dwutlenku węgla, dochodząc jednak do fałszywych wniosków wskutek zastosowania roślin zawierających barwnik czerwony, który zamaskował obecność zielonego. [4,19,51].

## Rola Słońca i roślin w przyrodzie

Powszechne uznanie w drugiej połowie XVIII wieku teorii heliocentrycznej spowodowało, że spory naukowe związane ze Słońcem i jego rolą w przyrodzie przeniosły się z zagadnień mechaniki nieba w dziedzinę astrofizyki. Zainteresowanie astronomów koncentrowało się wokół zagadnienia budowy Słońca i źródła energii promienistej, której emisję w postaci ciepła i światła zaczęto badać w sposób naukowy już od czasów Galileusza. Pewien porządek w nowszych poglądach na naturę powierzchni Słońca oraz plam słonecznych wprowadził W. Herschel (1738—1822), który przedstawił tzw. teorię „dziurową”. W myśl niej zewnętrzna świecąca powłoka zwana obecnie fotosferą, miałaby składać się z obłoków rozszarpanych cząstek stałych, przy czym warstwa ta nie przekraczałaby grubości paru mil. Natomiast ciemne plamy widoczne na tle tarczy Słońca byłyby dziurami w tej świetlistej powłoce i poprzez nie można by obserwować głębsze warstwy globu słonecznego. W plamach miał znajdować się gorący gaz, który ogrzewał pyłowe obłoki zewnętrznej warstwy Słońca. Ten obraz Słońca jako kosmicznego „ogniska” będącego źródłem ciepła i światła sprzyjał rozwojowi poglądów na rolę Słońca i światła dla przyrody żywej, kształtujących się pod wpływem nowo powstałej dziedziny zwanej fotochemią. [24].

Wyrazem tendencji panujących z końcem XVIII w. w naukach biologicznych może być program konkursu na prace naukowe ogłoszony w 1792 roku przez francuską Akademię Nauk. Program ten zawiera ogólny pogląd na chemizm żywych organizmów i stanowi jak gdyby ideę przewodnią, dla podbudowania której miano wykonać prace eksperymentalne lub teoretyczne. Zgodnie z tym programem należało wyjaśnić w jaki sposób rośliny pobierają pokarm z powietrza, wody i gleby. Interesowano się także obiegiem pierwiastków organogenicznych między organizmami roślin, zwierząt i przyrodą nieożywioną oraz procesami fermentacji, gnicia i spalania biologicznego. Ówczesne osiągnięcie w dziedzinie chemii dawały doskonałe narzędzia badawcze i w ten sposób sprzyjały postępom innych nauk przyrodniczych, a m. in. nowo powstającej wśród nauk botanicznych fizjologii roślin. Przypuszczalnie Jędrzej Śniadecki (1768—1838) znał program wspomnianego wyżej konkursu Akademii Nauk w Paryżu, a zdaniem E. Ostachowskiego (1890—1962) nawet zamierzał wziąć w nim udział pisząc „Teorię jestestw organicznych”. Jak wynika z przedmowy do 1-go tomu tego dzieła, pomysł napisania rozprawy powstał prawdopodobnie około 1793 r. w czasie pobytu J. Śniadeckiego za granicą. Wkrótce praca była gotowa do publikacji w języku łacińskim jako „*Ideae physiologicae*” i miała iść do druku, lecz przeszkodą temu stanął wyjazd J. Śniadeckiego w 1795 r. z Edynburga poprzez Wiedeń do kraju, a następnie zajęcie się tam od 1797 r. organizacją katedry chemii w Wilnie. Dopiero około 1802 roku Śniadecki powrócił do zagadnień biologicznych i napisał swą rozprawę od nowa, tym razem po polsku. Teoria życia przedstawiona przez Jędrzeja Śniadeckiego w pracy „*Teoria jestestw organicznych*” t. 1 Warszawa 1804. stanowi oryginalny dorobek nauki polskiego Oświecenia. Istotę tej teorii można przedstawić następująco: 1) wszystkie organizmy żywe nieodzownie do życia wymagają dopływu

pokarmu, wody, powietrza i energii, 2) dla utrzymania życia żywego organizmu potrzebna jest pewna jego organizacja (struktura), 3) tylko pewien rodzaj materii (pierwiastki organogeniczne) jest zdolny podtrzymywać życie żywych organizmów, 4) pierwiastki te wskutek obiegu materii w przyrodzie dostają się jako pokarm do organizmu żywego dzięki jego silnej więzi ze środowiskiem (wymiana substancji i energii z otoczeniem.). W liście dedykacyjnym do ks. Adama Czartoryskiego z dn. 20. VIII. 1804 Jędrzej Śniadecki raczej skromnie określił swą pracę „ten szczupły owoc wolnych godzin i swobodnych myśli moich”, natomiast w półtora wieku później znakomity biochemik polski Bolesław Skarżyński (1901—1963) tak scharakteryzował „Teorię...” — ...” Jest to właściwie pierwsza w nauce europejskiej próba filozofii przyrody żywej, oparta nie na spekulatywnych przesłankach, lecz na obserwacji świata ożywionego i na ówczesnych osiągnięciach nauk ścisłych” [42]. Poniżej zostanie omówiony kluczowy dla wspomnianej teorii życia problem szczegółowy, a mianowicie rola Słońca i roślin w przyrodzie.

Oto definicja rośliny zamieszczona we wstępie do rozważań nad istotą życia: „Ciała organiczne dzielić zwykliśmy na dwie klasy, z których jedną oznaczamy imieniem roślin, drugą imieniem zwierząt. Pierwszej ciała te przywiązane są do miejsca, w którym rosną, doskonałą się, wydaia owoce i giną, nie mając władzy przenoszenia się same przez się z tego miejsca na inne. (...) W ciągu tej nauki okaże się iż rośliny przywiązane są do ziemi, powietrza i wody, zwierzęta do ziemi, powietrza, wody i roślin.” Następnie określa Śniadecki czynniki niezbędne dla istnienia istot ożywionych, którymi są: „Powietrze, woda, ciepło, światło i pokarmy.” Rolę roślin w przyrodzie i ich znaczenie dla obiegu pierwiastków organogenicznych przedstawia Śniadecki następująco: „(materia) straconąby dla nich (tj. zwierząt), dla organizacyi dla życia na zawsze była, gdyby jey rośliny na nowo z tamtąd nie wydobywały i w swoię nie przerabiałły istotność, (...) czemu gdy dostatecznie zaradzają rośliny, są istotnym utrzymania i zachowania zwierząt narzędziem, są nieuchronnym warunkiem do którego bytność ich iest przywiązana, ponieważ nie może się raz rozcyniona (rozłożona) organiczna materya inaczej do zwierząt iak tylko przez rośliny powracać.” Jak z tego wynika substancje organiczne, wchodzące w skład roślin i zwierząt, po ich śmierci ulegają rozkładowi i mineralizacji. Proces ten spowodowałby szybkie wyczerpanie się ich, co w konsekwencji doprowadziłoby do zaniku życia na naszej planecie, gdyby nie rośliny, które mają zdolność przyswajania substancji nieorganicznych i przekształcania ich w substancje organiczne, a stanowiąc pokarm dla zwierząt i człowieka, wprowadzają pierwiastki je tworzące ponownie do obiegu w przyrodzie. Szczególnie ważne znaczenie dla procesu regeneracji zasobów pierwiastków organogenicznych i ich obiegu w przyrodzie ma proces asymilacji, tj. tworzenia się substancji organicznych w roślinach zielonych z wody i dwutlenku węgla w obecności światła słonecznego. Rośliny jako autotrofy z jednej strony w stosunku do materii nieorganicznej stanowią fazę wstępną dla jej organizacji, zaś w stosunku do zwierząt ogniwo pośrednie, łączące materię nieorganiczną ze światem istot ożywionych i wysoce wyspecjalizowanych, tj. heterotrofów. Liczne dalsze uwagi na temat fizjologii i biochemii roślin są rozrzucone w tekście pierwszego tomu „Teorii...”, lecz na szczegółowe omówienie

tych problemów pozwala sobie Śniadecki dopiero w rozdziale VI zatytułowanym „Szczególniejsze zastanowienie się nad życiem roślin. Oznaczenie działających w nich sił życia”.

W roślinie działają „czynność i przeciwność”, z których jedna dąży do rozkładu rośliny, a druga do jej budowy, a wypadkowa ich działania tworzy zjawisko życia w roślinie. Związki mające nasycone powinowactwa najmniej siły organicznej przytłumiają, toteż najmniej są one szkodliwe dla roślin, lecz włączenie ich do substancji organicznej jest najtrudniejsze. Na rozbitcie powinowactw spoczynkowych najmocniej działa ciepło i światło, toteż są one niezbędnie potrzebne roślinom, gdyż woda i dwutlenek węgla mają powinowactwa spoczynkowe nasycone. Śniadecki tak o tym pisze: „A że na rozwiązanie powinowactw spoczynkowych najmocniej ciepło wpływa i światło, więc w takim przypadku iestestwa organizujące najmocniejszego ciepła i światła potrzebować będą. Zkąd wyświeca się iak nayaśniej przyczyna, dla której rośliny, które się całkiem wodą i kwasem węglowym karmią, bez ciepła i światła trwać i rosnać nie mogą. I wody albowiem i kwasu węglowego rozkład jest trudny, a zatem powinowactwa spoczynkowe między ich składającymi pierwiastkami bardzo mocne. W roślinach zatem w ogólności żadna czynność organiczna, żadne przyswoienie, żaden odchód (excretio), bez pomocy ciepła i światła nastąpić nie może. Rośliny wprawdzie, również wszystkie inne iestestwa organiczne wielką część wewnętrznego ciepła same sobie wyrabiają, ale że i to wyrobienie od mocy ich życia i procesów organicznych zależy, zależy tym samym od ciepła zewnętrznego. Mówiąc o ciepłe, przyłączamy zawsze i światło, gdyż szczególnie sposób zachowania się i działania tego ostatniego, mało dotąd jest znaiome, a obadwa razem iedno na całej kuli ziemskiej mają źródło, iedną ogólną przyczynę, to jest słońce. Więc w ścisłym znaczeniu słońce jest iedną z istotnych i koniecznie potrzebnych przyczyn życia roślinnego, czyli iedną z sił życie to stanowiących. Bez niego, materya odżywa całą powierzchnię ziemi zajmująca organizowaćby się i żyć nie mogła. O czym stan wegetacyi w czasie zimowym i pod biegunami nayoczywiście przekonywa. Dlatego odwieczny wszystkich rzeczy Autor, kulę ziemską iestestwami ożywionymi w koło okrytą, wiecznie trwałą siłą do słońca przywiązał i kręcić się około niego przymusił. Innych planet podobny zapewne los być musi.” [11, 12, 13, 14.]

Jędrzej Śniadecki wyodrębnił światło, ciepło, elektryczność i magnetyzm w osobną grupę tzw. „istot promienistych” tj. pierwiastków o bardzo subtelnej strukturze, uważając je za jeszcze bardziej rozrzedzone niż w stanie gazowym. Pierwsze dwa z nich miały szczególne znaczenie dla istot żywych, a zatem żaden proces życiowy bez światła i ciepła nie może w roślinach zachodzić. Podkreśla tutaj Śniadecki wyjątkową rolę światła jako niezbędnego czynnika dla życia roślin. Jest to niewątpliwie widoczny wpływ prac J. Priestley’a, J. Ingen-Housza i J. Senebiera. Słońce jest więc jednym z istotnych, potrzebnych warunków dla życia roślin. Brak światła i ciepła zimą i w krajach arktycznych jest dowodem niezbędności tego czynnika dla roślin. Śniadecki wyciąga słuszny wniosek, że Ziemia dlatego jest nosicielką życia, ponieważ krąży ona wokół Słońca, które jest źródłem energii dla wszystkich żywych organizmów zasiedlających powierzchnię Ziemi. Wysuwa też myśl, że

i na innych planetach może istnieć życie, skoro krążą one wokół Słońca podobnie jak Ziemia. Jest to w pewnym sensie „kosmiczne” spojrzenie na zagadnienie życia. Powołuje się on też na doświadczenia Ingen-Housza i Senebiera wykazujące, że istotnie rośliny wydzielają tlen przez liście przy wolnym dostępie światła słonecznego. Wydzielanie tlenu zależy od: 1) wielkości samej rośliny, 2) od jej sił, tj. stanu fizjologicznego rośliny i zdolności jej do fotosyntezy, 3) natężenia światła, przy czym światło ani zbyt słabe, ani zbyt mocne nie jest dla procesu wydzielania tlenu, a tym samym dla fotosyntezy odpowiednie. Zgodnie ze swymi założeniami Śniadecki uważa, że w organizmie roślinnym zachodzą dwa przeciwstawne procesy: 1) organiczny, 2) chemiczny. Sądzi on, że „proces organiczny rośliny” ma miejsce na świetle, a „proces chemiczny” w ciemności. Pierwszy z nich prowadzi do dekompozycji (redukcji) wody i dwutlenku węgla do poziomu „substancji palnych” z wydzielaniem tlenu, drugi zaś do utleniania wodoru i węgla do stanu  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ , opuszczających organizm roślinny w postaci gazowego dwutlenku węgla i pary wodnej. Dlatego niezbędny jest w otoczeniu roślin tlen dla zachodzenia „procesu chemicznego” w komórkach roślin. Przedstawione wyżej procesy odpowiadają obecnym pojęciom: „proces organiczny — fotosyntezie i innym reakcjom syntez organicznych, zaś „proces chemiczny” — oddychaniu i innym reakcjom rozpadu związków organicznych w organizmach żywych. Rośliny „na całej swej powierzchni, a najbardziej we wszystkich tych punktach, gdzie się woda i kwas węglowy formuje, palą się bezprzestannie, zwolna i nieznacznie tak jak we wszystkich punktach gdzie przyswajanie ma miejsce zbliżają pokarmy do stanu palnego.” W ten sposób określa Śniadecki stale zachodzący proces utleniania i redukcji w organizmach roślinnych. Jak widzimy Śniadecki w swej teorii życia w pełni docenił rolę światła i Słońca jako źródła energii dla organizmów żywych. Podkreśla on stale, że światło i ciepło jest niezbędne do zachodzenia procesu pobierania pokarmów przez rośliny, tj. procesu, który obecnie określamy mianem fotosyntezy u roślin zielonych.

### Teoria próchnicowa (humusowa)

Przełom XVIII i XIX wieku oraz najbliższe dwudziestolecie nosły kontynuację wspaniałych osiągnięć chemików poprzedniego stulecia. Niestety wymienić tutaj można tylko najistotniejsze z nich, te mianowicie, które wywarły decydujący wpływ na dalsze postępy nauki. Już w 1791 r. J. B. Richter (1762—1807) badając zobojętnianie kwasów i zasad stwierdził, że muszą być zachowane odpowiednie stosunki równoważnikowe tych substancji. W oparciu o te spostrzeżenia J. L. Proust (1754—1826) prowadząc badania nad składem chemicznym substancji sformułował w 1799 r. prawo stosunków stałych, mówiąc o stałości składu danego związku niezależnie od pochodzenia, bowiem stosunek mas pierwiastków lub składników określonego połączenia chemicznego jest zawsze stały i niezmienny. Dalszy krok stanowiły prawa J. Daltona (1766—1844) ogłoszone w 1802 r. jako prawo stosunków wielokrotnych. Wszystkie te trzy prawa stechiometryczne zostały uogólnione w teorii atomistycznej opracowanej przez J. Daltona. Teoria ta nawiązywała

do starożytnej koncepcji struktury materii Demokryta i została przedstawiona w pracy J. Daltona „A New of Chemical Philosophy” Vol. 1—2, ogłoszonej w latach 1808—10. Podstawowym założeniem teorii atomistycznej było przyjęcie twierdzenia, iż materia jest zbudowana z elementarnych i niepodzielnych cząstek tzw. atomów, nie dających się rozłożyć ani fizycznie, ani chemicznie. Atomy tego samego pierwiastka wykazują te same własności chemiczne, jednakową masę i wielkość różniąc się tym od atomów innych pierwiastków. Podczas procesu łączenia się poszczególnych pierwiastków w określony związek chemiczny, atomy wiążą się ze sobą w ilościach wyrażających się liczbami całkowitymi. J. Dalton nie uwzględnił w swych rozważaniach, że pierwiastki mogą występować w formie cząsteczkowej, co w doświadczeniach dawało nieoczekiwane wyniki. Fakt ten docenił A. Avogadro (1776—1856), który w 1811 r. wprowadził pojęcie cząsteczki, jako najmniejszej ilości gazu wykazującej te same własności. Cząsteczki związków chemicznych mogą być zbudowane z różnych atomów. Ówczesni uczeni różnie ustosunkowali się do tych koncepcji np. J. Berzelius (1779—1848) popierał teorię J. Daltona, a J. L. Proust w oparciu o nią wysunął hipotezę, że wszystkie pierwiastki są zbudowane z atomów wodoru. Natomiast sam J. Dalton oraz ogół badaczy sceptycznie odnosili się do hipotezy A. Avogadro [2, 25]. Jeszcze w 1807 r. J. Berzelius zaproponował stosowanie pojęcia substancji organicznych dla produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz substancji nieorganicznej dla produktów mineralnych. Wiąże się to z jego poglądami witalistycznymi, w myśl których substancje wchodzące w skład żywych organizmów miałyby powstawać w nich wyłącznie pod wpływem tajemniczej siły tzw. „vis vitalis”, tylko podczas zachodzenia procesów życiowych. Miało to swe uzasadnienie w stwierdzonym podówczas eksperymentalnie fakcie, iż substancje te można było w laboratorium rozłożyć na związki prostsze, natomiast nie udawało się z tychże związków otrzymać substancji podobnych do występujących w przyrodzie ożywionej. J. Berzelius opracował teorię elektrochemicznej budowy związków chemicznych, w ramach której mógł on wytłumaczyć zasady tworzenia się prostych substancji mineralnych, natomiast struktura produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego była zbyt skomplikowana, aby można ją było objaśnić przy pomocy tej teorii. W ten sposób doszło do rozgraniczenia chemii na nieorganiczną i organiczną, wzmacniając tendencje witalistyczne w dziedzinie nauk biologicznych. [2, 53]. Innym efektem tych tendencji, ujawniającym się zwłaszcza w naukach rolniczych, była tzw. teoria próchnicowa odżywiania się roślin sformułowana przez A. Thera (1752—1828) w 1812 r. i ogłoszona w jego podręczniku „Grundsätze der rationellen Landwirtschaft”. Według tej teorii źródłem pokarmu dla roślin były substancje próchnicowe zawarte w glebie. Substancja organiczna roślin mogła powstawać tylko i wyłącznie z substancji próchnicowych, które dostarczały roślinom wszystkich niezbędnych do życia związków, natomiast substancje mineralne znajdujące w roślinach miały charakter przypadkowy. Miała ona niewątpliwie zalety dla praktyki rolniczej, na gruncie której powstała i utrzymywała się ona przez parę dziesiątków lat, mimo iż obalały ją nauki przyrodnicze. W momencie jej powstania popierali ją chemicy tej miary co J. Berzelius, H. Davy czy L. J. Gay-Lussac. Teoria próchnicowa przy-

czyniła się również do zahamowania badań nad procesem asymilacji dwutlenku węgla i innymi z nim związanymi przemianami w roślinach. W ten sposób w rozwoju badań nad odżywianiem się roślin został zakończony pewien etap charakteryzujący się przewagą rozważań teoretycznych, bowiem nowe podejście do tego zagadnienia, reprezentowane przez teorię próchnicową A. Thaera, miało aspekt wybitnie praktyczny i obliczony na bezpośredni efekt w rolnictwie. [4, 15, 45].

### Zakończenie

Przedstawiony powyżej rozwój badań nad rolą Słońca w przyrodzie oraz odżywianiem się roślin, a zwłaszcza osiągnięcia trzech ostatnich dziesiątków lat XVIII i początku XIX wieku, umożliwiły poznanie tego procesu w ogólnych zarysach. Badania J. Priestley'a stwierdziły zdolność roślin do wydzielania tlenu, następnie J. Ingen-Housz zwrócił uwagę na niezbędność światła dla zachodzenia tego procesu, a eksperymenty J. Senebiera wykazały pobieranie dwutlenku węgla jako pokarmu, natomiast Th. de Saussure swoimi pracami nad uczestniczeniem wody dopełnił obrazu przemian w roślinach podczas pobierania pokarmów z powietrza i gleby. Wyniki tych badań pozwoliły na sformułowanie ogólnego równania wyrażającego zależność między substratami i produktami uczestniczącymi w tym procesie. Jako substraty występowały: dwutlenek węgla, woda i energia promienista Słońca, natomiast w formie produktów pojawiła się substancja organiczna i tlen. Równanie to przedstawia jedynie stan początkowy i końcowy procesu. Odkrycia te wraz z rezultatami prac z innych nauk przyrodniczych umożliwiły Jędrzejowi Śniadeckiemu opracowanie oryginalnej teorii życia, w której zagadnienie roli Słońca i roślin w przyrodzie zajmowało miejsce centralne, stanowiąc jedno z ówczesnych szczytowych osiągnięć w dziedzinie badań nad fotosyntezą. Odkrycie asymilacji dwutlenku węgla na świetle przez zielone części roślin z równoczesnym wydzieleniem tlenu oraz pobieraniem wody przez rośliny, określanego obecnie mianem procesu fotosyntezy, było kolejnym etapem wynikającym z rozwoju badań w zakresie fizjologii roślin. Odkrycie to wzbudziło zainteresowanie nie tylko wśród rolników jako wyjaśnienie procesu odżywiania się roślin, mogącego umożliwić zwiększenie plonów, lecz również u lekarzy zajmujących się problemami higieny, dla których proces wydzielania tlenu przez rośliny stwarzał perspektywę skutecznego odświeżania powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych. Ten aspekt zagadnienia przyświecał także m. in. zainteresowaniom fizjologią roślin u samego odkrywcy fotosyntezy J. Ingen-Housza. Niestety te znakomite rezultaty badań nie mogły w pełni dać jeszcze praktyce rolniczej skutecznego narzędzia dla zwiększenia plonów, bowiem wymagały dalszych szczegółowych poszukiwań. Inną przyczyną był wzrost tendencji witalistycznych w naukach biologicznych, dlatego też nauka o odżywianiu się roślin, jako oparta na obserwacji i doświadczeniu, a zatem mająca wybitnie racjonalistyczny charakter została zahamowana w swym rozwoju. Najistotniejszym jednak powodem, dla którego dalszy postęp w badaniach na tym kierunku uległ stagnacji, było pojawienie się teorii próchnico-



wej A. Thaera, która zwracała szczególną uwagę na substancje organiczne zawarte w glebie. Przedstawione wyżej wyniki badań, tak eksperymentalnych jak i teoretycznych rozważań, zamykają pewien określony etap w poszukiwaniu wyjaśnienia zagadnienia odżywiania się roślin.

#### LITERATURA

- [1] Amsterdamski S., 1961, *Rozwój pojęcia pierwiastka chemicznego*, s. 215, Warszawa, PWN.
- [2] Asimov J., 1970, *Krótką historią chemii*. Z ang. przeł. R. Bugaj. s. 303, Warszawa, PWN.
- [3] Bugaj R., 1968, Michał Sędziwój (1566—1636), *Życie i pisma*, s. 327, tabl. 11. Wrocław, Ossolineum.
- [4] Czerwiński W., 1976, *Fizjologia roślin*, s. 605, W-wa, PWN.
- [5] Devlin R. M., Barker A. V., 1971, *Photosynthesis*, s. XIV, 304, New York Van Nostrand Reinhold.
- [6] Diderot D., 1958, *Dialogi filozoficzne*. Przekł. J. Kott. (W:) Diderot D., *Paradoks o aktorze...* Warszawa, Czytelnik, s. 163—80.
- [7] Dobrowolski J., 1968, *Biochemia, Wybrane zagadnienia w układzie programowanym*, s. 327, Szczecin, Wyd. Ucz. WSR.
- [8] Eichstaedt J., 1970, *Księga pierwiastków*, wyd. 2. s. 496, Warszawa, Wiedza Powsz.
- [9] Fedorowicz Z., 1974, *Dydaktyczne walory historii biologii*, (W:) *O nauczaniu historii nauki*. Praca zb. pod red. W. Osińskiej, s. 263—280, Wrocław, Ossolineum.
- [10] Gardner E. J., 1972, *History of Biology*, 3 Ed. s. VII, 464 Minneapolis Burgess Publ. Co.
- [11] Gomółka B., 1976, Jędrzej Śniadecki o roli roślin w przyrodzie, *Wszechświat*, 1976, nr 3, s. 57—61.
- [12] Gomółka B., 1970, *Poglądy na fotosyntezę w pracach Jędrzeja Śniadeckiego*, (W:) *Rzecz o Jędrzeju Śniadeckim*, Praca zbiorowa pod red. I. Stasiewicza, Warszawa, PWN, s. 80—97.
- [13] Gomółka B., 1975, *Poglądy Jędrzeja Śniadeckiego na naturę procesu fotosyntezy*, *Zesz. Nauk. UJ*. nr 395, *Prace Bot.* 3, s. 49—93, tabl. 1.
- [14] Gomółka B., 1974, *Związki Mikołaja Kopernika z botaniką*, *Wiad. Bot.* T. 18, nr 1, s. 23—35, tabl. 2.
- [15] Górski F., 1962, *Fizjologia roślin*, T. 1, s. 610, Warszawa, PWN.
- [16] Hill R., Whittingham C. P., 1958, *Photosynthesis*, 2-nd Ed. s. VII, 174, London Methuen.
- [17] Hryniewiecki B., 1949, *Zarys dziejów botaniki*, s. 150, Warszawa, PZWS.
- [18] Hubicki W., 1962, *Michael Sendivogius's Theory, its Origin and Significance in the History of Chemistry*. (W:) *Proceedings of the X Intern. Congr. of the History of Sciences*. Ithaca 26 VIII—2 IX 1962. Paris Hermann, s. 829—833.
- [19] Kasprzyk Z., 1958, *Historia badań nad fotosyntezą*, *Post. Biochem. R.* 4, nr 3, s. 313—320.
- [20] Krawiecka J., Kubikowski J., Opolński A., Rybka P., 1958, *W poszukiwaniu prawdy o Wszechświecie*, s. 198, Warszawa, Wiedza Powsz.
- [21] Kunicki-Goldfinger W., 1974, *Dziedzictwo i przyszłość*, s. 472, tabl. 6. Warszawa, PWN.
- [22] Markowski M., 1972, *Okresy rozwoju astronomii w Polsce w epoce przedkopernikańskiej*, *Studia Warmińskie* T. 9, s. 354—76.
- [23] Medvedovskij V., 1954, *Tlen*, s. 125, Warszawa, Wiedza Powsz.
- [24] Mergentaler J., 1977, *Dziury czy plamy*, *Urania* R. 48, nr. 11, s. 327—330.
- [25] *Metodyka...*, 1970, *Metodyka nauczania chemii*, Praca zbiorowa pod red. A. Bogdańskiej-Zarembiny, A. Hausbrandta, s. 370, Warszawa, PZWS.
- [26] Mille..., 1973, *Mille et un livres botaniques de la collection Arpad Plesch*. *Repertoire bibliographique*, s. 517, Bruxelles Arcades.
- [27] Nowacki E., Anioł A., 1976, *Nowe oblicze biologii*, s. 270, Warszawa, NK.

- [28] Nowotny-Mieczynska A., 1976, Fizjologia mineralnego żywienia roślin, wyd. 2, s. 483, Warszawa PWRiL.
- [29] Ostachowski E., 1959, Jędrzej Śniadecki w dziejach nowożytnej myśli przyrodniczej, *Życie i Myśl*, R. 9, nr 5—6, s. 82—94.
- [30] Piech T., 1976, Wkład polskich fizyków do nauki światowej, (W:) Wkład Polaków do kultury świata, Lublin, T. N. KUL. s. 406—421.
- [31] Pietruska-Madej E., 1969, Sens i metoda odkryć A. L. Lavoisiera, *Problemy*, R: 1969 nr 6. s. 349—54.
- [32] Płochocki Z., 1966, Rozwój poglądów na naturę światła, s. 183, Warszawa, PZWS.
- [33] Reed H. S., 1949, Jan Ingen-Housz — Plant Physiologist, with a History of the Discovery of Photosynthesis, *Chronica Botanica*, vol. 11, 1943, No. 5—6, s. 285—396.
- [34] Rybka E., 1972, Cztery wieki rozwoju myśli kopernikańskiej, s. 327, Warszawa, PWN.
- [35] Rybka E., 1968, The Influence of the Cracow Intellectual Climate of the End of the Fifteenth Century Upon the Origin of the Heliocentric System, *Vistas in Astronomy*, Vol. 9: 1968, s. 165—169.
- [36] Rybka E., 1973, Związki Mikołaja Kopernika z Krakowem, *Nauka Polska*, R. 1973, nr. 2, s. 54—60.
- [37] Salisbury F. B., Ross C., 1975, Fizjologia roślin, s. 835, Warszawa, PWN.
- [38] Schnayder J., 1961, (Wstęp do:) Teofrast: Badania nad roślinami, s. 386, Oddz. PAN w Krakowie.
- [39] Sędziwój M., 1971, Traktat o kamieniu filozoficznym, Z łac. przełożył, wstępem i koment. opatrzył R. Bugaj, s. 427, Warszawa, PWN.
- [40] Siemion Z., 1968, Mikołaja Kopernika stanowisko w sporze o naturę ognia, *Kwart. Hist. Nauki i Tech.*, R. 13, s. 567—579.
- [41] Simons J. P., 1976, Fotochemia i spektroskopia, s. 442, Warszawa, PWN.
- [42] Skarżyński B., 1952, (Komentarz do:) Jędrzej Śniadecki: Wybór pism naukowych i publicystycznych, s. 448, Warszawa, PWN.
- [43] Stasiewicz-Jasiukowa I., 1975; Trzy konfrontacje, *Przeszłość-przyszłości*, Warszawa, PWN. s. 63—67.
- [44] Stefanowski B., 1963, Pojęcie ciepła w rozwoju historycznym, s. 128, Warszawa, WNT.
- [45] Strebeyko P., 1974, Czym żywi się roślina, s. 377, Warszawa, PWN.
- [46] Strebeyko P., 1970, Wymiana gazowa u roślin, s. 176, Warszawa, PWRiL.
- [47] Szweykowska A., Szweykowski J., 1975, Botanika, Podręcznik dla szkół wyższych, wyd. 2, s. 730, Warszawa, PWN.
- [48] Theophrastus . 1866, *Opera quae supersunt, omnia....*, Ed. E. Wimmer. s. XXVIII, 547, Paris Didot.
- [49] Twardowski M., 1970, Słońce w architekturze, wyd. 3. s. 296, tabl. 24. Warszawa, Arkady.
- [50] Van Leeuwen H. G., 1963, The Problem of Certainty in English Thought (1630—1690). With a preface by R. H. Popkin. s. XV, 189 The Hague M. Nijhof.
- [51] Villeé C. A., 1970, *Biologia*, wyd. 3, s. 1010, Warszawa, PWRiL.
- [52] Wawiłow S., 1952, *Oko i Słońce*, s. 144, Warszawa, KiW.
- [53] Wawrzyczek W., 1959, *Twórcy chemii*, s. 59, Warszawa, PWT.
- [54] Wiesner J., 1905, Jan Ingen-Housz, Sein Leben und sein Werken als Naturforscher und Arzt, s. X, 252, Wien C. Konegen.
- [55] Zacharewicz W., 1975, Jędrzej Śniadecki, His Life and Scientific Work. English Transl. by A. Płonka, s. 44, tabl. 1, Warszawa, PWN.

*Adres autora:*

MGR BOLESŁAW GOMÓŁKA

Uniwersytet Jagielloński, Biblioteka Jagiellońska, al. Mickiewicza 22, 30-059 Kraków