Problem próchnicy w świetle doświadczeń polowych

Die Produktivität der Humusverbindungen in Feldversuchen in Abhängigkeit
von den Umweltfaktoren

MARIAN NIKLEWSKI

Gdy z górą dwadzieścia lat temu wchodziłem w życie zawodowe, panowała wówczas gwałtowna polemika na temat działania na rozwój roślin w wodzie rozpuszczalnych związków próchnicznych. Przyczyną rozbieżności zdań była niezgodność wyników doświadczeń, otrzymanych różnymi metodami. Zakład Fizjologii Roślin i Chemii Rolnej Uniwersytetu Poznańskiego, prowadząc doświadczenia w kulturach wodnych i w kulturach polowych, wykazywał dodatni wpływ działania na rozwój roślin w wodzie rozpuszczalnych związków próchnicznych, natomiast inne zakłady chemii rolnej, prowadząc doświadczenia w kulturach piaskowo-wazonowych, nie mogły stwierdzić większych efektów działania próchnicy na rozwój roślin. Wychodząc z założenia, że wszędzie, gdzie jest spór, musi istnieć problem, podszedłem do tego zagadnienia od strony przeanalizowania wpływu warunków środowiska na proces rozkładu nawozów organicznych i na ich działanie na rozwój nawożonych roślin.

W owym czasie nauka niemiecka może najwięcej zajmowała się nawozami organicznymi, ogniskując swoje wysiłki dookoła przemian chemicznych zachodzących w składnikach pokarmowych w czasie rozkładu masy organicznej. W celu uzupełnienia ówczesnych wyników badań starałem się w doświadczeniach laboratoryjnych wyjaśnić wpływ różnych warunków środowiskowych na dynamikę procesu rozkładu, a potem starałem się sprawdzić te wyniki laboratoryjne w doświadczeniach stosowych. W dalszych pracach starałem się ustalić wpływ warunków środowiskowych oddziaływających w ciągu życia nawożonych roślin na ich reakcję na nawożenie obornikiem. Początkowo w tym kierunku przeprowadzałem studia na podstawie wyników doświadczeń przeprowadzanych w polskich zakładach doświadczalnych, a począwszy od roku 1945 specjalnie w tym celu prowadziłem doświadczenia polowe. Podsumowanie tych długotrwałych badań i doświadczeń można by ująć w formie odpowiedzi na dwa następujące pytania:

1. na czym polega działanie nawozów organicznych?

2. czy rozkład nawozów organicznych należy prowadzić w warunkach aerobowych, czy anaerobowych?

W tych dwóch pytaniach zamyka się właściwie cały problem nawozów organicznych, stanowiąc równocześnie kanwę do badań nad działaniem próchnicy na rozwój roślin.

1. NA CZYM POLEGA DZIAŁANIE NAWOZÓW ORGANICZNYCH?

Pytanie to stanowi istotę sporu, toczącego się od przeszło 100 lat pomiędzy zwolennikami koncepcji *Thaera* i *Liebiga*. Jakkolwiek każda z wymienionych koncepcji posiada pewną dozę słuszności, jednakże błędy ich polegają na tym, że obie nawzajem się wykluczają. *Thaer* i jego zwolennicy nie doceniali bowiem w życiu rośliny roli mineralnych składników, natomiast *Liebig* i jego zwolennicy, jakkolwiek udowodnili, że roślina może się rozwijać bez próchnicy, jednak nie udowodnili, że roślina się nie odżywia próchnicą. Zapewne już w tej chwili szereg pracowników na świecie opracowuje bądź już posiada połączenia próchniczne, w skład których wchodzi promieniotwórczy izotop węgla C^{14} , przy pomocy którego będzie można udowodnić, że istotnie związki próchniczne dostają się do wnętrza organizmu roślinnego.

Co się natomiast tyczy szukania odpowiedzi na postawione pytanie, to należałoby zwrócić szczególniejszą uwagę na dynamikę przemian biochemicznych odbywających się przy procesie rozkładu nawozów organicznych. Rozkład masy organicznej nie jest zjawiskiem jednolitym, lecz jest kompleksem dwu grup przeciwstawnych procesów:

1. przechodzenia bardziej skomplikowanych połączeń w formy prostsze, co określa się procesem odbudowy czy też rozpadu,

2. przechodzenia form prostszych w formy bardziej skomplikowane; jest to proces syntezy, który przeważnie się odbywa pod wpływem działania drobnoustrojów.

W krótkim okresie czasu na starcie procesu rozkładu, w ciągu dwu do czterech dni, osiąga przewagę proces odbudowy, przy czym aminokwasy i mocznik przechodzą w formy mineralne azotu. Z kolei drobnoustroje się rozwijają, pochłaniając z otoczenia najprostsze formy azotu i syntetyzując go przeprowadzają w azot białkowy, wchodzący w skład tych mikroorganizmów. Te drobnoustroje biorą udział w procesie rozkładu połączeń węglowych, przeprowadzając je w dwutlenek węgla i w połączenia próchniczne. Dlatego w pierwszej połowie procesu rozkładu, w okresie 1—2 miesięcy przewagę osiągają procesy syntezy białka.

W następnej fazie procesu rozkładu, gdy cały zapas materiałów węglowych ulegnie procesowi odbudowy, wówczas i drobnoustroje biorące udział przy tym procesie, stając się bezużyteczne, podlegają również procesowi

odbudowy, przy czym azot białkowy stopniowo przechodzi w kompleksowe połączenia proteinowo-humusowe, a częściowo ulega mineralizacji i z kolei znów powstają mineralne formy azotu jako produkty odbudowy białka bakteryjnego. Jak z tego widać, w tej fazie rozkładu przewagę osiągają procesy odbudowy. W doświadczeniach laboratoryjnych tego rodzaju fazy rozkładu stosunkowo łatwo jest uchwycić, natomiast w dużych stosach równocześnie — w zależności od miejscowych warunków — odbywa się dużo przeciwstawnych procesów, przy czym jest rzeczą charakterystyczną, że odbywają się często procesy wchodzące w zakres obu faz.

Odbudowa związków węglowych i stałe wydzielanie się dwutlenku węgla w pierwszej fazie rozkładu jest zjawiskiem, które w bardzo korzystny sposób wpływa na dynamikę rozwoju roślin. Z tego punktu widzenia wprowadzanie do gleby w okresie wiosny świeżego obornika jest zjawiskiem korzystnym, jednakże zjawiskiem niekorzystnym dla rozwoju roślin jest sorpcja biologiczna azotu i procesy syntezy azotu białkowego w organizmach drobnoustrojów, które działają konkurencyjnie w stosunku do procesu pobierania azotu przez korzenie roślin.

Idąc więc po tej linii rozumowania można w następujący sposób sprecyzować odpowiedź na pytanie postawione na wstępie. Wartość produkcyjna nawozów organicznych polega na zsynchronizowaniu w czasie ich procesów odbudowy, czyli rozpadu skomplikowanych połączeń organicznych na połączenia prostsze, z procesem najintensywniejszego pobierania składników pokarmowych przez rośliny.

Jak więc wynika — działanie nawozów organicznych polega na zgraniu procesu odbudowy masy organicznej z procesem pobierania pokarmów przez rośliny i z procesem ich syntezy wewnątrz organizmu roślinnego. Natomiast występowanie przewagi procesów syntezy w masie organicznej w okresie największego zapotrzebowania pokarmów przez roślinę posiada charakter dwu procesów przeciwstawnych, przy czym wychodzi poszkodowana roślina i dlatego niejednokrotnie obornik przyczynia się nawet do obniżenia plonów poniżej wysokości kombinacji zerowej — bez nawożenia.

Po przeprowadzeniu dokładnej analizy wysokości plonów w doświadczeniach wieloletnich okazało się, że czynnikiem regulującym synchronizację tych dwu procesów i decydującym o wartości produkcyjnej nawozów organicznych są opady w miesiącu czerwcu. Okazało się bowiem, że czynnikiem regulującym ustosunkowanie się do siebie procesów odbudowy i syntezy w kompleksie procesów rozkładu masy organicznej jest woda, ponieważ przy procesie odbudowy węglowodanów czy związków białkowych powstawanie połączeń prostszych z połączeń bardziej skomplikowanych polega na przyłączaniu się cząsteczek wody. Dlatego zawartość wody i możliwość przeprowadzania hydrolizy jest tym czynnikiem, który decyduje o przewadze w procesie rozkładu procesów odbudowy nad procesami syntezy. Woda

Ryc. 1 Rozmieszczenie opadów w czerwcu na terenie Polski (wg materiałów PIHM)

równocześnie ułatwia korzeniom roślin pobieranie ze środowiska glebowego mineralnych form składników pokarmowych. Biorąc pod uwagę te momenty staje się zupełnie zrozumiałe, dlaczego już w r. 1935 udało się M. N i k l e w s k i e m u stwierdzić korzystny wpływ opadów czerwca na wartość produkcyjną obornika. To samo autor ten potwierdził w publikacjach w roku 1949 i w roku 1952 (M. N i k l e w s k i 1935, 1949, 1952). Do tego samego wniosku doszli w r. 1954 w swym opracowaniu doświadczeń międzywojennych B i r e c k i i K a c z o r e k (1955).

Szczegółowe badania statystyczne wykazały, że im jest lżejsza gleba i suchszy klimat, tym większą rolę odgrywają opady czerwca, natomiast słabe działanie obornika na glebach cięższych jest zapewne wynikiem dużej ilości przyswajalnych form składników pokarmowych, jakie występują w tych glebach. Tego rodzaju ogólną zasadę charakteryzuje rycina 2, na której wykreślono wartości produkcyjne oborników w skali od ciężkich do lekkich gleb, w zależności od ilości opadów w miesiącu czerwcu.

Z materiałów zebranych przez M. Górskiego i H. Chmielewskiego (1938) okazuje się, że w rejonie o najniższych opadach czerwca w woj. poznańskim wartość produkcyjna 100 q obornika w plonach ziemniaków jak i buraków cukrowych, waha się średnio w granicach 5—9 q kłębów ziemniaków czy korzeni buraków, podczas gdy w rejonie województwa warszawskiego, posiadającego nieco wyższą wilgotność, wartość produkcyjna 100 q obornika waha się w granicach 20—27 q. Wskaźnikiem średniej wartości produkcyjnej obornika w poszczególnych rejonach są więc opady w miesiącu czerwcu, których rozmieszczenie na terenie Polski przedstawia ryc. 1.

Dla uzupełnienia materiałów wskazujących na rolę wody w wartości produkcyjnej obornika należy zwrócić uwagę na średnie wyniki z kilkunastoletniego doświadczenia przeprowadzonego przez Zakład Fizjologii Roślin i Chemii Rolnej w Poznaniu na suchej bielicy na Sołaczu pod Poznaniem, gdzie zwyżka w plonach suchej masy wywołana w ciągu rotacji przez 100 q obornika wynosiła 4 q, podczas gdy na wilgotnej i mocnej bielicy w Gołębiewie koło Kutna wynosiła 31 q suchej masy plonów.

Ryc. 2. Wpływ typu gleby w zależności od opadów na wartość produkcyjną obornika

Jednakże samo stwierdzenie korelacji pomiędzy ilością opadów w miesiącu czerwcu a wartością produkcyjną obornika jest z punktu widzenia praktyki rolniczej jeszcze niewystarczające, zwłaszcza jeżeli się weźmie pod uwagę, że w Polsce na ogół nie stosuje się nawadniania. Przeto zastanawiano się nad tym, w jaki sposób bez zwiększania ilości wody w glebie można się przyczynić do zwiększania wartości produkcyjnej obornika. Okazało się, że warunek ten można osiągnąć trzema sposobami:

1. Przez zmniejszanie powierzchni styku obornika z glebą w stosunku do jego masy ogólnej

Warunek ten można osiągnąć dwoma sposobami: albo przez zastosowanie

wanie wyższych dawek obornika, albo przez stosowanie obornika rzędowo.

Niklewski (1949) na podstawie trzech trzyletnich doświadczeń, przeprowadzonych w trzech rolniczych zakładach doświadczalnych w latach 1930—1933 stwierdził, że odchylenia od średniej opadów z trzech miesięcy letnich — czerwca, lipca i sierpnia decydują o odchyleniach od średniej trzyletniej wartości produkcyjnych dawek obornika, przy czym wartość produkcyjna niższych dawek obornika zależy od wcześniejszych opadów, np. miesiąca czerwca, natomiast wartość produkcyjna wyższych dawek obornika zależy od późniejszych opadów w miesiącach lipcu lub sierpniu. Okazało się, ta korelacja jest bardzo wyraźna i charakteryzuje się współczynnikiem korelacji wahającym się w granicach $r = +0,85$ do $+0,97$.

Podobnie i rzędowe stosowanie obornika, opracowane przez Misterskiego i współpracowników (1955) oraz przez Górskiego i Kuszelewskiego (1955) polega na zmniejszeniu powierzchni styku obornika z glebą, a tym samym na obniżeniu intensywności wysychania obornika. Okazało się na podstawie materiałów doświadczalnych, dostarczonych w pracy Misterskiego i współpracowników (1955), że różnica pomiędzy wartością produkcyjną obornika rozścielanego na całej powierzchni w stosunku do tej samej dawki obornika, stosowanego rzędowo w bruzdy była proporcjonalna do różnicy opadów w miesiącu czerwcu i lipcu; wysokie opady miesiąca czerwca umożliwiały bowiem dobre wykorzystanie obornika rozścielnego na całej powierzchni gleby, natomiast wysokie opady miesiąca lipca przyczyniały się do lepszego wykorzystania obornika stosowanego rzędowo w bruzdy.

2. Przez stosowanie obornika o wyższym stopniu rozkładu

Jest rzeczą zupełnie zrozumiałą, że kiedy pierwsza faza rozkładu wykazuje przewagę procesów syntezy, to druga faza rozkładu będzie wykazywać przewagę procesów odbudowy. Z tego powodu należy przewidywać, że na suchych glebach raczej byłoby wskazane stosowanie oborników silniej rozłożonych. Wniosek ten, który można uważać jako efekt dedukcji, znalazł potwierdzenie w doświadczeniu Instytutu Torfowego (Niklewski i współpr. 1955), którego wyniki w skróceniu zestawione są w tabeli 1.

W doświadczeniu tym obniżoną wilgotność gleby otrzymywano przez przykrycie gleby ściółką torfową, która nie dopuszczała do powierzchni gleby małych opadów, tylko je pochłaniała, a następnie bardzo łatwo je wyparowywała.

Na podstawie więc danych, zestawionych w tabeli 1, okazuje się, że słabo rozłożony obornik, podlegający procesowi rozkładu w stosie zaledwie przez 24 dni, na skutek obniżenia wilgotności gleby wykazał obniżenie war-

tości produkcyjnej o 90%, podczas gdy dobrze rozłożony obornik w stosie w okresie 163 dni, pod wpływem przykrycia gleby ściółką torfową obniżył swą wartość produkcyjną zaledwie o 15%.

TABELA 1

Wpływ zmian wilgotności gleby na wartość produkcyjną obornika w różnym stopniu rozkładu

Warunki wilgotności gleby	Obornik rozścielony późną jesienią i natychmiast przyorany Czas rozkładu w stosach = 24 dni Zwyżki w plonach korzeni buraków past. q/ha	Obornik rozścielony wiosną i natychmiast przyorany Czas rozkładu w stosach = 163 dni Zwyżki w plonach korzeni buraków past. q/ha
Wilgotność normalna	+83	+84
Wilgotność obniżona	+ 8	+69

3. Przez zastąpienie ściółki słomowej ściółką torfową

Zarówno badania mikrobiologiczne, jak i chemiczne wykazały, że ściółka torfowa, która przez tysiące lat znajdowała się w złożu i nie podlegała procesowi rozkładu, także i w oborniku będzie stosunkowo odporna na proces rozkładu i będzie hamowała proces syntezy białka bakteryjnego. W ten sposób można jedynie wytłumaczyć, dlaczego w doświadczeniach Priansznikowa, Pieriturina i innych obornik torfowy reprezentuje średnio o 30% wyższą wartość produkcyjną aniżeli obornik słomowy, pomimo że słoma roślin zbożowych zawiera znacznie więcej składników pokarmowych aniżeli ściółka torfowa. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Instytut Torfowy okazało się również, że wartość obornika torfowego w stosunku do obornika słomowego jest tym większa, im porównywane oborniki miały niższy stopień rozkładu, podczas gdy wartości produkcyjne oborników dojrzałych w warunkach dostatecznych ilości opadów w czerwcu nieznacznie się różniły.

Przy wynikach tych doświadczeń należy jeszcze zwrócić uwagę na fakt, że w warunkach suszy może jeszcze odgrywać rolę większa pojemność wodna ściółki torfowej, która z reguły powoduje większą wilgotność obornika torfowego niż słomowego przy tej samej dawce ściółki.

II. CZY ROZKŁAD NAWOZÓW ORGANICZNYCH NALEŻY PROWADZIĆ W WARUNKACH AEROBOWYCH CZY ANAEROBOWYCH?

Problem ten wysunął się na plan pierwszy w dziedzinie gospodarki obornikowej w ciągu ostatnich 60 lat. W ciągu tego okresu czasu poglądy na ten temat ulegały bardzo poważnym zmianom, przy czym okres ten można podzielić na trzy następujące fazy:

1 faza — do roku 1910 obejmowała na terenie Niemiec okres, w którym dominowała głęboka obora, czyli rozkład w warunkach anaerobowych,

2 faza — od 1911 do 1945 obejmowała okres płytkich obór i przechowywanie obornika na gnojowniach, przy czym warunki rozkładu stawały się coraz bardziej aerobowe, osiągając punkt kulminacyjny przy wprowadzeniu koncepcji gorącej fermentacji obornika według metody Krantza,

3 faza — od roku 1946 do chwili obecnej wykazuje nawrót do sposobów anaerobowych przechowywania obornika, przy czym powracają głębokie obory. Badacze niemieccy doszli do wniosku, że najkorzystniejszą metodą przechowywania obornika jest metoda czysto anaerobowa, polegająca na przechowywaniu obornika z bardzo niewielką ilością ściółki, 2 kg na sztukę dziennie, przy dodatku wody. Jest to metoda stosowana od dawna w gospodarstwach górskich przy przechowywaniu odchodów pod nazwą gnojowicy. Zdaniem tych specjalistów będzie można tą drogą w znacznym stopniu zmechanizować wywożenie i stosowanie odchodów zwierzęcych.

Przyczyny tego rodzaju ewolucji sposobów przechowywania obornika były bardzo różne. Przejście z głębokich obór na obory płytkie było spowodowane przejściem najintensywniejszych gospodarstw z płodozmianu trójpolowego na płodozmian czteropolowy, co w konsekwencji spowodowało zwiększenie powierzchni użytków zielonych, zwiększenie pogłowia bydła oraz niedobory ściółki. Istotnie w gospodarstwach najintensywniej prowadzonych wystąpiły niedobory ściółki, tak że przejście na obory płytkie było w zupełności uzasadnione. Nie uzasadnione natomiast w zupełności było powstanie mody przechodzenia w Niemczech wszystkich gospodarstw bez wyjątku na płytkie obory, przy czym przechowywanie obornika na gnojowniach stało się bardzo pracochłonne, szczególnie gdy uwzględni się wywożenie na pole gnojówki. Niezależnie od wyników badań naukowych powstało wówczas hasło przeprowadzania rozkładu w warunkach aerobowych. Pod wpływem tych prądów początkowo wgłębione gnojownie stają się coraz bardziej płaskie. Wreszcie punktem kulminacyjnym tego kierunku rozkładu obornika na drodze aerobowej staje się koncepcja gorącej fermentacji obornika wg metody Kratza. Polega ona na układaniu obornika w pryzmie podzielonej na trzy równe części, przy czym na jednej trzeciej pryzmy układa się obornik w warstwie 60—90 cm, układa się go luźno początkowo nie udeptyując, tak że w ciągu trzech dni obornik pod wpływem silnego przewietrza-

nia mocno się zagrzewa, osiągając nieraz temperaturę około 65°C. Po osiągnięciu takiej temperatury trzeciego dnia rozkładu obornik mocno się udeptytuje osiągając w ten sposób mocne obniżenie temperatury.

Tą drogą otrzymywany tak zwany obornik szlachetny uchodził za najlepszy nawóz organiczny. Metoda gorącej fermentacji obornika odegrała dużą rolę w nauce nawożenia, bowiem w latach 1930/37 zagadnieniem przechowywania obornika zajęło się szereg pracowni chemii rolnej zarówno w Niemczech, jak i w Polsce, w Czechosłowacji i w Związku Radzieckim, badając metodę gorącej fermentacji obornika przez porównywanie jej z innymi metodami przechowywania obornika. Badania nad metodą gorącej fermentacji przeważnie ograniczały się do ustalenia bilansu azotowego oraz ewentualnie bilansu innych składników pokarmowych.

Ujemną stroną tych badań było zbyt słabe zainteresowanie się materiałami wyjściowymi, wchodzącymi w skład obornika. Pierwszy Bucher (1943) zwrócił uwagę, że nie jest rzeczą obojętną, jakiej wysokości dawki ściółki na jedną sztukę bydła dziennie będą stosowane. Badania jego wykazały, że podczas gdy dawka ściółki jest niska, wówczas metoda gorącej fermentacji obornika nie wywołuje specjalnych strat azotowych, natomiast jeśli dawka ściółki jest nadmiernie wysoka, wówczas gorąca fermentacja wpływa szczególnie szkodliwie na proces rozkładu obornika przyczyniając się do wydatnego zwiększania strat azotowych.

Problem dawek ściółki na jedną sztukę bydła dziennie był wszechstronnie badany przez badacza niemieckiego K ö h n l e i n a (1955) oraz przez badacza holenderskiego K o l e n b r a n d e r a (1955). Na podstawie tych badań okazało się, że dawka ściółki jest zasadniczym elementem regulującym w oborniku dostęp powietrza. Badania przeprowadzano głównie nad chemizmem przemian zachodzących w oborniku w czasie procesu rozkładu. K o l e n b r a n d e r (1955) opracowuje syntezę wszystkich badań i dochodzi do wniosku, że podnosząc dziennie dawki ściółki z 4 do 5 kg na jedną sztukę natrafia się na gwałtowne zwiększanie strat azotowych i nadmierne spalanie się masy organicznej. Autor ten dochodzi do wniosku, że mylny jest pogląd w praktyce rolniczej, jakoby obornik zwiększał swą wartość produkcyjną przez zwiększanie dawek ściółki. Zdaniem tego autora przez doprowadzanie większej ilości węgla w ściółce otrzymuje się obornik o mniejszej zawartości węgla, na skutek zwiększenia strat węgla, spowodowanych silniejszym przewietrzeniem materiału przy wyższych dawkach ściółki.

Ujemną stroną badań niemieckich była ich jednostronność i czysto chemiczne ich nastawienie, przy równoczesnym traktowaniu doświadczeń polowych z badanymi chemicznie obornikami tylko marginesowo. Stanowisko badaczy niemieckich byłoby zupełnie poprawne, o ile istotnie wartość produkcyjna obornika polegałaby jedynie na zawartości składników pokarmo-

wych. Jednakże już materiały z poprzedniego rozdziału niniejszej pracy wskazują, że wartości produkcyjnej obornika nie da się sprowadzić do działania składników pokarmowych. Okazało się, że czynnikiem decydującym o wartości produkcyjnej obornika jest dostateczna ilość wody w ściśle określonym czasie, a mianowicie w warunkach klimatycznych Polski w miesiącu czerwcu. Studia nad wpływem wody na wartość produkcyjną obornika i osiągnięcie dość zgodnych korelacji dały impuls również i do przeprowadzenia doświadczeń polowych nad wpływem różnych dawek ściółki na jedną sztukę bydła dziennie, w różnych warunkach wilgotności gleby, na wartość produkcyjną obornika. Już w roku 1945, bezpośrednio po przejściu frontu autor przystąpił do przeprowadzenia pierwszego tego rodzaju doświadczenia na terenie Podkarpacia — w Grabownicy Starzeńskiej niedaleko Brzozowa. Doświadczenie to kontynuowano przez okres trzech lat, przy czym zwyżki w płonach suchej masy w okresie trzech lat zestawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Zwyżki w płonach suchej masy za okres trzech lat wywołane obornikami o różnych warunkach aeracji w czasie rozkładu w stosach

Warunki aeracji obornika	Zwyżki suchej masy wywołane obornikiem o dawce ściółki na sztukę dziennie	
	3 kg mq/100 q obornika	9 kg q/100 q obornika
Natychmiast udeptywany	1,42	7,68
Udeptywany po 3 dniach	2,75	6,45

Jak widać więc z powyższych danych, w warunkach obfitujących w opady na Podkarpaciu wysokie dawki ściółki dają kilkakrotnie wyższe wartości produkcyjne obornika aniżeli niskie dawki ściółki. Okazało się również, że dla każdego warunków wilgotnościowych w glebie istnieje pewien optymalny stosunek powietrza do wody w oborniku. Wykładnikiem tego prawa jest fakt, że luźne ułożenie obornika i pozostawienie go na stosie przez okres 3 dni dodatnio wpływa na wartość produkcyjną obornika o 3 kg ściółki na jedną sztukę bydła, natomiast wpływa niekorzystnie na wartość produkcyjną obornika o dawce 9 kg ściółki na sztukę dziennie. Dane zestawione w tabeli 2 wskazują również, że wysokość dawki ściółki w znacznie wyższym stopniu może wpływać na dostęp powietrza do rozkładającej się masy obornika aniżeli luźne ułożenie obornika w ciągu trzech pierwszych dni rozkładu.

Z kolei nasuwa się pytanie, jaki wpływ wywiera zwiększony dostęp powietrza do rozkładającej się masy organicznej na chemizm otrzymywanych produktów. W doświadczeniu, przeprowadzonym przez Z. Kamińskiego, cytowanym przez B. Niklewskiego (1948) okazuje się, że przy końcu procesu rozkładu, podczas gdy obornik zimny zawiera w stosunku do masy ogólnej 0,41% rozpuszczalnej próchnicy, to obornik fermentowany według metody Kratza zawiera rozpuszczalnych form próchnicy 0,75%, czyli prawie dwukrotnie więcej niż obornik zimny.

Na podstawie badań Grzesiaka (7) okazuje się, że dostęp powietrza do rozkładającego się obornika wywiera dominujący wpływ na tworzenie się rozpuszczalnych w wodzie form próchnicy, obornik fermentowany w warunkach laboratoryjnych, przy ograniczonym dostępie powietrza po 14 tygodniach zawiera 0,48% rozpuszczalnych w wodzie form próchnicznych, a przy silnym przewietrzaniu zawiera 2,42% rozpuszczalnych form próchnicznych.

Kononowa (1955) przytacza dane Muldera, według których kwasy huminowe nie rozpuszczalne w wodzie zawierają 33,48% tlenu, podczas gdy rozpuszczalne w wodzie kwasy krenowe zawierają tlenu 47,90%.

Według koncepcji Gumińskiego (1953, 1955) i Bacha (Christiewa 1951) związki próchniczne rozpuszczalne w wodzie, powstające przy rozkładzie masy organicznej w warunkach aerobowych, będąc akceptorami wodoru wywierają wpływ na kompleks oksyredukcyjny gleby, a tym samym ułatwiają pobieranie tlenu ze środowiska glebowego przez korzenie roślin.

W ramach prac Instytutu Torfowego przeprowadzono następnie doświadczenia nad porównaniem działania na rozwój roślin obornika podlegającego rozkładowi w warunkach aerobowych z działaniem nawozowych preparatów z torfu, otrzymanych na drodze chemicznej. Prace poszły w dwóch kierunkach:

1. w kierunku określenia wpływu na rozwój roślin tych dwóch nawozów na dwóch typach gleb,
2. w kierunku zastępowania wzajemnego tych dwóch nawozów w warunkach nadmiernej wilgotności.

Przy przeprowadzaniu badań nad działaniem na rozwój roślin obornika fermentowanego na zimno i gorąco i przy ustaleniu wpływu na rozwój roślin preparatów nawozowych z torfu na dwu różnych typach gleb okazało się, że obornik zastosowany na ciężkiej madzie przez trzy lata wykazywał zgodnie przewagę gorącej fermentacji nad zwykłym przechowywaniem, na glebie lekkiej zaś odwrotnie — przewagę wykazywał obornik zimny. Działanie preparatów występowało natomiast jedynie na lżejszym typie gleb, o dość silnie rozwiniętych procesach bielicowania, zaś na glebach ciężkich preparaty działały ujemnie na rozwój roślin.

Przeprowadzone natomiast doświadczenia w roku 1956 przy nadmiernych ilościach opadów (847 mm) wykazały bardzo zbliżone działanie nawozów organicznych, fermentowanych w warunkach aerobowych, do działania preparatów nawozowych z torfu, jak to wskazują dane zestawione w tabeli 3.

TABELA 3

Wpływ preparatów torfowych na plony buraków pastewnych
na tle działania oborników o 3 i 9 kg ściółki na sztukę
dziennie

Lp.	Wyszczególnienie	Obornik rozścielony i przyorany q/ha	Obornik zastosowany w bruzdy q/ha	Obornik zastosowany w bruzdy z dodatkiem wody q/ha
1	Bez nawożenia	766		
2	Obornik 3 kg ściółki torfowej—plony	823	728	783
	Zwyżki w plonach	+ 57	— 38	+ 17
3	Ob. 3 kg torfu + preparat — plony	883	921	875
	Zwyżki wywołane preparatem	+ 60	+193	+ 92
4	Obornik 9 kg ściółki torfowej	924	909	948
	Zwyżki wywołane obornikiem	+158	+143	+182
5	Ob. 9 kg torfu + prep.	810	782	896
	Zwyżki wywołane preparatem	—114	—127	— 52

Z danych zestawionych w tabeli 3 okazuje się, że w warunkach nadmiernej ilości opadów, podobnie jak w doświadczeniu przeprowadzonym w Grabownicy Starzeńskiej obornik o niskich dawkach ściółki działa bardzo słabo, a nawet przy zastosowaniu go rzędowo w bruzdy działa ujemnie. Okazuje się, że dodatek do tego obornika preparatów z torfu przy dawce rozpuszczalnych form próchnicznych 8 kg na ha daje bardzo wysokie zwyżki plonów sięgające aż do 193 q/ha. Natomiast obornik, otrzymany na drodze aerobowej, o wysokich dawkach ściółki, daje bardzo wysokie wartości produkcyjne, sięgające do 182 q/ha, jednakże dodatek preparatów nawozowych powoduje jedynie obniżenie plonów, i to nawet do wysokości — 127 q/ha.

Z powyższych danych można by wysnuć wniosek, że dla każdego układu warunków przewietrzania w glebie istnieje pewne optimum układu kompleksu oksydującego w nawozach, co można uregulować przez doprowadzenie

odpowiedniej ilości powietrza w czasie rozkładu w stosach. Regulację warunków tlenowych w czasie rozkładu w stosach można zapewnić przez dostosowywanie do warunków glebowych odpowiednich dawek ściółki względnie przez pozostawianie obornika luźno ułożonego w ciągu trzech pierwszych dni rozkładu na stosie.

Regulacja warunków tlenowych przez pozostawianie obornika w rozściele na polu. Problem ten wysunęli praktycy niemieccy, jak *Richt hofen* (*Niklewski* 1948), gospodarujący na ciężkich glebach niedaleko Wrocławia, i *Schlange-Schöningen* (1930) uważany za czołowego praktyka okresu międzywojennego na terenie Niemiec. W Polsce natomiast *Górski* (1956) zajął w stosunku do tego sposobu stosowania obornika stanowisko negatywne, opierając się na wynikach duńskich doświadczeń z Askov oraz doświadczeń, przeprowadzonych w okresie międzywojennym w Poświętnym. Sprzeczność tego rodzaju poglądów wywołała dyskusję w roku 1948 na łamach prasy i dała impuls do przeprowadzenia kilku doświadczeń na ten temat na terenie naszego kraju. Tego rodzaju doświadczenia przeprowadzono w Baborówku, w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG, w Instytucie Torfowym oraz w kilku innych zakładach doświadczalnych. Reasumując wyniki przeprowadzonych doświadczeń można by wysnuć następujące wnioski.

1. Problem wywołania obornika na pole w okresie zimy ma szczególnie doniosłe znaczenie praktyczne dla państwowych gospodarstw rolnych, cierpiących na niedobory rąk do pracy, i umożliwia przyspieszenie siewów wiosennych.

2. Pozostawienie w rozściele obornika w okresie zimy, jakkolwiek powoduje straty azotu mineralnego w oborniku, jednakże przyczynia się do przeprowadzenia pewnej fazy procesu rozkładu w warunkach aerobowych, co ma szczególnie doniosłe znaczenie w warunkach o dostatecznej ilości opadów w okresie miesięcy letnich, a zwłaszcza w miesiącu czerwcu.

3. Biorąc pod uwagę dwa przeciwstawne procesy w oborniku leżącym na powierzchni pola — straty azotu i rozkład przy dostępie tlenu należy wziąć pod uwagę, że straty azotowe następują najintensywniej już w pierwszych godzinach i dniach leżenia na polu, natomiast rozkład na drodze aerobowej jest procesem znacznie wolniejszym i długo falowym.

4. Straty azotowe występują szczególnie w takim oborniku, który zawiera duże ilości mineralnych form azotu, czyli w oborniku, zawierającym duże ilości odchodów płynnych — z głębokiej obory i w oborniku bardzo młodym, w którym jeszcze nie odbył się proces syntezy azotu mineralnego na azot białkowy.

Wydają się przeto zupełnie zrozumiałe wyniki przeprowadzonych doświadczeń, według których okazuje się, że rozścielanie obornika w okresie zimy jest niewskazane w Krainie Wielkich Dolin, zwłaszcza w rejonach

cierpiących na niedobory opadów w czerwcu, i to szczególnie przy stosowaniu obornika z głębokich obór. Natomiast wskazane jest używanie tego sposobu w rejonach o większych ilościach opadów, gdzie przeważnie są płytkie obory.

WNIOSKI

Wyniki badań nad ekologią nawozów organicznych rzucają nowe światło na dynamizm ich działania na rozwój roślin. Okazuje się, że nie można ograniczać ich działania do składników choćby najbardziej potrzebnych w życiu rośliny, lecz trzeba wziąć pod uwagę całą dynamikę przemian w kompleksie procesów, zachodzących w czasie rozkładu w stosach, jak i w późniejszych fazach w glebie. Na podstawie otrzymanych wyników okazuje się, że rolę dominującą w życiu roślin odgrywają dwa podstawowe czynniki woda i tlen, lecz może w jeszcze wyższym stopniu wystąpiła rola stosunków ilościowych tych obu składników wody do tlenu. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń okazuje się, że za pośrednictwem związków próchnicznych można wprowadzić regulację stosunku tlenu do wody w warunkach glebowych, i dlatego w warunkach gleb ciężkich należy stosować nawozy organiczne poddawane procesowi rozkładu w przewadze warunków aerobowych wg metod gorącej fermentacji, natomiast w warunkach gleb lżejszych przy niedoborach wody raczej należy stosować nawozy organiczne fermentowane w warunkach ograniczonego dostępu powietrza, stosując natychmiastowe udeptywanie.

ZUSAMMENFASSUNG

In Anlehnung an die physiologischen Untersuchungen, welche in Wasserkulturen bezueglich der Wirkung von wasserloeslichen Humussubstanzen auf die Pflanzenentwicklung durchgefuehrt wurden, werden seit 25 Jahren Studien bezueglich der Ekologie der Zersetzungsprozesse und ueber die Wirkung dieser Prozesse auf die Pflanzenentwicklung in Feldversuchen angestellt. Die Resultate dieser Versuche fuehren zur Loesung zweier Grundprobleme:

1. WORAUF IST DIE WIRKUNG DER ORGANISCHEN DUENGER ZURUECKZUFUEHREN?

Die Antwort auf diese Frage bildete die Grundlage des Zweispaltes zwischen der Ansicht von A. Th a e r und seiner Nachfolger, welche die Wirkung der organischen Duengeumittel auf die Humuswirkung zurueckfuehrten und der Ansicht Liebig's und seiner Anhaenger, welche die Wirkung der organischen Duenger auf die Gehalt der Mineralbestandteile zurueckfuehrten, wobei den Humussubstanzen Sorptionswirkung und Bodenstruktur Bildung zugeschrieben wurden.

Um diese Fragen zu beantworten ist in Feldversuchen besonders auf den Charakter der Zersetzungsprozesse der organischen Substanz Rücksicht zu nehmen. In den ersten Phasen des Zersetzungsprozesses erfolgt die Mineralisierung des Eiweisses, wobei Amide, Ammoniak, Salpetrigsäure und Salpetersäure Salze entstehen. In der weiteren Phase des Zersetzungsprozesses erfolgt die Synthese in komplizierter Eiweissverbindungen der Bakterienleiber. Im weiteren Verlauf der Prozesse wird durch die Bakterien die organische Substanz abgebaut, und es entstehen Humusverbindungen, eine weitere Folge ist die Mineralisierung der Eiweissubstanz der Bakterienleiber. Im Zersetzungsprozesse nehmen also Teil einander entgegensetzt wirkenden Prozesse: Abbau und Synthese.

Im Prozesse der Entwicklung der Pflanze welche mit Stallmist gedüngt ist, herrscht die Aufnahme der Nährstoffe in Mineralform vor und diese werden im Pflanzenorganismus synthetisiert. Die Aufnahme der Mineralstoffe erfolgt anfangs in mässiger Masse, nimmt aber entsprechend der Pflanzenentwicklung an Intensität zu, steigt bis zum Kulminationspunkt nach dem Zeitpunkt der Aehrenbildung bzw. der Organbildung, in denen die Pflanze das Material speichert, dann lässt die Aufnahme ab bis zur Reife. Die Produktionskraft der organischen Dünger hängt also vom der richtigen Synchronisierung des Zersetzungsprozesses der organischen Substanz mit der Intensität des Ablaufes der synthetischen Prozesse im Pflanzenorganismus. Dies kann auf folgende Weise erzielt werden:

1. Durch reichliche Regenmengen zu einer Zeit reichlichen Bedarfes an Nährstoffen — in Polen ist dieser kritische Zeitpunkt fuer die Produktionskraft der organischen Dünger Monat Juni. Fuer die Anwendung hoeherer Gaben bzw. fuer die Reihendüngung sind die Regenfälle des Juli und August entscheidend.

2. In trockenen Boeden kann man die Produktionsfähigkeit der organischen Dünger dadurch heben, dass man den Dünger in sehr gut verrottetem Zustande in den Boden bringt (nach 6—8 monatiger Zersetzung in der Düngemiet). Unter diesen Bedingungen ist der entscheidende Produktionsfaktor des Stallmistes die Temperatur des Milieus im Zeitpunkte des groessten Verbrauches der Nährstoffe durch die Pflanze.

3. Man kan gleichfalls die Intensität des Zersetzungsprozesses im organischen Dünger durch den Zusatz von Streu herabsetzen, welche den Syntheseprozess hemmen, zb. durch Zusatz von Torfstreu anstatt Strohhau.

2. MUSS DER ZERSETZUNGSPROZESS DER ORGANISCHEN MASSE FÜR
DÜNGUNGSZWECKE UNTER ANAEROBEN ODER AEROBEN
BEDINGUNGEN ERFOLGEN?

Es ist die zweite Hauptfrage fuer die organische Düngung. Zur Wende des XIX/XX Jahrhunderts wurde der Mist zum groessten Teil im Tiefstall, also in anaeroben Bedingungen zersetzt, dagegen erfolgte im Zeitraum 1925/35

der Zersetzungsprozess groessten Teils unter aeroben Verhaeltnissen, als sich die Idee der Heissfermentation Verbreitung fand. Jetzt wird die Idee der Zersetzung des Mistes unter anaeroben Verhaeltnissen gefoerdert die deutschen Agrikulturchemiker foerdern die Idee des Silomistes, welcher eine Mechanisierung des Transportes und gute Verwendung im Felde ermoeeglicht.

Die bisherigen Feldversuche fuehren zu dem Schluss, dass auf schweren Boeden bei Mangel an Sauerstoff ein Mist anzuwenden ist der sich in aeroben Bedingungen zersetzt hat, dagegen in trockenen und sandigen Boeden ist ein Mist zu verwenden, welcher anaerob fermentiert ist.

Gleichfalls ist das Breiten des Duengers im Felde waehrend des Winters dann anzuraten, wenn die Regenfaelle in Juni reichlich genuegend sind.

Entsprechend obiger Eraegungen scheint es ratsam zu sein in den Gebieten reichlicher Feuchtigkeit also im Vorgebirge und in der Zone der Meerkueste den Mist der aeroben Zersetzung auszusetzen. Dagegen im Gebiet der grossen Thaeler, also im Zentralgebiete des Landes sind die Bedingungen der anaeroben Zersetzung vorzuziehen. Der Feuchtigkeitsmangel im Boden wird durch den Ueberschuss an Feuchtigkeit im Stallduenger waerend der Zersetzung ausgeglichen. Dort wo hinreichende Niederschlagsmengen herrschen, befinden sich groessere Flaechen an Gruenland mit groessere Menge an Vieh und der Mangel an Stroh fuehren zur Stallmistproduktion unter anaeroben Bedingungen. Die Versuche zeigen kann man diesen Sauerstoffmangel ausgleichen, und zwar durch Anwendung von Torfpraeparaten, welche loesliche Humussubstanzen enthalten. Dagegen in Zentralgebieten des Landes ist Tiefstallmist zu verwenden, welcher unter anaeroben Bedingungen verrottet wird.

LITERATURA

1. Birecki M., Kaczorek S., 1955, Nawożenie ziemniaków w świetle doświadczeń polskich (1910—1939), Roczn. Nauk Roln. 72 A (2).
2. Bucher R., 1943, Stallmistbereitung und zusätzliche Herstellung von Strohkompst, Berlin.
3. Christiewa L. A., 1951, Rol guminowej kisloty w pitaniu rastienii i guminowyje udobrenija. Raboty po organiczeskom wieszczestwu poczwy, Trudy Poczw. Instituta im. W. W. Dokuczajewa.
4. Górski M., 1956, Nawozy organiczne, P. W. R. L., Warszawa.
5. Górski M., Chmielewski H., 1930, Działanie obornika w świetle doświadczeń polowych, Puławy.
6. Górski M., Kuszelewski L., 1955, Korzyści rzędowego stosowania obornika pod ziemniaki, Nowe Rolnictwo 3.
7. Grzesiak A., nie publ.
8. Gumiński S., Gumińska Z., 1953, Dalsze badania nad mechanizmem próchnicy na organizm roślinny, Acta Soc. Bot. Pol. 22 (1).
9. Gumiński S., Czerwiński W., Unger E., Bacowa A., 1955, Badania nad oddychaniem korzeni Cz. I., Acta Soc. Bot. Pol. 24 (4).

10. Köhnlein J., Vetter H., 1955, Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde B 63 (3).
11. Kolenbrander G. J. L., 1955, (Groningen) Die Verluste in organischer Substanz in Stalldünger, Zeitschr. für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde B 63 (2).
12. Kononowa M., 1955, Zagadnienie próchnicy glebowej (tłumaczenie), P.W.R.L., Warszawa.
13. Misterski W., Andrzejewski M., Zdziebłowski G., 1955, Rządowe stosowanie obornika, Nowe Rolnictwo 3.
14. Misterski W., Andrzejewski M., Zdziebłowski G., 1956, Badania nad zimowym rozstrząsaniem obornika, Roczn. Nauk Roln. 73 A (3).
15. Niklewski B., 1948, Nawożenie na ziemiach polskich, Poznań.
16. Niklewski M., 1935, Produkcyjność różnych dawek obornika, Rolnik.
17. Niklewski M., 1949, Żyzność gleb. Wpływ opadów na wykorzystanie wzrastających dawek obornika stosowanych pod buraki cukrowe, Roczn. Nauk Roln. 53.
18. Niklewski M., 1951, Agrobiologiczne podstawy gospodarki nawozami organicznymi, Prace Inst. Torfowego.
19. Niklewski M., Jaszowski W., Rekieciowa J., 1957, Badania nad sposobami zastosowania ściółki torfowej w kombinacji z obornikiem, Torf Nr 1, Rok II.
20. Schlang-Schöningen H., 1930, Landwirtschaft von Heute, Berlin.