



H. BIRECKA

NAWOŻENIE W PŁODOZMIANIE TRAWOPOLNYM¹

Zagadnienie nawożenia roślin w płodozmianie trawopolnym jako trzecie jego ogniwo (bo jak wiadomo, płodozmian trawopolny składa się z trzech systemów, a mianowicie z systemu rotacji, uprawy i nawożenia) jest tak obszerne, że wymagałoby właściwie szerszego omówienia w kilku artykułach. W niniejszym artykule ograniczę się do omówienia jedynie niektórych węzłowych problemów związanych z systemem nawożenia.

Przede wszystkim należy podkreślić zasadniczą zmianę, jaką wprowadza Williams do pojęcia systemu nawożenia. Główna teza wysuwana przez Williamsa w jego walce z tak zwaną „mineralną chemią rolną“, w ustalaniu nowych zasad nawożenia głosi, że nie należy nawozić gleby, ale roślinę poprzez glebę. Druga jego teza ściśle związana z pierwszą brzmi, że zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe jest nierozłącznie związane z zagadnieniem zaopatrzenia ich w wodę w czasie i w przestrzeni“, a więc ze strukturą gleby, przy czym osiągnięty wynik zależy od stanu gleby, na jakiej roślina rośnie. Inaczej mówiąc, trzeba tak stosować nawozy, aby roślina uprawna w największym stopniu i najbardziej produktywnie wykorzystwała składniki pokarmowe.

Z tych tez Williamsa wynika jasno, że obiektem nawożenia jest roślina, a nie gleba. Niestety z historycznego rozwoju naszej chemii rolnej wynika, że nauka ta jeszcze teraz, jako obiekt nawożenia traktuje bardzo często nie roślinę, ale glebę, chociaż pozornie mogłoby się wydawać inaczej. Sam fakt, że wszystkie osiągnięcia tej dziedziny nauki dotyczą przeważnie badań właściwości fizycznych i chemicznych samych nawozów, procesów fizycznych i chemicznych, przebiegających w układzie gleba-nawóz, zbadania tylko ostatecznych zawartości składników pokarmowych w już dojrzałych roślinach świadczy o tym, że na fizjologiczne właściwości rośliny, na ich stosunek do składników pokarmowych w procesie rozwoju prawie nie zwracano uwagi.

Jeśli jeszcze wziąć pod uwagę i to, że zagadnienie stosunku między roślinami uprawnymi i mikroflorą glebową nie było prawie zupełnie rozpatrywane u nas, to dojdziemy do wniosku, że w zagadnie-

¹ Koreferat wygłoszony na Konferencji w Kuźnicach.

niach żywienia nie tylko nie braliśmy pod uwagę właściwości samej rośliny ale i glebę traktowaliśmy jako twór martwy a nie żywy.

Nie tylko fakty powyższe świadczą o tym, że dotychczas zagadnienie nawożenia często odrywano od właściwości żywych roślin i od ich współżycia z mikroflorą glebową, że zagadnienie to traktowano czysto mechanistycznie, istnieje na to jeszcze wiele innych dowodów, z których wymienię w tej chwili teorię pełnego zwrotu glebie tego, co roślina pobrała lub też tzw. współczynniki wykorzystania nawozów itp. Do tych ostatnich zagadnień powrócę niżej, a tutaj poruszę sprawę obiektu nawożenia, a więc — roślinę, tj. fizjologiczną stronę zagadnienia.

Celem naszym jest żywienie rośliny, dlatego przede wszystkim musimy wziąć pod uwagę biologiczne jej właściwości.

Biologiczne właściwości roślin stanowią jeden z najważniejszych czynników warunkujących efektywność różnego rodzaju nawozów, ich połączenia we wszystkich warunkach glebo-klimatycznych. Przy czym musimy stwierdzić, że wymagania pokarmowe roślin, uwarunkowane ich właściwościami biologicznymi, są różne u różnych gatunków, a nawet u różnych odmian tego samego gatunku. Liczne doświadczenia wykazały, że określenie gatunki „silnie lub słabo reagujące na nawożenie“ jest niesłuszne. Późne odmiany ziemniaka na przykład reagują słabiej, wczesne natomiast silniej. A więc widzimy, że reakcja rośliny na żywienie zależy także i od właściwości odmiany, co dotychczas zostało przez chemię rolną w minimalnym stopniu opracowane, a często nawet tego momentu w doświadczeniach nie bierze się pod uwagę.

Mówiąc o różnych wymaganiach pokarmowych roślin w zależności od gatunków i odmian, należy wziąć pod uwagę także zmienność w wymaganiach pokarmowych w trakcie ontogenezy. Pełna znajomość tej zmienności jest podstawowym warunkiem racjonalnego żywienia roślin.

Jeśli zgodzić się z twierdzeniem prof. S i s a k j a n a, że żywienie, pokarm, jest to zewnętrzna strona przemiany materii, to jasną jest rzeczą, że w świetle nowych pojęć agrobiologicznych powstaje potrzeba opracowania nowych, bardziej doskonałych sposobów żywienia roślin, opartych przede wszystkim na znajomości przemiany materii w organizmach roślinnych. Jeżeli zrobimy krótki przegląd naszych dotychczasowych badań nad wpływem żywienia na roślinę, to musimy stwierdzić po pierwsze, że badania te dotyczyły prawie wyłącznie procesów wzrostu, faz rozwojowych, jak krzewienie, strzelanie w źdźbło, kwitnienie itp., a pomijały stadia rozwojowe. Po drugie, że badania te nie dotyczyły głębszych przemian materii, oprócz np. oznaczenia tempa pobierania składników pokarmowych (bardzo rzadko — form ich występowania w roślinie) lub gromadzenia substancji organicznej w różnych fazach rozwojowych.

Jasne jest, że przy obecnym poziomie fizjologii rozwoju, takie badania związane z żywieniem muszą ulec zmianie, muszą być po-

głębione. Wiemy już, że zasadnicza zmienność fizjologiczna, a więc i zmienność w wymaganiach pokarmowych w ontogenezie, uwarunkowana jest, przede wszystkim stadiami rozwojowymi, że właśnie poprzez zbadanie procesów stadialnych należy szukać okresów przełomowych w ustosunkowywaniu się roślin do warunków zewnętrznego środowiska. Badania Oparina i jego szkoły wykazały, że działalność enzymatyczna, jej kierunkowość, amplituda wahań jest ściśle uzależniona od stadiów rozwojowych. Z drugiej strony wiemy, że plony ściśle zależą właśnie od dynamiki procesów enzymatycznych w roślinie. Czymże łatwiej oddziaływać na te procesy, jeżeli nie składnikami pokarmowymi w kompleksie z innymi czynnikami? Stale mówimy o takich czynnikach, jak temperatura, światło, wilgotność itp., ale regulacja tych czynników w porównaniu z regulacją składników pokarmowych jest w znacznie mniejszym stopniu opanowana przez człowieka. Nie znaczy to, że chcę zastąpić powyższe czynniki czynnikiem mineralnych składników pokarmowych, ale uważam, że właśnie odpowiednie nawożenie w kompleksie z innymi koniecznymi czynnikami pozwoli nam nie tylko na zaspokojenie wymagań rozwojowych roślin, ale nawet na skierowanie ich na pożądane tory, jak np. szybsze dojrzewanie, zmiana jakości plonów. Nieliczne już nawet badania wykazały, że jest to możliwe. Weźmy np. doświadczenia Abolinej nad wpływem fosforanów w stadium jarowizacji na rozwój roślin zbożowych. Działając w tym właśnie stadium fosforem, uzyskała ona o wiele szybszą dyferencjację stożka wzrostu (a wiemy, że dyferencjacja ta jest morfologicznym wskaźnikiem jarowizacji). W związku z tym w jej doświadczeniach rośliny szybciej dojrzewały i dawały jednocześnie wyższy plon, kłosa przy tym były pełniejsze i posiadały więcej ziarn.

Nie należy przez to rozumieć, że jednym czynnikiem pokarmowym możemy zrewolucjonizować roślinę. Chcę tylko zwrócić uwagę na to, że zmieniając koncentrację i stosunki między składnikami pokarmowymi, w kompleksie z innymi koniecznymi warunkami szczególnie w pierwszym okresie rozwoju, możemy w większym lub mniejszym stopniu, zależnie od rośliny, zmienić jej bieg rozwojowy. Mam wrażenie, że całe zagadnienie fosforu, obecnie tak frapujące w związku z jego granulacją i wpływem na rozwój roślin, można będzie tylko wtedy rozwiązać, jeżeli będziemy je badali na płaszczyźnie rozwojowej.

Nie będę tu przytaczała wielu doświadczeń np. Reimersa, Zykowej nad wpływem składników pokarmowych w stadium jarowizacji na dalszy rozwój rośliny. Przytoczę tylko jeszcze jeden bardzo charakterystyczny fakt, który świadczy o tym, jak olbrzymi wpływ na dalszy rozwój rośliny posiada zmiana warunków żywienia w czasie kiełkowania. Chodzi mi o doświadczenia Tujewej z bawełną. W doświadczeniach tych w kombinacjach na stałym tle fosforowym, ale zaznaczam z wysokimi dawkami azotu, autorka otrzymuje kolosalne różnice w dojrzewaniu roślin przy bardzo ma-

łym zróżnicowaniu czasu stosowania nawozu. Kombinacja kontrolna zawierała określoną ilość NP. W kombinacji drugiej dodatkowo dano azot bezpośrednio przed wysiewem, w kombinacji trzeciej po pięciu dniach w porównaniu z kombinacją drugą, to jest po skielkowaniu. Okazało się, że rośliny w drugiej kombinacji dojrzały o dwa tygodnie później niż kontrolne. Rośliny zaś kombinacji trzeciej tylko o 4 dni później. A więc różnica tylko 5 dni w zastosowaniu nawozu na początku rozwoju spowodowała w tym doświadczeniu 11-dniową różnicę w dojrzywaniu. Mam wrażenie, że jest to fakt frapujący. Nie znam rozwoju stadialnego bawełny, ale śmiem przypuszczać, że zjawisko to bezwzględnie jest z tym rozwojem związane. Na potwierdzenie tego należy dodać, że w doświadczeniach tych w zależności od nawożenia zmienia się silnie okres dyferencjacji pączków, a nie okres od kwitnienia do dojrzywania.

Jasne jest, że w badaniach nad wymaganiami pokarmowymi nie można ograniczać się tylko do jednego stadium lub też do jednej fazy rozwojowej, do początkowego rozwoju rośliny — chociaż w tym okresie roślina może być najbardziej wrażliwa na zmiany warunków zewnętrznych.

Odżywianie się roślin składnikami mineralnymi jest procesem odzwierciadlającym zmieniające się w ich ontogenezie wymagania w stosunku do środowiska zewnętrznego. Powszechnie już znane zjawisko, a mianowicie nierównomierność w pobieraniu pokarmów, związane jest z przechodzeniem określonych stadiów i na ich bazie faz rozwojowych. Musimy stwierdzić, że w związku z dążeniem do bardziej racjonalnego żywienia roślin, do zaspokojenia potrzeb rośliny w okresie wegetacji, zarówno u nas jak i w innych krajach, a szczególnie w ZSRR uwagę fizjologów jak i chemików rolnych przyciągały w pewnym stopniu dwa etapy rozwoju roślin, a mianowicie okresy intensywnego pobierania pokarmów, a w niektórych wypadkach etap przejścia rośliny od fazy wegetatywnej do generatywnej, do tworzenia organów generatywnych. Badania te wiązały się z poszukiwaniem tzw. okresów krytycznych u roślin w stosunku do składników pokarmowych. Należy równocześnie stwierdzić, że badania te nie opierały się na teorii rozwoju stadialnego. Większość prac nad ustalaniem krytycznego okresu w żywieniu roślin wiązała to zagadnienie z intensywnym pobieraniem składników pokarmowych przy intensywnym wzroście. Ustalano przy tym dość długie okresy krytyczne więcej niż 10—20-dniowe. Wiadomą jednak jest rzeczą, że intensywność gromadzenia suchej masy jest związana z określonymi fazami wzrastu. U różnych gatunków i odmian zarówno absolutna jak i względna intensywność tego procesu może być różna w jednakowych fazach, (weźmy np. len, owies, jęczmień), przy czym czas trwania i energia pobierania może bardzo różnić się dla różnych składników pokarmowych. Dlatego też słuszniejsze jest twierdzenie Dobrunowa, że u podstawy tzw. okresów krytycznych leży nie intensywność pobierania, ale specyficz-

na reakcja organizmu na działanie składników pokarmowych, wyrażająca się w znacznych zmianach procesów wzrostowych, tempa rozwoju, w znacznych zmianach stosunków między różnymi organami rośliny. Nierównomierność pobierania pokarmów, tak jak i innych procesów, przejawia się w kolejnych zmianach ilościowych w wymaganiach rośliny w stosunku do określonych składników, ale te przeważnie ilościowe różnice w wymaganiach składników pokarmowych w połączeniu z innymi czynnikami wzrostu i rozwoju pociągają za sobą jakościowo różne przejawy rozwoju indywidualnego. Okresy przełomowe, krytyczne, powinny być związane ze zmianą energii przemiany materii i najprawdopodobniej nie trwają one tak długo jak dotychczas stwierdza się w literaturze.

Z próbami szukania okresów krytycznych, właśnie w pewnym stopniu pod tym kątem widzenia spotykamy się w pracach przedwojennych Awdonina. Awdonin stwierdza u roślin okresy krytyczne, w których brak jakichś czynników żywieniowych w maksymalnym stopniu obniża w swych skutkach plon i tak zwane okresy maksymalnej efektywności, w których dodanie składnika pokarmowego daje największą zwyczaję plonu. Autor przy tym stwierdza, że nie zawsze okresy maksymalnej efektywności pokrywają się z okresami krytycznymi, że mogą one występować w innych fazach rozwoju niż okresy krytyczne. Błędem jednakże Awdonina primo jest to, iż mówi on o okresach krytycznych w stosunku do poszczególnych składników pokarmowych, a nie w stosunku do układu między składnikami pokarmowymi, a secundo to, że odrywa w pewnym stopniu okres maksymalnej efektywności od okresu krytycznego, podczas gdy u wielu innych autorów, należy zaznaczyć, okresy te są identyfikowane. Słuszniejsze wydaje się podejście Dobrunowa¹, który twierdzi, że okres efektywnego działania (odpowiednik okresu maksymalnej efektywności Awdonina) jest okresem o wiele dłuższym niż okres krytyczny, że czynniki żywieniowe mogą działać przed i po okresie krytycznym, że okres efektywnego działania może pokrywać się nie z jednym ale z kilkoma etapami ontogenetycznymi. Jak już przedtem zaznaczyłam, w poszukiwaniach za okresami krytycznymi zwracano niekiedy uwagę na okres przejścia z fazy wegetatywnej w fazę generatywną i rzeczywiście ten okres w większości wypadków stanowi etap przełomowy w stosunku do żywienia. Należy jednak stwierdzić, że jak dotychczas jest on bardzo mało zbadany u roślin uprawnych z punktu widzenia żywienia i że najprawdopodobniej w rozwoju rośliny istnieje nie jeden tylko okres krytyczny, ale mamy chyba do czynienia z okresem krytycznym dla organów wegetatywnych rośliny i dla organów generatywnych. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie w wypadku roślin, których zarówno część wegetatywna jak i generatywna ma dla nas gospodarcze znaczenie, jak np. len.

¹ Trudy Instytutu Fiziologii Rastiennij 1950.

Fizjologicznej stronie zagadnienia nawożenia roślin poświęcałam stosunkowo dużo uwagi, z dwóch przyczyn. Pierwszą jest to, że jeżeli uznajemy tezę Wiliamsa za słuszną, że zadaniem chemii rolnej jest nawożenie rośliny a nie gleby, to musimy znać dobrze biologiczne właściwości rośliny i musimy poznać jej jakościowe reakcje na żywieniu składnikami pokarmowymi w ciągu całej ontogenezy.

Najbardziej racjonalne nawożenie roślin, a mianowicie łączenie nawożenia podstawowego z dokarmianiem w ciągu wegetacji, może być tylko w tym wypadku urzeczywistnione, jeśli stosunkowo dokładnie potrafimy poznać biologiczne wymagania roślin i odpowiednio nimi pokierować. Drugą przyczyną jest to, że nasi pracownicy naukowcy z dziedziny chemii rolnej zbyt mało zwracają na te zagadnienia uwagi, że, jak dotychczas, nie ma ścisłej współpracy między nimi i fizjologami. Jeśli zaś chodzi o naszych fizjologów, to ostatnio odbyta wspólna konferencja nasuwa dużo uwag krytycznych, a między innymi należy stwierdzić, że nasze dotychczasowe badania w tej dziedzinie mają wyłącznie charakter przyczynków, i to niestety nie taki, aby móc po zebraniu tych prac stworzyć jakąś syntezę.

Nie chodzi w danym wypadku o krytykę gwoli samej krytyki. Na obecnym etapie rozwoju nauki chcąc, aby nauka spełniła tę rolę, jaką powinna spełnić w społeczeństwie socjalistycznym, jest rzeczą konieczną wytyczenie kierunków badań na przyszłość, badań, któreby odpowiadały jednocześnie naszym potrzebom praktycznym. Musimy sobie otwarcie powiedzieć: mamy w Polsce bardzo mało fizjologów i jeśli pozwolimy sobie nadal na przyczynkarstwo, to w rezultacie mało zrobimy. Fizjologia m. in. stanowi podstawę teoretyczną nawożenia roślin i współpraca między tymi dziedzinami nauki musi być jak najściślejsza. W zagadnieniach żywienia jest dużo bardzo ważnych problemów zarówno teoretycznych jak i praktycznych i tutaj fizjologowie powinni zebrać swe siły, aby pomóc nam w rozwiązaniu tych zagadnień.

Przejdę teraz z obiektu nawożenia, tj. rośliny, do jej siedliska, do gleby, poprzez którą roślinę nawozimy. W danym wypadku poruszę sprawę roli mikroorganizmów jedynie z punktu widzenia żywienia. Dotychczas zagadnienie to jest w tak małym stopniu opracowane zarówno przez mikrobiologię jak i chemię rolną, że trudno właściwie dokładnie wyjaśnić rolę, jaką one odgrywają. Właściwie dopiero w ostatnich czasach mikrobiologia przeszła z badań poszczególnych procesów mikrobiologicznych, przebiegających w glebie, do badań nad znaczeniem w rozwoju roślin uprawnych kompleksów bakterii, tworzących się w strefie korzeniowej poszczególnych roślin. Jeśli chodzi o chemię rolną, to widziała ona rolę mikroorganizmów właściwie w dwóch wypadkach: 1) w procesach biologicznego uwsteczniania nawozów mineralnych, 2) procesach rozkładu trudnoprzyswajalnych związków organicznych. Natomiast zupełnie nie zwracała uwagi na kolosalne znaczenie mikroorganizmów w procesach pobierania pokarmu przez rośliny.

Pierwszym, który na tę sprawę zwrócił uwagę, był właśnie Williams. On nie tylko stwierdził, że przy nawożeniu roślin musimy brać pod uwagę mikroorganizmy żyjące w glebie, gdyż w przeciwnym wypadku mogą one stać się antagonistami roślin, że przygotowują one pokarmy w dostępnej formie dla roślin, ale także i na to, że biorą one udział w samym procesie żywienia, tj. w procesie pobierania składników pokarmowych z gleby. Cóż nam wykazują ostatnie badania nad mikroorganizmami w rizosferze roślin? Wykazują one, że dookoła korzeni roślin w czasie ich wegetacji rozwija się ogromna ilość mikroorganizmów, przy czym na korzeniach każdej rośliny uprawnej rozwija się specyficzna dla niej mikroflora, że wraz z rozwojem roślin następują ciągłe zmiany mikroorganizmów na jej korzeniach. Dookoła korzeni tworzą się strefy różne, zarówno pod względem składu ilościowego jak i gatunkowego. Ba, ostatnio stwierdzono zarówno w badaniach polskich (dr Strzemska) jak i w badaniach radzieckich (Berezowa), że specyficzna mikroflora znajduje się w samych korzeniach, szczególnie wewnątrz włosników korzeniowych, a jak wiemy, właśnie te części korzeni są najbardziej aktywne w pobieraniu pokarmu. Właściwie mówiąc tworzą się trzy strefy mikroorganizmów: pierwsza w samych korzeniach, druga na korzeniach, a trzecia dookoła korzeni we właściwej rizosferze. Czy roślina zachowuje się biernie w stosunku do mikroorganizmów? Nie, wręcz przeciwnie. Jak wiadomo, rozwój mikroorganizmów w strefie korzeniowej jest ściśle związany z wydzielinami korzeniowymi roślin. Stwierdzono przy tym, że skład wydzielin korzeniowych nie tylko jest różny u różnych roślin, ale różny jest w różnych fazach rozwojowych rośliny, ba stwierdzo także, że rośliny wydzielają substancje organiczne pod wpływem podrażnienia korzeni przez mikroorganizmy. Dotychczas uważano, że główną rolę w rozpuszczaniu trudno przyswajalnych związków w glebie odgrywają same wydzieliny korzeniowe. Tymczasem wielu badaczy wykazało, że zdolność wyizolowanych z gleby wydzielin korzeniowych do rozpuszczania *in vitro* tych związków, jest o wiele mniejsza, niż uzyskiwany efekt rozpuszczania ich w glebie, przy czym jednocześnie zauważono, że zakwaszenie środowiska zewnętrznego w kulturze sterylnej jest słabsze niż w kulturze z mikroorganizmami. Wielu badaczy stwierdziło ścisłą zależność między zmianami mikroorganizmów w rizosferze, a zmianami w wydzielinach korzeniowych w okresie wegetacyjnym. Roślina niejako sama reguluje skład ilościowy i gatunkowy drobnoustrojów w rizosferze w różnych fazach swego rozwoju. Ciekawą jest rzeczą, że maksimum wydzielin korzeniowych daje się zauważyć w okresie kwitnienia, tj. właśnie w okresie najbardziej intensywnego rozwoju roślin. Czesnokow¹ uważa nawet, że stopień

¹ W. N. Stoletow: „O niektórych obmiennych procesach w porastajuszczem ziarnie pszenicy“ — Problemy biochemii w Miczurinskiej biologii 1950 r.

rozwoju mikroorganizmów w ryzosferze może być miarą wydzielin korzeniowych.

Myślę, że powyższe fakty są wystarczającym dowodem, aby stwierdzić, że między rośliną a mikroorganizmami w glebie istnieje ścisła zależność, że istnieje pewnego rodzaju współżycie. Doświadczenia Stoletowa¹ wykazały, że to współżycie rozpoczyna się już od chwili kiełkowania.

Z jakimi mikroorganizmami mamy do czynienia w ryzosferze? Znajdujemy tam nitryfikatory, denitryfikatory, *Azotobacter*, *Clostridium*, bakterie rozkładające celulozę, które swoją działalnością życiową stymulują rozwój bakterii, grzyby itp.

Niewątpliwie tak różnorodny zespół mikroorganizmów odgrywa olbrzymią rolę w żywieniu roślin. Rola ta, jak już powiedziałam, jest mało zbadana, ale można powiedzieć już, że niewątpliwie mikroorganizmy znajdujące się na powierzchni korzeni odbierają roślinie część składników pokarmowych i przerabiają je w inną formę, w której roślina je pobiera. Dowodem tego jest fakt, że pod rośliną bardzo szybko znikają azotany, nawet na zasobnej w nie glebie. Wykazano, że na korzeniach roślin silnie rozwijają się denitryfikatory redukujące azot poprzez niezupełnie znane nam przyswajalne związki pośrednie.

Ponadto mikroorganizmy ryzosfery odgrywają rolę mobilizującą w stosunku do składników pokarmowych. Doświadczenia Kabinieca² wykazują różnicę w zawartości dostępnych składników pokarmowych w ryzosferze, w rzędach roślin uprawnych i w międzyrzędziach. W ryzosferze stwierdzono więcej przyswajalnego azotu, fosforu i potasu niż w międzyrzędziach, przy czym różnice te były uzależnione od samej rośliny (badano jęczmień, owies, pszenicę, koniczynę i mieszanki trawiasto-motylkowe), oraz od rozwoju mikroflory.

Jednakże, że tak powiem, jest to jedna tylko strona medalu. We współżyciu mikroorganizmów z wyższymi roślinami występuje nie tylko harmonia, ale i antagonizm. Podobnie jak i we wszystkich zjawiskach mamy i tutaj do czynienia z jednością przeciwieństw. Przeciwieństw jest bardzo dużo, ale zwrócę w danym wypadku uwagę tylko na jedno zjawisko, mające duże znaczenie z punktu widzenia nawożenia, a mianowicie, że mikroflora nie tylko pomaga, ale i przeszkadza w żywieniu roślin.

Doskonałym przykładem tego jest doświadczenie Obrazcowej³, która stwierdziła, że przy niskim poziomie nawożenia fosforowego, nawożenie bakteryjne azotobakterem okazało dodatni wpływ tylko przy małych jego dawkach. Natomiast przy wysokich dawkach stwierdzono nawet spadek plonu w porównaniu z kontrolnym na

¹ Patrz notka str. 106.

² N. Kabiniec: „Rola mikroflory i kulturowej rastiti, w powyszenii dostupnosti elementow pitanja“. Doklady WASCHNIL 1950 r. Nr 3.

³ A. A. Obrazcowa: „O roli azotobaktera w fosfornom pitanii rastienij“. Trudy Inst. Fizjoł. Rast. 1949, t. IV.

skutek tego, jak to wykazały analizy, że roślinie zabrakło fosforu, ponieważ przechwycił go azotobakter. W danym wypadku azotobakter wystąpił już nie jako pomocnik roślin, ale jako ich konkurent.

Jednocześnie jednak należy stwierdzić, że nie jesteśmy obecnie bezsilni wobec tych faktów, że możemy skierować w taką stronę procesy zachodzące w układzie roślina-mikroflora w ryzosferze, jaka odpowiadałaby lepszemu rozwojowi rośliny, a więc i zwiększeniu jej plonu. Już Williams stwierdził, że ze względu na przeważnie heterotroficzny charakter żywienia mikroflory glebowej, należy zwrócić uwagę na jednoczesne łączenie nawozów organicznych z mineralnymi, a więc nie tylko ze względu na to, jak to dotychczas utrzymuje się w chemii rolnej, że połączenie tych form nawozów pozwala na zaopatrzenie rośliny w składniki pokarmowe we wczesnym i późniejszym okresie, bo substancja organiczna powoli się rozkłada, ale przede wszystkim ze względu na stworzenie optymalnych warunków dla korzystnej mikroflory glebowej. Posiadamy nie tylko ten oręż. Bo powiedzmy dodatnie skutki lokalizowanego rozmieszczenia nawozów, czy też ich granulacja są także i wynikiem stworzenia optymalnych warunków dla rozwoju mikroflory, przy jednoczesnym usuwaniu ujemnych skutków antagonizmu. Doświadczenia z granulowanym superfosfatem wykazały, że zwyczajki plonów i zwiększenie się zawartości azotu w roślinach są wynikiem także lepszego rozwoju Azotobaktera, wokół ziarenek superfosfatu. Przy mieszaniu nawozów z całą glebą nie jesteśmy w stanie stworzyć tak optymalnych warunków dla mikroflory glebowej — chyba przy dawkach bardzo wysokich — jakie stwarzamy wprowadzając nawozy ogniskami, szczególnie, gdy te ogniska stwarzamy w ryzosferze. Wprowadzając nawozy do gleby oddziałujemy na roślinę nie tylko bezpośrednio, ale i pośrednio, poprzez wpływ na mikroorganizmy, które swą działalnością czy to wiązaniem azotu, czy to uruchamiając związki trudno dostępne, czy też pomagając roślinie w samym procesie pobierania składników pokarmowych, stymulują w ten lub inny sposób rozwój rośliny, a więc wpływają na jej plon.

W związku z tym należy zwrócić uwagę na dotychczas jeszcze bardzo rozpowszechnione obliczanie tzw. „współczynnika wykorzystania nawozów“. Prawdę mówiąc trudno dotychczas znaleźć pracę omawiającą działanie nawozów, w której nie byłoby obliczania takiego współczynnika. Obliczanie takiego współczynnika posiada swe źródło w starej mechanistycznej koncepcji Liebiga o zwracaniu glebie tej ilości pokarmów, jaką roślina pobrała.

Teoria ta zupełnie nie bierze pod uwagę pośredniego działania nawozów na procesy przebiegające w glebie, nie bierze pod uwagę zmian rozwoju w okresie wegetacyjnym samych roślin nawożonych i nienawożonych, że zmiany te mogą spowodować także i inne wykorzystanie składników pokarmowych samej gleby. Teoria ta traktuje nawozy jako środek jedynie bezpośredniego dostarczania pożywienia roślinie i na tej właśnie podstawie robi się obliczenia współczynnika wykorzystania nawozów, uważając, że różnica w pobraniu przez

roślinę składników pokarmowych na poletkach kontrolnych i nawożonych, otrzymana jest w rezultacie bezpośredniego ich wykorzystania z zastosowanych nawozów. Przy obliczaniu takiego współczynnika nie bierze się np. pod uwagę faktu, że nawożąc roślinę powiedzmy fosforem stwarzamy dla niej lepsze warunki wykorzystania azotu oraz innych składników i vice versa, że wzmagamy działalność mikroflory, która z kolei także wpływa na rośliny. Można tutaj przytoczyć niezliczoną ilość podobnych przykładów. Ba, możemy nawet przy nawożeniu otrzymać po obliczeniu ujemny współczynnik wykorzystania nawozów, powiedzmy np. wprowadzając stale do gleby kwaśnej nawozy zakwaszające i w rezultacie rośliny na poletkach nawożonych pobiorą mniej składników pokarmowych niż na poletkach kontrolnych. A czy tak jest w rzeczywistości? Jasne, że nie. Rośliny z pewnością część składników z nawozu wykorzystają. Jasne jest, że nie można rozpatrywać nawozu jedynie jako środka bezpośredniego zaopatrzenia rośliny w pokarm. Działanie nawozów jest o wiele bardziej skomplikowane. Stanowią one nie tylko źródło bezpośredniego zaopatrzenia, ale i zmieniają mikrobiologiczne procesy w glebie, jej reakcję, a także wpływają na fizyczne właściwości gleby. Działanie nawozów przejawia się nie tylko w rezultacie bezpośredniego oddziaływania ich na glebę, ale zarówno poprzez mikroflorę jak i poprzez same rośliny, pod które je zastosowano. Dlatego też można mówić jedynie o różnicach w ilości składników pokarmowych pobranej przez plon tej lub innej rośliny, w zależności od różnych warunków uprawy nie oddzielając składników pokarmowych od gleby. Obliczenie tzw. współczynnika wykorzystania nawozów opiera się na czysto mechanistycznych podstawach, nie bierze ono pod uwagę tych skomplikowanych zmian, jakie zachodzą w układzie roślina - gleba, przy zmianie chociażby nawet jednego czynnika, jakim jest wprowadzenie do gleby określonego nawozu.

Liebigowska teoria o pełnym zwrocie glebie składników pokarmowych opiera się na założeniu, że roślina wyczerpuje glebę tym silniej im wyższy jest jej plon, że między tymi procesami istnieje ścisła zależność. Jednakże doświadczenia, w których otrzymano rekordowe plony, ale w których przy stosowaniu nawozów uwzględniono wymagania roślin w okresie wegetacji oraz specjalnie łączono zabiegi nawozowe z uprawowymi wykazały, że założenie to jest w dużej mierze niesłuszne. Wiemy dobrze, że ilość pobranych składników pokarmowych przy jednakowej wysokości plonu zależy od warunków uprawy może różnić się nawet dwu- i trzykrotnie i vice versa, że przy jednakowej ilości pobranych składników można otrzymać nawet dwukrotnie wyższy plon. Dlatego też nie można, jak to dotychczas się czyni, na podstawie zawartości NPK w plonie obliczać ile nawozów należy wprowadzić do gleby nawet uwzględniając „współczynniki wykorzystania nawozów“, które, jak to wyżej zaznaczyłam są nie tylko zmienne ale bardzo często nie odpowiadają rzeczywistości i nie mogą służyć nawet jako dodatkowe kryterium.

Teoria pełnego zwrotu ignoruje biologiczne właściwości samych roślin, rolę biologicznych procesów w odnowieniu i zwiększaniu żyzności gleby, rolę całego kompleksu zabiegów uprawowych i rotacji płodozmianowej w żywieniu się roślin, a więc i w nawożeniu.

Jeśli wg Wiliamsa, który wykazał, że najważniejszym czynnikiem w odnawianiu i zwiększaniu żyzności gleby są procesy biologiczne związane z życiem roślin i mikroflory glebowej, gleba i roślina stanowią nierozdzieloną część i w rozwoju historycznym nawzajem się warunkują, to z punktu widzenia teorii liebigowskiej są one jedynie antagonistami. Praktyczne stosowanie tej teorii, jak wyżej wspomniałam, sprowadza się do tego, że określa się wymagania pokarmowe roślin i na podstawie ogólnej zawartości składników w plonie oblicza ile trzeba dać nawozów, ażeby otrzymać zaplanowany plon, przy czym nie bierze się nawet pod uwagę tego, że w zależności chociażby od techniki i czasu zastosowania nawozu, pobrana ilość składnika może być bardzo różna, tym bardziej nie bierze się pod uwagę kompleksu zabiegów uprawowych, struktury gleby. Przy tym inaczej roślina reaguje na nawożenie i inaczej wykorzystuje nawozy na glebie o dobrej strukturze, po odpowiednim przedplonie, przy odpowiedniej agrotechnice, kiedy nie tylko ma dostateczną ilość pokarmów, ale i wody i powietrza, a inaczej reaguje na glebie o złej strukturze, przy nieodpowiedniej uprawie.

Dlatego też chcąc racjonalnie nawozić rośliny w płodozmianie nie należy stosować tylko pewnych oderwanych od siebie zabiegów nawozowych, lecz należy stworzyć system nawożenia, który musi być ściśle połączony z systemem uprawy i zmianowania.

Jeśli tak zwana „mineralna chemia rolna“ — jak ją nazywa Wiliams, a musimy powiedzieć sobie prawdę, że dotychczas jeszcze w dużej mierze przejawia się ona u nas opierając się na mechanistycznej teorii liebigowskiej—sprowadza nawożenie do tego, aby zbilansować przychód i rozchód nawozów w płodozmianie, a także w płodozmianie trawopolnym, sprowadza system nawożenia właściwie do nawożenia gleby, a nie rośliny, to główne wymaganie racjonalnego systemu trawopolnego polega na tym, aby przejść od nawożenia gleby do nawożenia rośliny, inaczej mówiąc należy stworzyć taki system nawożenia, aby roślina uprawna w największym stopniu i najbardziej produktywnie wykorzystwała składniki pokarmowe. A więc prawidłowy system nawożenia w płodozmianie trawopolnym powinien w kompleksie z innymi zabiegami uprawowymi stwarzać takie warunki w glebie, w których zarówno rośliny jak i pożyteczne mikroorganizmy stale były zaopatrzone w wodę i pożywienie, tj. aby podtrzymywać i ulepszać stan strukturalny gleby.

Stąd też wynika nowe określenie samego pojęcia systemu nawożenia. Pod systemem nawożenia rozumiemy kompleks (a nie sumę) związanych z sobą zabiegów, mających na celu racjonalne stosowanie nawozów w konkretnym płodozmianie, zabiegów regulujących warunki żywienia roślin i ulepszających żyzność gleby. Trudne

jest szczegółowe omówienie konkretnego systemu nawożenia, podam jedynie, jakie powinny być główne jego zasady:

1) Konieczne jest uwzględnianie wymagań roślin w stosunku do składników pokarmowych w czasie wegetacji m. in. w pierwszym okresie rozwoju, gdy rośliny są najbardziej wrażliwe, stąd wniosek, że należy stworzyć nowe sposoby lokalizowanego umieszczania nawozów, czy to w rzędy, w międzyrzędzia lub też w dolnej warstwie gleby, należy racjonalnie łączyć nawożenie podstawowe z dokarmianiem. Ale jeszcze raz podkreślam, że jest to tylko wtedy możliwe, gdy zna się wymagania roślin w ich rozwoju.

2) W systemie nawożenia należy możliwie najbardziej uwzględnić jednoczesne łączenie nawozów organicznych z mineralnymi, co daje możliwość z jednej strony obniżenia dawek nawozów organicznych, a z drugiej strony częstszego stosowania w rotacji płodozmiennej.

3) Należy dużą uwagę zwrócić na granulację nawozów, która z jednej strony może nam dać duże oszczędności w użyciu nawozów, z drugiej zaś stwarza w glebie ogniska optymalnego rozwoju mikroflory i systemu korzeniowego.

4) Pogląd na wapnowanie jako na zasadniczą meliorację gleb, mającą na celu usunięcie szkodliwej kwasoty, powinien być zastąpiony poglądem Williamsa, a mianowicie, że wapnowanie jest to często powtarzający się zabieg, mający na celu regulowanie odczynu gleby, w interesach rozwoju określonych roślin w płodozmianie i stworzenie odpowiednich warunków dla rozwoju mikroflory. Dlatego też należy stosować mniejsze dawki wapna ale częściej. Należy także stosować wapno lokalnie, np. wraz nasionami, szczególnie tych roślin, które są wrażliwe na pH środowiska, a wrażliwość ta przejawia się przede wszystkim w pierwszym okresie rozwoju.

5) Główną uwagę należy zwrócić na nawożenie mieszanek wieloletnich roślin trawiastych i motylkowych, jako na główne ogniwo strukturo-twórcze w płodozmianie trawopólnym.

6) System nawożenia musi być ściśle związany z innymi zabiegami uprawowymi, musi brać pod uwagę następcze działanie nawożenia jak i innych zabiegów uprawowych.

Sądzę, że przy ścisłej współpracy między chemikami rolnymi, fizjologami, uprawowcami i mikrobiologami uda nam się racjonalnie rozwiązać zagadnienie systemu nawożenia w płodozmianie trawopólnym.