Próchnica jako ogniwo procesów życiowych organizmu roślinnego

Der Humus als Glied im Lebensgetriebe des pflanzlichen Organismus

BRONISŁAW NIKLEWSKI

Zagadnienie próchnicy już od przeszło 200 lat stało się przedmiotem dociekań umysłu ludzkiego. W roku 1741 K u e l b e l określił w swym dziele, wydanym w Bordeaux pod tytułem „Causes de la fertilité des terres”, „humus” jako źródło pożywienia organizmu roślinnego, zaś w dwadzieścia lat później szwedzki uczony V a l l e r i u s wydał w roku 1761 w Uppsali dzieło pod tytułem „Agriculturae fundamenta chemica”, a w rozdziale zatytułowanym „de humo” określił humus jako „nutritivum” — właściwy pokarm, w przeciwstawieniu do innych związków glebowych, które określił jako „instrumentalia”, tzn. jako środki ułatwiające wchłanianie próchnicy przez roślinę.

Pół wieku później Albrecht T h a e r przyjął próchnicę jako podstawę teorii żyzności gleby i w oparciu o nią opracował system intensywnej uprawy i nawożenia roli wydając w roku 1808 dzieło pod tytułem: „Grundriss der Chemie für Landwirte”. W tym czasie znane już były zdobycze, jakich dokonał na drodze eksperymentalnej w Genewie Th. de S a u s s u r e, publikowane w roku 1804 w Paryżu w dziele pod tytułem: „Recherches chimiques sur la végétation”; wykazał on, że roślina pochłania dwutlenek węgla liśćmi i przerabia go przy pomocy światła na materiał organiczny. T h a e r chcąc powiązać zagadnienie to z kwestią próchnicy zastanawia się nad tym, czy roślina wchłania próchnicę, czy też pobiera dwutlenek węgla wytwarzający się z próchnicy.

Atoli rozważania te stały się nieaktualne, gdy trzydzieści lat później, w roku 1840, J. v. L i e b i g ogłosił dzieło zatytułowane „Die Chemie in Anwendung auf Agrikultur und Physiologie” i wykazał, że roślina pobiera dwutlenek węgla z atmosfery i stwarza w świetle swoisty materiał węglowy; natomiast z gleby pobiera roślina tylko składniki popiołowe. Na poparcie tego poglądu przeprowadził on doświadczenie polowe z nawożeniem fosforowym jęczmienia. Następnie wielu autorów wykazało, że rośliny potrafią rozwijać się w środowisku bezpróchnicowym, np. w opilkach platynowych, w kulturach wodnych, w ubogim piasku itp., o ile tylko otrzymują jako

pożywienie składniki popiołowe, wśród których ważną rolę odgrywa fosfor, potas, siarka, magnez, wapń, żelazo. Natomiast wówczas niewyraźne jeszcze było stanowisko *Liebiga* w stosunku do azotu. Autor ten sądził, że roślina wchłania azot w formie związków znajdujących się w atmosferze. Dopiero kilkanaście lat później *Boussingault* wyjaśnił na podstawie doświadczeń przeprowadzonych w latach 1851—53, że roślina pobiera azot z gleby w formie azotanów.

Wobec faktu, że roślina może się rozwinać w środowisku bezpróchnicznym, zasilana tylko solami mineralnymi, rola próchnicy glebowej stała się zagadnieniem drugorzędym. Toteż chemicy rolni drugiej połowy XIX wieku uważali związki próchniczne gleby tylko za czynnik strukturalny, formujący warunki glebowe mniej lub więcej korzystnie dla rozwoju systemu korzeniowego roślin.

Jednakże nie wszyscy naukowcy zgadzali się z tym poglądem; zwłaszcza badacze francuscy uważali związki próchniczne „*matière noire*” jako istotny czynnik żyzności gleby. I tak *Grandeau* przyjmuje, że w naturalnych warunkach glebowych roślina pochłania sole mineralne przy pomocy próchnicy (1870—1880). *Dumont* przeprowadza w latach 1904—1906 doświadczenia z nawozami fosforowo-humusowymi wykazując ich skuteczność w rozwoju roślin. Szczególnie dobitnie wyraża się amerykański uczony *S. W. Johnson* (New York) w roku 1883 twierdząc, że chociaż ostateczne produkty rozkładu materii organicznej, jak dwutlenek węgla, amoniak, saletra, woda i składniki popiołowe, są ważnymi czynnikami odżywczymi roślin, to jednak pozostaje niezaprzeczony fakt, że różne formy humusu, jak humaty, krenaty, apokrenaty i inne rozpuszczalne substancje organiczne gleby są przez rośliny absorbowane i asymilowane. Przewaga nawozu stajennego nad nawozami nieorganicznymi polega wedle tego autora na tym, że humusowe związki są bezpośrednio asymilowane przez rośliny.

W roku 1892 zwraca uwagę *Hoeveler* na bezpośrednie działanie związków próchnicznych w kulturach piaskowych na organizm roślinny. Podobne spostrzeżenia czyni w dwadzieścia kilka lat później *L. Hiltner*, a *E. Hiltner* w roku 1926 stara się wytłumaczyć działanie związków próchnicznych na rośliny tym, że paraliżują one szkodliwe wydzieliny korzeniowe.

Duże wrażenie wywarły poglądy wypowiedziane przez *Bottomleya* na podstawie przeprowadzonych w latach 1914—1920 prac eksperymentalnych; wyjaśniał on bowiem, że na kultury *Lemny* stymulująco działały komposty; autor przyjmuje, że odgrywają w tym rolę wydzieliny bakteryjne, które to hipotetyczne związki nazywa „auximony”.

W następnych latach mnożą się obserwacje, że różne związki pochodzące z ziemi torfowej, a także ekstrakty z węgla brunatnego działają pobudzająco na rośliny. *Hiliter* stwierdził w roku 1932, że żyto, pszenica i *Tradescantia* reagują dodatnio na ekstrakty torfowe. *Kissel* w roku

1930—1932, a Lieske w latach 1927—1934 wykazują wpływ pyłu pochodzącego z węgla brunatnego na rozwój roślin. Błagowieszczeński i Prosińska obserwowali w roku 1934 intensywniejsze pobieranie azotu i potasu przez len pod wpływem kwasów humusowych. W Anglii Rayner zwróciła uwagę na dodatni wpływ związków próchnicznych na rozwój korzeni sosny na wydmach piaszczystych. A. Petit w roku 1921 wykazał, że na żyznej glebie pod Paryżem różne warzywa dawały znaczne przyrosty plonów na kompoście pochodzącym z inspektów, choć nie reagowały zupełnie na nawożenie mineralne.

W roku 1936 E. G. Pringsheim wykazał korzystny wpływ ekstraktów glebowych na rozwój różnych pierwotniaków i przypisuje działanie to związkowi próchnicznemu.

W pierwszej połowie XX wieku zostały przeto poważnie podważone poglądy chemików rolnych na sprawę znaczenia próchnicy dla produkcji roślinnej i wytwarzała się przychylna atmosfera dla przyjęcia teorii o bezpośrednim oddziaływaniu próchnicy na organizm roślinny. W tych warunkach podjęto w Polsce i Czechosłowacji systematyczne badania nad działaniem próchnicy na organizm roślinny.

W roku 1927 podjąłem wspólnie z A. Krauzem badania nad wpływem na wzrost korzeni roślin różnych substancji koloidowych: koloidalne roztwory agar-agar, roztwór koloidalny skrobi, koloidalny roztwór złota, srebra, wodorotlenku żelaza i innych. Okazało się, że wszystkie badane koloidy działają stymulująco na wzrost korzeni roślin. Jednakże najsilniej oddziałują na tkankę roślinną koloidalne związki próchniczne. W pewnym doświadczeniu wykazano, że dodatek 0,5 g próchnicy rozpuszczalnej do 5,7 kg piasku spowodował rozrost korzeni u jednej rośliny gorczycy do 12 m długości, podczas gdy bez dodatku próchnicznego roślina wytworzyła w tym samym czasie 3,4 m korzenia, a na solach mineralnych 3,7 m.

Dalsze badania wykazały, że próchniczne związki koloidowe działają silnie chemotropijnie na wzrost korzeni. Próchniczna substancja, umieszczona w kostce agarowej, przyłożonej jednostronnie do koniuszka korzenia, powoduje już po kilku godzinach jego skrzywienie w kierunku dodatnim. Nawet po jednogodzinnej ekspozycji kostki z próchnicą stwierdzono, że komórki po stronie podrażnionej mniej się wydłużają aniżeli komórki po stronie przeciwległej; prawdopodobnie próchnica przenika do komórek i inaktywuje hormony wzrostowe. Niejednokorny wzrost komórek, wywołany podrażnieniem chemotropijnym przez związki próchniczne, stwierdziła J. Wolnicka i zjawisko to utrwaliła fotograficznie.

Związki próchniczne okazały się czynnikami wyraźnie przyspieszającymi pobieranie soli mineralnych, co zostało stwierdzone w sposób następujący (metodę tę opracował E. Pantanelli 1915): hodowano rośliny w kulturach wodnych przez kilka tygodni, następnie wyjęto rośliny

z pożywki, opłukano korzenie i umieszczono je w roztworze jednej czystej soli o dokładnie oznaczonej koncentracji, inny szereg roślin umieszczono w analogicznym roztworze, lecz z dodatkiem związków próchnicznych, przy czym koncentrację tych związków stopniowano. Po 48 godzinach rośliny z płynów wyjęto, opłukano i płyny, w których korzenie przebywały, dokładnie analizowano. Z różnicy wyników analiz płynów — przed umieszczeniem roślin i po ich wyjęciu — określono ilość jonów pobranych przez korzenie roślin; posługując się tą metodą przeprowadzono w Zakładzie Fizjologii roślin w ciągu kilku lat szereg doświadczeń; zazwyczaj jeden eksperymentator badał pobieranie jednej tylko soli, i tak: J. Pastewski badał pobieranie CaCl_2 przez *Sinapis* i *Beta vulgaris*, J. Bystrzycki u tych samych roślin MgCl_2 , J. Potocki $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ przez *Sinapis* i *Cannabis sativus*, O. Hause NH_4Cl przez *Sinapis* i *Beta vulgaris*, K. Jacniacki $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ przez *Sinapis* i *Cannabis sativa*, J. Wojciechowski i A. Kuźdowicz badali pobieranie KNO_3 przez *Lactuca sativa* *Linum*, *Helianthus* i *Cannabis*.

We wszystkich doświadczeniach pobieranie tak kationu, jak i anionu, znacznie się podnosiło pod wpływem związków próchnicznych, danych w ilościach około 10—40 mg na 200 cm³ roztworu.

Następnie badaliśmy wspólnie z kol. Wojciechowskim i szeregiem współpracowników wpływ związków próchnicznych na rozwój pędów i liści. Okazało się, że w czystej wodzie destylowanej wpływ próchnicy jest nikły; rośliny pod wpływem próchnicy nie rozwijają się silniej, lecz tylko przybierają ciemną zieleń, próchnica nie może przeto zastąpić soli mineralnych. Działanie jej uwydatnia się dopiero na pełnej pożywce mineralnej, przy czym pożywka Zinza d z e g o dawała roślinom przy próchnicy lepsze warunki aniżeli pożywka v. d. C r o n e g o; dodatek próchnicy wywoływał bujną zieleń i silnie rozwijał pędy i liście. Szczególnie silnie reagowały na próchnicę rośliny ogrodowe: ogórki, dynia, pomidory, buraki, kapusta, astrzy, cynia, fasola, len, hreczka i inne; natomiast znacznie słabiej reagowały zboża, a najslabiej łubin i groch, mimo że ten ostatni podlegał silniejszej infekcji pod wpływem bakterii brodawkowych w obecności substancji próchnicznych. Każdy gatunek roślin wykazywał swoistą reakcję na koncentrację próchnicy, np. optymalną dawką próchnicy dla pomidorów było około 75 mg próchnicy na 1 l pożywki, a dawka 350 mg działała trująco, natomiast odnośne koncentracje dla kukurydzy były znacznie niższe. Kapusta znosiła wysokie koncentracje próchnicy. Wrażliwość na wybitnie niskie koncentracje próchnicy stwierdził S. Gumieński u niższych organizmów. Pobudzające działanie przy podziale komórek glonów występowało już przy koncentracji 0,005%, a koncentracja około 1% kwasu humusowego okazała się dla szeregu organizmów trującą. Rozmaite wymoczki, opatrzone grubą peliculą, a także glony, osłonięte błoną celulozową, są

w ten sposób uodpornione przeciw trującemu działaniu koloidowej próchnicy na plazmę tych organizmów. Natomiast eugleny i ameby, pozbawione tych środków ochronnych, w roztworach próchnicy łatwo giną.

Przy przeprowadzeniu doświadczeń z mikroorganizmami oraz z roślinami wyższymi (pomidorami) okazało się, że efekt fizjologiczny próchnicy zależy od warunków oksydo-redukcyjnych środowiska. Przy dobrym wietrzeniu wodnych kultur pomidorów wpływ próchnicy nie uwidaczniał się zupełnie, natomiast w złych warunkach tlenowych dodatek 0,001% humianu sodowego wywołał silny efekt, umożliwiając roślinom normalny rozwój. W doświadczeniach Gumińskiego i współpracowników okazało się, że pod wpływem humianu sodowego korzenie badanych roślin wykazywały wyraźną tendencję do wzmożenia intensywności oddychania. Pod wpływem humianu sodowego współczynnik oddechowy korzeni wzrastał, przy czym intensywność oddychania nie była pomniejszona. Humian sodowy częściowo zastępuje tlen przy oddychaniu korzeni roślin.

Próchnica jest w organizmie roślinnym substancją czynną, jak to wypowiedział w roku 1949 prof. Wojciechowski. Badania zaprowadziły nas przeto dalej, niż pierwotnie marzono. Gdy w roku 1927 podejmowaliśmy te badania, spodziewano się stwierdzenia działania stymulacyjnego próchnicy na powierzchni korzeni, ostatnie zaś badania Gumińskiego i współpracowników skłaniają nas do przyjęcia udziału próchnicy w metabolizmie procesów życiowych komórki roślinnej. Ciekawy staje się przeto fakt, że produkt tworzący się przy rozkładzie materii organicznej wchodzi w obieg przemian żywej komórki i bierze udział w jej rozwoju i tworzeniu się chloroplastów. Obumarły materiał służy przeto do regeneracji nowego bujnego życia.

Dokładne prześledzenie tych procesów jest zadaniem przyszłości.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahre 1761 wird von Vallerius in dem in Uppsala erschienenen Werke „Agriculturae fundamenta chemica“ im Kapitel „de humo“ die Humussubstanz des Bodens als das „nutritivum“, als der eigentliche Nährstoff der Pflanze genannt, die anderen Bodenkonstituenten werden als „instrumentalia“ bezeichnet, welche die Aufnahme des Humus durch die Pflanze erleichtern sollen.

Anfangs des XIX. JHh. nahm A. Thaer den Humus als Grundlage fuer sein System der Bewirtschaftung und Duengung des Bodens an. Doch wurde diese Theorie, auf Grund der Errungenschaften von Th. de Saussure (1804), von J. v. Liebig im J. 1840 bestritten und von ihm und seinen Anhaengern nachgewiesen, dass die Pflanze in einem voellig humusfreiem Milieu, lediglich durch die Aschenbestandteile ernaeht, sich zu entwickeln vermag. Damit fand die Theorie der Mineralduengung der Pflanze

Eingang in die Wissenschaft und Praxis; die Humusbestandteile des Bodens werden lediglich als Faktoren der Bildung der Bodenstruktur angesehen. Dieser Ansicht huldigten die Agrikulturchemiker des XIX. und Anfangs des XX. Jh.

Jedoch war eine Reihe von wissenschaftlichen Forschern einer anderen Meinung; vor allen betrachteten die franzoesischen Forscher (Grandeau und Dumont) die Humussubstanz als das Fundament der Bodenkultur; aber auch andere Forscher sahen die organische Substanz als das wichtigste Element der Duengung an (J o h n s o n 1883 New York). Bottomley erblickte bei der organischen Duengung die Ausscheidungsprodukte der Bakterien als Duegungsfaktoren. K i s s e l u. L i e s k e 1928—34 sahen die Humate, welche sich im Staub der Braunkohlenlager entwickeln, als ein die Pflanzenentwicklung foerderndes Mittel an.

Im J. 1927 wurden im Institut f. Pflanzenphysiologie und Agrikulturchemie in Poznań Untersuchungen ueber die Wirkung verschiedener Kolloidstoffe auf die Pflanzenentwicklung unternommen. Es zeigten sich besonders die kolloidallen Humussubstanzen als wirksame wachstumsfoerderndes Mittel. Ferner wurde festgestellt, dass die Humussubstanzen als chemotropische Stoffe wirken, welche die Wachstumsrichtung der Pflanze dadurch beeinflussen, dass die Zellen in der Wachstumszone auf der gereizten Seite im Wachstum gehemmt werden. In zahlreichen Versuchen an verschiedenen Pflanzen und mit verschiedenen Salzen wurde festgestellt, dass die Aufnahme der Ione verschiedener Salze unter Wirkung der Humussubstanzen erheblich beschleunigt wird. Von Wojciechowski und zahlreichen Mitarbeitern wurde ermittelt, dass die Humussubstanzen auf die Entwicklung von Sprossen und Blaettern sehr stark wachstumsfoerdernd wirken; Gartenkulturen reagierten erheblich staerker (Gurken, Tomaten, Kuerbis, Kohl, Astern, Bohne) als Getreidepflanzen; eine jede Gattung weist ihr individuelles Minimum, Optimum, Maximum der Humuskonzentration auf. Besonders niedrige Konzentrationen wirken auf die niederen Organismen. Verschieden Algen und Prootozoa reagieren auf 0,0005% und 0,1⁰/₀₀ ist fuer gewisse Organismen giftig. (S. G u m i ń s k i).

Gumiński und Mitarbeiter konnten feststellen, dass die Humussubstanz die Atmung beeinflusst und besonders dann guenstig wirkt, wenn Sauerstoffmangel eintritt; Na-humat vermag den Sauerstoff der Luft zu ersetzen. Die Humussubstanz hat sich also physiologisch wirksam erwiesen und nimmt am Lebensgetriebe des Pflanzenorganismus teil.

Von Prof. Marian Niklewski wurden Untersuchungen ueber die Wirksamkeit der organischen Substanz auf die Pflanzenentwicklung in Abhaengigkeit von der Umwelt unternommen, Ferner wurden Humusstoffe aus Torf unter hohem Druck hydrolisiert und ihr Duengewert festgestellt.

Dr. M i s t e r s k i bearbeitet die Frage der Bodenfruchtbarkeit abhaengig von verschieden Humusverbindungen.