M. KORCZEWSKI

EMIL GODLEWSKI

Imię Godlewskiego znane jest w całym świecie naukowym jako jednego z najwybitniejszych przedstawicieli fizjologii roślin ubiegłej doby; obok Timiriazewa, J. Sachsa, Pfeffera, jest Godlewski jednym z twórców i pionierów tej nauki z okresu najświetniejszego jej rozwoju w drugiej połowie zeszłego stulecia, gdy powstawała ona i kształtowała się jako nauka nowoczesna, przyjmując tę formę, w jakiej ją dzisiaj znamy. Wkład Godlewskiego do fizjologii roślin jest olbrzymi i nie ma prawie takiego rozdziału fizjologii, gdzie byśmy się nie spotkali z nazwiskiem Godlewskiego. Fizjologia zawdzięcza mu bowiem szereg odkryć o znaczeniu podstawowym, a wiele jego prac należy do klasycznych. Cenną spuścizną i trwałym pomnikiem jego działalności jest 3-tomowy zbiór „Pism" Godlewskiego. Znajdujemy w nim nie tylko prawdziwą kopalnię faktów i obserwacji, także i dzisiaj aktualnych, ale co ważniejsze, przykład i wzór metody naukowej, w której Godlewski był mistrzem niepospolitym.

Działalność naukowa Godlewskiego zaczyna się w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia. Wtedy właśnie fizjologia roślin wchodziła w okres swego rozkwitu. Była to wówczas nauka nowa, której podstawowe fakty, jak odżywianie się roślin dwutlenkiem węgla z powietrza i solami mineralnymi z ziemi oraz zjawiska osmozy odkryte zostały dopiero kilkadziesiąt lat temu przez Ingen-Housza, De Saussure'a i Dutrocheta. Dzięki pracom Liebiega zrozumiano już ogromną doniosłość tych odkryć dla rolnictwa i nowa nauka wzbudziła żywe i powszechne zainteresowanie, ale zasób jej faktów był jeszcze bardzo skromny i wszystko prawie pozostawało do zbadania. Wiedziano wprawdzie, że węgiel przyswajany jest na świetle z dwutlenku węgla przez rośliny zielone, ale nie wiedziano, jaki jest produkt tego przyswajania, ani jak wpływają na ten proces warunki zewnętrzne; nie domyślano się nawet, jaka może być przy tym rola chlorofilu, chociaż wiedziano, że jest on konieczny do asymilacji. Nie rozumiano jeszcze działania enzymów, ani nie znano bliżej procesów przemiany materii w roślinach. Nie znano roli oddychania u roślin, a nawet Liebieg zaprzeczał w ogóle istnienia oddychania u roślin!

Ale już wrzała praca w znakomitym laboratorium Sachsa w Wuerzburgu, które stało się wkrótce światowym ośrodkiem badań fizjologicznych. Sachs był wówczas największym i niezaprzeczonym autorytetem w dziedzinie fizjologii roślin, a około niego gromadzili się młodzi badacze, fizjologowie jak Hugo de Vries, Pfeffer, Fr. Darwin, syn Karola Darwina i wielu innych. Przybył tam również w r. 1872 młody 25-letni Godlewski, wówczas asystent Uniwersytetu Jagiellońskiego, który przedtem już jeden rok spędził w Jenie na studiach u znakomitego botanika, warszawianina, profesora E. Strasburgera. W pracowni Sachsa przystąpił Godlewski do badań nad wpływem zawartości CO_2 w powietrzu na wielkość asymilacji i stwierdził niebawem, że zwiększa się ona w miarę wzrostu koncentracji CO_2, przynajmniej do pewnej granicy. Podwyższanie koncentracji CO_2 ponad tę granicę nie zwiększa już asymilacji, chyba, że zwiększone zostanie natężenie światła; światło jest tutaj czynnikiem ograniczającym. Fakty te, dla nas dziś tak proste i naturalne, wówczas wywołały pewną sensację, gdyż panowało mylne przekonanie, oparte na ogłoszonej niedawno pracy Pfeffera, że asymilacja CO_2 jest niezależna od koncentracji tego gazu w powietrzu. Znaczenie tego odkrycia dla fizjologii jest więc oczywiste i zwróciło ono od razu uwagę fizjologów na młodego badacza.

Po ukończeniu pracy powrócił Godlewski do Krakowa, ale już jako dojrzały badacz, z jasno wytkniętą drogą naukową. Największym i najbardziej wówczas aktualnym zagadnieniem fizjologii była sprawa pierwszego produktu asymilacji dwutlenku węgla. Od chwili odkrycia asymilacji CO_2 na świetle, w XVIII wieku, zagadnienie to było stale na pierwszym planie zainteresowań fizjologów. Wysuwane były kolejno hipotezy, że pierwszym ciałem organicznym, powstającym z węgla przyswojonego przez zielone rośliny są śluzy lub gumy, to znowu glukozydy, albo kwasy organiczne; dopiero jednak Sachs przedstawił dobrze uzasadnioną hipotezę, że ciałem tym jest skrobia, której ziarenka pojawiają się w ciałkach zieleni na świetle, a znikają w ciemności. A więc, podobnie jak rozkład CO_2 odbywa się tylko na świetle i w organach zielonych, tak samo skrobia w liściach powstaje tylko na świetle i tylko w ciałkach zieleni. Z tego paralelizmu wynika, zdaniem Sachsa, że są to części jednego procesu, że skrobia powstaje jako produkt asymilacji CO_2. Jednakże była to tylko hipoteza i jak każda hipoteza wymagała jeszcze dowodu, że tak jest rzeczywiście; było to tym bardziej konieczne, że nasuwały się poważne i uzasadnione wątpliwości co do jej słuszności.

Przede wszystkim wiadomo było, że skrobia tworzyć się może w roślinie nie tylko na świetle, ale także w ciemności — np. w bulwach ziemniaków i to w tych samych ciałkach co ciałka zieleni, tylko pozbawionych chlorofilu, w leukoplastach. A więc, twierdzono, ciałka te, leukoplasty i chloroplasty, posiadają zdolność syntezy skrobi, którą wytwarzają z jakichś ciał, znajdujących się w roślinie. Zaś fakt, że w chloroplastach tworzy się skrobia na świetle, dowodzi

tylko, że chloroplasty posiadają zdolność wykonywania swych reakcji z pomocą światła, na drodze fotochemicznej: przecież w wypłonionym liściu są one bezbarwne (jako leukoplasty) i dopiero po wystawieniu na światło zazieleniają się, a więc wytwarzają chlorofil na drodze fotochemicznej. Chlorofil ten z pewnością nie powstaje jako produkt asymilacji CO_2, gdyż asymilacja wymaga już obecności chlorofilu. A zatem i skrobia nie powstaje jako produkt asymilacji, chociaż w chloroplastach powstaje ona na świetle, ale powstaje ona tam na drodze odrębnej reakcji fotochemicznej. Wobec tak poważnych zarzutów, tylko bezpośredni dowód doświadczalny mógł rozstrzygnąć, czy skrobia jest czy nie jest produktem asymilacji CO_2 w ciałkach zieleni. Dowodu jednak takiego na korzyść swej hipotezy Sachs dać nie potrafił, aczkolwiek bronił jej z wielkim przekonaniem i całą powagą swego autorytetu.

Trudność w dostarczeniu dowodu polega na tym, że aby wykazać niezbicie, iż skrobia jest produktem asymilacji, należało stwierdzić, że skrobia powstaje w ciałkach zieleni na świetle tylko wtedy, gdy odbywa się asymilacja CO_2, a nie powstaje nawet na świetle, jeżeli nie odbywa się wtedy asymilacja. Ale jak sprawić, aby w ciałkach zieleni wystawionych na światło nie odbywała się asymilacja? Nie umiano znaleźć sposobu zahamowania asymilacji podczas wystawienia rośliny na światło. Trudność tę pokonał dopiero Godlewski i to w sposób tak prosty, że przypomina to historię z jajkiem Kolumba. Roślinę umieszczał on pod kloszem, pod którym powietrze pozbawione było CO_2. Wobec braku CO_2 nie mogła się oczywiście odbywać jego asymilacja mimo wystawienia rośliny z kloszem na światło. Istotnie też okazało się, że w tych warunkach skrobia wcale się nie wytwarzała; odwrotnie zaś, gdy pod klosz wprowadził zwiększoną do 8% ilość CO_2 i zwiększył przez to intensywność asymilacji, powstawały w liściach ogromne ilości skrobi kilkakrotnie większe, niż w zwykłym powietrzu.

Było to doświadczenie rozstrzygające. Potwierdził to Sachs w swoim podręczniku, w słowach pełnych entuzjazmu, pisząc: ... „było to pożądanym potwierdzeniem mojej teorii, gdy Godlewski w r. 1873 za pomocą równie prostych, jak pomysłowych doświadczeń udowodnił, że w powietrzu pozbawionym CO_2 także i skrobia w ciałkach zieleni, na świetle nie powstaje. Znalazł on również, że skrobia, powstała w chlorofilu, znika nie tylko w ciemności, ale także i w intensywnym świetle, jeżeli otaczające powietrze nie zawiera kwasu węglowego. Całkiem zaś wyjątkową wagę posiada stwierdzony przez Godlewskiego fakt, że zwiększenie zawartości CO_2 w powietrzu aż do 8% powoduje w intensywnym świetle 4-krotnie do 5 - krotnie większe nagromadzenie się skrobi... Dane te są tym cenniejsze, że już poprzednio wykazał Godlewski, za pomocą obszernych badań przeprowadzonych w mojej pracowni, iż liście *(Glyceria spectabilis, Typha, Oleander)* wystawione na intensywne oświetlenie wykazują maksimum wydzielania tlenu w powietrzu o zwiększonej do 5 — 10% zawartości CO_2".

„Na podstawie wszystkich tych faktów nie może już podlegać najmniejszej wątpliwości, że skrobia w ciałkach zieleni jest pierwszym wyraźnie widocznym produktem asymilacji". (Sachs, Vorlesungen uber Pflanzen - Physiologie, 1882, str. 375).

Rozstrzygnięcie tak fundamentalnego zagadnienia fizjologii postawiło od razu młodego uczonego w rzędzie najpierwszych fizjologów ówczesnych. Podziwu godna była prosta metoda, zastosowana przez Godlewskiego, która posiada ogólne znaczenie także dla innych badań fizjologicznych. Zdawał sobie z tego sprawę sam autor, pisząc w swej pracy: „Jeżeli te wyniki (że skrobia jest produktem asymilacji) już same w sobie są zajmujące, to daleko ważniejsze jest jeszcze to, że przez umieszczenie rośliny w atmosferze pozbawionej kwasu węglowego, mamy środek przeszkodzenia asymilacji w roślinie wystawionej na bezpośrednie działanie promieni słonecznych. Zyskujemy przez to nową metodę robienia doświadczeń, dzięki której przy badaniu wpływu światła na życie rośliny, nieraz będziemy mogli otrzymać cenne wyniki, albowiem wpływ światła na roślinę jest bardzo różnorodny, a światło wpływa na rozmaite czynności fizjologiczne, nie tylko na samą asymilację. Ale w wielu wypadkach możemy mieć wątpliwości, jak sobie ten wpływ światła tłumaczyć należy: czy uważać go za bezpośredni, czy też przyjmować, że światło oddziaływa tylko pośrednio, pobudzając przyswajanie kwasu węglowego, które ze swej strony oddziaływa na inne fizjologiczne czynności? Otóż przez umieszczenie rośliny w atmosferze pozbawionej kwasu węglowego i wystawienie jej na światło, możemy zawsze te wątpliwości rozwiązać i przekonać się, czy dana sprawa lub czynność bezpośrednio od wpływu światła, czy też tylko od sprawy przyswajania zależy".[1] Ten ważny i ciekawy ustęp zawiera plan badań, które Godlewski rzeczywiście później wykonał, stosując tę metodę do coraz to innych zjawisk życia roślinnego, zawsze ze znakomitym wynikiem.

Pierwszym zagadnieniem, do którego z pomocą tej metody niedługo potem (w r. 1878) przystąpił, było zjawisko wypłonienia (etiolacji) roślin w ciemności. Jak wiadomo, rośliny rozwijające się w ciemności posiadają długie, cienkie i słabe międzywęźla, a liście blade i bardzo małe. Na świetle łodygi rosną krótsze, ale mocniejsze i grubsze, zaś liście rozwijają się duże i zielone. Toczyła się wówczas żywa dyskusja nad przyczynami tego zjawiska i skłaniano się najbardziej do przypuszczenia, że stoi ono w bezpośrednim związku z asymilacją, która dostarcza materiałów na grubienie błon komórkowych łodygi i na rozrost liści. Godlewski rozstrzygnął spór bezapelacyjnie: umieściwszy rośliny pod kloszami na świetle, a wykluczywszy fotosyntezę przez usunięcie CO_2 z powietrza, wykazał natychmiast, że łodygi rozwijają się krótkie i mocne, a liście wyrastają normalne, mimo braku asymilacji, a więc, że zjawiska wypłonie-

[1] E. Godlewski. O powstawaniu i znikaniu skrobi w gałeczkach zieleni. 1873. — Praca przedrukowana jest w „Pismach E. Godlewskiego". T. I.

nia zależą bezpośrednio od formatywnego wpływu światła. Znowu odkrycie fundamentalne. Doświadczenia te stały się pobudką do paru dalszych prac nad wypłonieniem, które znajdujemy w „Pismach Godlewskiego", T. I.

Dalsze badania, w których ta sama w zasadzie metoda była stosowana, dotyczyły nitryfikacji (1892). Właśnie wtedy znakomity rosyjski bakteriolog Winogradzki odkrył bakterie nitryfikacyjne utleniające amoniak i wykazał, że rozwijają się one w pożywce pozbawionej zupełnie związków organicznych; wypowiedział więc pogląd, że kosztem energii uzyskanej z utlenienia amoniaku asymilują one węgiel i wytwarzają materię organiczną w ciemności ze związków mineralnych a mianowicie z dodanego do pożywki węglanu magnezu. Śmiały ten pogląd spotkał się z niedowierzaniem: przypuszczano (Elfving), że to raczej lotne związki organiczne, znajdujące się w powietrzu, są tutaj źródłem materii organicznej dla bakterii, a nie asymilacja kwasu węglowego, która przecież bez światła odbywać się nie może. Godlewski przeprowadził kulturę bakterii *Nitrosomonas* w kolbach, do których doprowadzone było powietrze starannie pozbawione śladów lotnych związków organicznych, jak i CO_2, w kolbach zaś kontrolnych gazowy CO_2 z powietrza nie był usunięty. Okazało się, że związki organiczne nie są potrzebne do rozwoju bakterii, natomiast konieczny jest dopływ CO_2. Po odcięciu dopływu CO_2 z powietrza bakterie się nie rozwijały. Potwierdził więc w zupełności pogląd Winogradzkiego, że bakterie nitryfikacyjne nie potrzebują związków organicznych i że przyswajają kwas węglowy w ciemności, z tą jednak poprawką, że nie pobierają go z węglanów, lecz muszą go mieć w formie wolnego dwutlenku węgla.

Jeszcze raz metoda ta znalazła zastosowanie w doniosłych badaniach „nad powstawaniem materii białkowatych w roślinach". Chodziło o rozstrzygnięcie pytania, czy światło wpływa na rozkład azotanów w liściach, a tym samym na syntezę białek? Jak wiadomo, zarówno redukcja azotanów, jak i synteza białek mogą się odbywać w ciemności, ale ciekawe było, czy wtedy, gdy procesy te odbywają się w liściach na świetle, przebiegają one energiczniej, korzystając bezpośrednio z energii światła? Ważne to zagadnienie było trudne do rozstrzygnięcia dlatego, że do syntezy białek potrzebne są zarówno azotany, jak i związki węglowe, pochodzące z asymilacji. Na świetle więc synteza białek musi się odbywać energiczniej niż w ciemności, gdyż zapewniony jest wtedy obfity dopływ węglowodanów z fotosyntezy. Należało zatem ten czynnik wyeliminować, a związków węglowych dostarczyć inną drogą. Tak też zrobił Godlewski. Używając do doświadczeń roślinek kiełkującej pszenicy, które miały dostateczny zapas węglowodanów w bielmie, dostarczał im tylko azotanów w pożywce, a następnie jedne hodował w ciemności, a drugie na świetle, ale pod kloszami, w atmosferze pozbawionej CO_2. Asymilacja była więc wykluczona. Jedne i drugie rośliny miały jednakie źródło zarówno azotanów, jak i węglowodanów, tylko jedne były w ciemności, a drugie wystawione były na wpływ świa-

tła. Wynik stwierdzony analitycznie ilościowo, był wyraźny: rośliny na świetle wytworzyły o 20 — 30 % więcej białek niż w ciemności. „Światło — konkluduje autor — ułatwia powstawanie materii białkowatych, z jednej strony pośrednio przez umożliwienie asymilacji bezwodnika węglowego i dostarczenie przez to bezazotowego materiału budowlanego na białko, z drugiej strony bezpośrednio przez dostarczenie roślinom energii potrzebnej do przeróbki azotanów i dokonania syntezy białka". Jak wiadomo, w r. 1920 Warburg i Negelein (Biochem Ztschr. T. 110, 1920) wykazali, że istotnie w zielonych komórkach zachodzi pod wpływem energii świetlnej fotochemiczny proces redukcji azotanów, a więc potwierdzili inną drogą wyniki Godlewskiego.

Druga wielka seria badań Godlewskiego dotyczyła procesów oddychania. Jak wspomnieliśmy na początku, jeszcze w drugiej połowie XIX wieku niektórzy uczeni np. Liebig, zaprzeczali w ogóle istnienia oddychania u roślin. Była to więc dziedzina bardzo mało zbadana, a jednak niezmiernie ważna dla zrozumienia procesu życiowego rośliny. Widział to Godlewski i już w r. 1881 ogłosił swe klasyczne „Studia nad oddychaniem roślin". Praca ta posiada szczególne znaczenie w historii fizjologii, a zwłaszcza badań nad oddychaniem, gdyż autor wprowadza tu po raz pierwszy znakomitą metodę równoczesnego pomiaru pochłoniętego przez rośliny tlenu i wydzielonego dwutlenku węgla. Aparat Godlewskiego, w którym pochłanianie tlenu oznaczane jest manometrycznie, jest prototypem używanego dzisiaj aparatu Warburga. W pracy tej Godlewski przeprowadza analizę procesów zachodzących w roślinach na podstawie zmian zachodzących w stosunku wydzielonego CO_2 do pochłoniętego O_2. Wyjaśnia również głęboko znaczenie oddychania dla procesów życiowych rośliny, co w owym czasie dla wielu było zupełną nowością. Badania nad oddychaniem doprowadziły go do zajęcia się oddychaniem śróddrobinowym, czyli beztlenowym. W pracy wykonanej w r. 1901 wspólnie z Polzeniuszem wykazał, że stosunek wytworzonego w czasie oddychania śróddrobinowego alkoholu do wydzielonego CO_2 jest u wyższych roślin taki sam jak u fermentujących drożdży i odpowiada rozszczepieniu glukozy na 2 drobiny alkoholu i 2 drobiny CO_2. Wynika stąd, że oddychanie śróddrobinowe u roślin wyższych, zawierających węglowodany jako materiały zapasowe, jest identyczne w zasadzie z fermentacją alkoholową drożdży. Stwierdzenie tego faktu fundamentalnego dało dopiero mocną podstawę pod wszelkie dalsze hipotezy dotyczące stosunku pomiędzy oddychaniem normalnym, tlenowym, a oddychaniem śróddrobinowym. Niezwykle ciekawe są dalsze dwie prace, jedna z r. 1905 nad śróddrobinowym oddychaniem nasion zawierających białka jako substancje zapasowe, i druga z r. 1911 „O anaerobicznym rozkładzie materii białkowych w roślinach i oddychaniu śródcząstkowym". W pracach tych przystąpił do bliższego zbadania przemian materii azotowych w związku z procesami oddychania śróddrobinowego.

Działalność naukowa Godlewskiego nie kończyła się jednak bynajmniej na badaniach chemiczno - fizjologicznych, do których należały omówione wyżej prace. Nie mniej uwagi poświęcał on zagadnieniom wzrostu i wrażliwości, jak również trudnemu i zawsze w fizjologii aktualnemu zagadnieniu ruchu wody w roślinach. Szczególnie żywo interesował go mechanizm ruchu wody w naczyniach drzewnych, a jego praca o „Teorii krążenia soków u roślin" z r. 1884 stanowiła punkt zwrotny w rozwoju tego zagadnienia w fizjologii. W pracy tej poddał on bystrej i przenikliwej krytyce wszystkie dotychczasowe teorie ruchu wody, nie wyłączając ostatniej teorii Sachsa i wykazał ich niedostateczność dla poprawnego wyjaśnienia tego procesu. Wykazał, że dotychczasowe grubo mechanistyczne ujęcie działających tu sił nie jest wystarczające do odtworzenia zjawisk, jakie obserwujemy w doświadczeniu i że należy zwrócić uwagę na współudział procesów fizjologicznych, zachodzących w żywych komórkach. Przez szereg lat praca ta była najczęściej cytowana ze wszystkich prac Godlewskiego, a tzw. „Teoria Godlewskiego" ruchu wody nie schodziła z kart podręczników fizjologii roślin. Dopiero później zastąpiła ją „teoria kohezyjna" ruchu wody Dixona i Jolly'ego.

Działalność naukowa w dziedzinie fizjologii zapewniła Godlewskiemu zaszczytne miejsce w nauce światowej. U nas nazwisko jego złączone jest nie tylko z pracą naukowo - badawczą, jako pioniera i twórcy fizjologii roślin w Polsce, ale także z długoletnią wybitną działalnością organizacyjną i dydaktyczną na uczelniach rolniczych. Od r. 1874 do 1891 był on profesorem we Lwowie i w szkole rolniczej w Dublanach, a od r. 1891 do 1919 profesorem na Studium Rolniczym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, a więc razem przez okres 45 lat. Przy organizacji Studium (obecnie Wydziału) Rolniczego w Krakowie brał on wybitny udział i przez 16 lat był jego dyrektorem. W ciągu tego długiego okresu czasu wychował szereg pokoleń młodzieży rolniczej. Po ustąpieniu z katedry uniwersyteckiej w r. 1919 objął jeszcze stanowisko kierownika Wydziału Rolnego w Instytucie Naukowym Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach, gdzie z wielką korzyścią dla Instytutu przez kilka lat pracował. W związku ze swą działalnością na placówkach rolniczych ogłosił także kilka publikacji na tematy rolnicze, jak zwłaszcza obszerną pracę pt. „Wymagania pokarmowe roślin gospodarskich" w r. 1903, opracowaną na podstawie doświadczeń na polu doświadczalnym Uniwersytetu Krakowskiego i drugą podobną pt. „O wpływie nawozów potasowych na wysokość i skład plonów różnych roślin uprawnych" w r. 1922, opracowaną również na podstawie innych doświadczeń krakowskich.

Działalność profesorska Godlewskiego w Krakowie zaznaczyła się również wykonaniem pod jego kierunkiem szeregu prac przez jego uczniów i asystentów, jak Balicką - Iwanowską, Staniszkisa, Krzemieniewskiego i Krzemieniewską, Waśniewskiego, Vor-

brodta, Korczewskiego, Klimowicza, Witkowską i innych; były to przeważnie prace z fizjologii roślin lub mikrobiologii, jak np. nad pobieraniem kwasu fosforowego przez rośliny i jego rolą w organizmie roślinnym, albo jak znakomite badania Krzemieniewskiego nad *Azotobacterem*, żeby wspomnieć tylko o najważniejszych. Godlewski dbał o wysoki poziom prac, wychodzących z jego pracowni i śledząc zawsze z zainteresowaniem postępy badań i doświadczeń, dawał rady i wskazówki, ucząc ścisłej metody naukowej i krytycyzmu, ale wymagając wzamian od pracowników największej sumienności i pilności.

Niezależnie od nauczania na wykładach i w pracowni rozpoczął także w późniejszych latach swego pracowitego życia szerszą działalność pisarską. Nie zdecydował się wprawdzie na napisanie podręcznika fizjologii roślin, chociaż potrzebę takiego silnie odczuwał, ale przy okazji pisania artykułu o fizjologii (wspólnie z Korczewskim) do „Poradnika dla Samouków" (T. VI. 1926), przyszła mu na myśl idea, napisania książki, ilustrującej metodę badań fizjologicznych na przykładzie kilku wybranych zagadnień fizjologicznych. Tak powstały „Myśli przewodnie fizjologii roślin", dzieło wydane w dwóch tomach, z których pierwszy wyszedł za życia autora, a drugi w r. 1933 już po jego śmierci.

Pierwszy tom jest raczej treści ogólnej o roli obserwacji i doświadczenia w badaniach fizjologicznych z podaniem elementarnych przykładów różnych zagadnień życia roślin, natomiast drugi tom przedstawia szczegółową analizę krytyczną badań nad pobieraniem wody i nad mechanizmem ruchu wody w roślinie. Jest to dzieło nadzwyczaj cenne, zwłaszcza tom drugi, a w nim rozdziały o mechanizmie ruchu wody; było to bowiem zagadnienie, którym zajmował się od swej młodości i opracował niegdyś jego teorię, a którego dalszy rozwój śledził nieustannie i uważnie przez całe swe długie życie. Toteż autor daje nam tutaj tak znakomity wykład tego zagadnienia i jego rozwoju, opatrzony niezmiernie wnikliwymi uwagami krytycznymi i metodycznymi, jakiemu równego nie znajdujemy w całej literaturze światowej. Na tym przykładzie uczy nas metody badań fizjologicznych, prowadząc nas raz jeszcze po tej drodze, którą przebyła nauka, zanim doszła do ostatnich rezultatów, a prowadzi nas jako doświadczony przewodnik, który sam drogę tę odbył i do postępu na niej wybitnie się przyczynił, który przeżył trudności jakie się nasuwały i widział sam i doświadczył jak łatwo umysł ludzki podlega błędom i omyłkom, zanim dojdzie do celu. W takim właśnie niezwykłym i niecodziennym ujęciu tematu leży wielka dydaktyczna wartość tego oryginalnego dzieła. Było to ostatnie dzieło wielkiego uczonego.