

ROMAN CZUBA

BADANIA NAD NAWOŻENIEM W PŁODOZMIANIE W ŚWIETLE WYNIKÓW DOŚWIADCZEŃ STATYCZNYCH

Uwagi wstępne

Badania nad nawożeniem w płodozmianie najczęściej prowadzone są pod kątem porównania wpływu nawozów organicznych i mineralnych na plony oraz na właściwości gleby. Doświadczenia polowe o tej tematyce najwcześniej zakładano w krajach, w których od dawna dostarczano rolnictwu nawozów mineralnych. Światłych rolników nurtowało bowiem zagadnienie wpływu nawożenia mineralnego na rozwój produkcji roślinnej oraz granicznych możliwości podnoszenia dawek nawozów tego typu. Pomimo kilkudziesięcioletniego okresu badań, problem jest nadal aktualny, szczególnie w krajach szybko intensyfikujących nawożenie mineralne.

W polskim rolnictwie, począwszy od 1965 r., suma azotu, fosforu i potasu, zastosowana w nawozach mineralnych jest w skali kraju większa od sumy tych składników stosowanych wraz z obornikiem. W perspektywicznych planach zaopatrzenia polskiego rolnictwa zakłada się dalszy poważny wzrost dostaw nawozów mineralnych. Badania nad wpływem nawożenia mineralnego na wysokość plonów i właściwości gleb mają zatem w Polsce podstawowe znaczenie. Tematy tego typu prowadzone są przeważnie w statycznych doświadczeniach polowych, w których porównuje się działanie nawozów mineralnych i nawozów organicznych — najczęściej najważniejszego spośród nich — obornika.

Dotychczasowe wieloletnie doświadczenia nad porównaniem działania nawożenia organicznego i mineralnego z równoległe przeprowadzonymi analizami gleby i obserwacjami uprawianych roślin są nieliczne w skali światowej, co jest spowodowane koniecznością przeznaczenia kilkunastu lub kilkudziesięciu lat systematycznej pracy nad jednym zagadnieniem.

W badaniach porównawczych nad działaniem nawożenia organicznego i mineralnego w świetle współczesnej literatury najczęściej wyłania się zagadnienie wpływu nawożenia na wysokość plonów, zawartość w glebie węgla organicznego i przyswajalnych składników pokarmowych (makro- i mikroelementów) oraz kształtowania się pod wpływem nawożenia fizycznych i biologicznych właściwości gleby. Dla warunków polskich najważniejsze są wyniki uzyskane w kraju, w państwach sąsiednich

oraz w innych krajach europejskich. Z tych względów w niniejszym przeglądzie dotychczasowych wyników badań w zasadzie pominięto wyniki uzyskane poza Europą.

Nawożenie organiczne i mineralne a wysokość plonów

Autorzy omawiający wpływ wieloletniego nawożenia organicznego lub mineralnego na wysokość plonów przy jednakowych ilościach NPK zastosowanych w postaci nawozów organicznych lub mineralnych stwierdzają w zasadzie zgodnie, że suma plonów uzyskana w okresach kilku lub kilkunastolenich na nawozach mineralnych jest o 5—15% wyższa.

Do klasycznych doświadczeń, w których badano to zagadnienie, należą 55-letnie doświadczenia duńskie prowadzone w Askov, opisane przez Iversena (39,40). Nawożenie mineralne dawało przeciętnie wyższe plony niż nawożenie obornikiem, różnice w plonach były większe na glebie gliniastej niż na piaszczystej.

Podobne wnioski przytaczają badacze niemieccy, którzy są w zasadzie zgodni odnośnie wpływu nawożenia organicznego i mineralnego na wysokość plonów. Gericke i Bärmann (34) w dziewięcioletnim doświadczeniu nad działaniem składników pokarmowych zawartych w oborniku wykazali, że po zastosowaniu różnych ilości NPK w postaci obornika lub nawozów mineralnych składniki pokarmowe zawarte w oborniku umożliwiały uzyskanie o 10% niższych plonów niż składniki pokarmowe z nawozów mineralnych. Wykorzystanie składników pokarmowych z obornika było o 30% gorsze niż z nawozów mineralnych.

Podobne wyniki uzyskano również w wieloletnich doświadczeniach niemieckich w Lauchstaedt, Dikopshof, Halle, Rostocku i Thyrowie.

Doświadczenia prowadzone według podobnego schematu w Związku Radzieckim wskazują również na tę samą prawidłowość. Bugajew i Osipowa (23), omawiając wyniki doświadczeń prowadzonych od 1931 r. w Dołgoprudnem (30-letni okres), stwierdzają, że plony żyta i owsa były istotnie wyższe na nawozach mineralnych, natomiast pszenicy i ziemniaków jednakowe na nawozach mineralnych i organicznych. Również w tym wypadku suma plonów na nawozach mineralnych była zatem wyższa.

Do podobnych wyników doszli również w Czechosłowacji Jelinek i Ambrożowa (44) oraz na Węgrzech Balla (9,10).

W Polsce tego typu doświadczenia prowadzone są w Skierniewicach i zostały opisane przez Górskiego, Królikowskiego i Kuszelewskiego (37, 38) oraz szereg innych doświadczeń założonych później (1,22,28 i in.). W doświadczeniach krajowych uzyskano również na nawozach mineralnych przeważnie wyższe plony. Podkreślić jednak należy, że Adamus

i Boratyński (1), po czteroletnim okresie prowadzenia doświadczeń w płodozmianie ośmiopolowym, nie stwierdzili w średnich plonach rocznych przeliczonych na jednostki porównywalne istotnych różnic w zależności od rodzaju zastosowanego nawożenia.

W świetle powyższego przeglądu wniosków można sformułować wstępną opinię, że dalsze badania nad porównywaniem efektywności NPK w nawozach organicznych i mineralnych powinno się prowadzić według nieco zmienionego schematu. Z uwagi na udowodnienie w doświadczeniach wieloletnich większej efektywności składników pokarmowych zawartych w nawozach mineralnych niż organicznych, dalsze badania powinny przede wszystkim wyjaśnić, w jakim stopniu poprzez racjonalne nawożenie organiczne można podnosić efektywność składników pokarmowych stosowanych w coraz większych ilościach w postaci nawozów mineralnych.

Wydaje się, że do szczegółowego rozważenia kwalifikuje się opinia sformułowana przez Gerickiego i Bärmanna (34). Gorsze wykorzystanie składników pokarmowych z obornika o 30% w stosunku do wykorzystania z nawozów mineralnych, przy zbiorze tylko o 10% niższych plonów, świadczy o dodatkowym oddziaływaniu obornika na wysokość plonów, przy czym nie musi to być specyficzny wpływ substancji organicznej, lecz wpływ ten może być rozciągnięty na inne składniki mineralne, np. magnez i mikroelementy.

W Polsce przyjmuje się najczęściej następujące średnie współczynniki wykorzystania składników mineralnych z obornika i nawozów mineralnych:

	z obornika	z nawozów mineralnych
N	50%	75%
P ₂ O ₅	30%	30%
K ₂ O	60%	65%

Współczynniki te można chyba przyjąć, o ile chodzi o efektywność wyrażoną w przyrostach plonu, jednak faktyczne wykorzystanie składników należałoby sprawdzić w doświadczeniach. Na tle tego typu doświadczeń istniałaby możliwość bardziej precyzyjnej interpretacji efektów uzyskiwanych w doświadczeniach nad porównywaniem różnych form nawozów.

Zawartość węgla organicznego w glebie a rodzaj stosowanego nawożenia

Wieloletnie doświadczenia polowe w zasadzie nie negują istotnego wpływu obornika (lub innych nawozów organicznych) na zawartość węgla

organicznego w glebie, jednak wykazały, że wpływ ten jest znacznie mniejszy niż się spodziewano. W zasadzie we wszystkich doświadczeniach statycznych, przeprowadzonych w Europie środkowej, stwierdzono, że wieloletnie stosowanie obornika w porównaniu z nawozami mineralnymi prowadzi do końcowej większej zawartości węgla organicznego w glebie. Udowodniono jednak, że systematyczne wieloletnie nawożenie mineralne w efekcie prowadzi również do większej zawartości węgla organicznego w glebie niż niestosowanie nawozów w ogóle.

Szereg badaczy ujmuje to zagadnienie nawet liczbowo. Iversen (39,40) podaje, że po 55 latach zróżnicowanego nawożenia gleba zawierała następującą masę próchnicy (w tonach próchnicy na ha):

	Bez nawozów	Nawożenie mineralne	Obornik
gleba gliniasta	65	72	76
gleba piaszczysta	40	48	55

Nehring (59) po podsumowaniu wyników uzyskanych w pięciu doświadczeniach wieloletnich: w Lauchstädt doświadczenie 52-letnie, w Dikopshof doświadczenie 52-letnie, w Halle „wieczne żyto” doświadczenie 78-letnie, w Rostocku „stosowanie kompostów” doświadczenie 23-letnie, w Thyrow doświadczenie 21-letnie dochodzi do wniosku, że odnośnie wzbogacenia gleby w węgiel zaznaczyła się następująca kolejność: obornik — kompost z tomasyną — kompost z superfosfatem — nawozy zielone — nawożenie mineralne. Oznacza to, że wszystkie nawozy organiczne lub organiczno-mineralne w większym stopniu wzbogaciły glebę w węgiel organiczny niż nawozy mineralne.

Ten sam autor wraz z Wiesemüllerem w innych pracach (60,61) zajmował się działaniem różnych nawozów na glebach lekkich, włączając do rozważań również wyniki badań próbek gleby z doświadczenia w Skierniewicach. Omawiając rezultaty swoich badań przeprowadzonych na materiale z doświadczeń w Rostocku, Thyrowie i Skierniewicach autorzy dochodzą do wniosku, że gleba poletek nawiezionych nawozami organicznymi wykazywała największą zawartość próchnicy, ale równocześnie podkreślenia godne jest spostrzeżenie, że wzmocnione mineralne nawożenie azotowe działało pod tym względem podobnie jak nawożenie organiczne. Przy słabym nawożeniu azotem, lub nie stosowaniu go w ogóle, zawartość próchnicy w glebie i jej jakość obniżyła się. Przy niedoborze nawożenia fosforowego i potasowego w warunkach znacznego zakwaszenia gleby nagromadzała się substancja organiczna i zawartość próchnicy w glebie prawie nie różniła się od jej zawartości w glebie nawożonej pełnymi dawkami nawozów mineralnych. W warunkach stosowania nawozów mineralnych z równoległym wapnowaniem gleby następował intensywny rozkład próchnicy.

Wieloletni wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość w glebie próchnicy opisał również Ansorge (7). Systematyczne nawożenie obornikiem wpłynęło na większą zawartość próchnicy w glebie niż w glebie pozostałych obiektów nawozowych. W porównaniu z poletkami nie nawożonymi w ogóle, gleba poletek nawożonych nawozami mineralnymi zawierała więcej węgla organicznego.

Wyniki uzyskane przez innych badaczy niemieckich są w zasadzie zgodne z wnioskami Nehringa i Ansorgego. Michael i Djurabi (58) opisując wyniki 30-letnich doświadczeń, w których stosowano co 2 lata 300 q/ha obornika oraz różne kombinacje nawożenia mineralnego na tle obornika i bez nawozów organicznych stwierdzili, że zawartość węgla w glebie nawożonej obornikiem jest o 20% większa niż w glebie nawożonej tylko nawozami mineralnymi (warstwa orna: 1,12% C i 0,89% C). W stosunku do obiektów nie nawożonych w ogóle, nawożenie mineralne wpłynęło na większą zawartość węgla w tym samym układzie, jak kształtowała się wysokość plonów, czyli masa resztek poźniwnych pozostających w glebie była proporcjonalna do masy zbioru. Stwierdzenie to jest szczególnie ważne dla warunków, w których następuje ograniczenie nawożenia organicznego na korzyść nawożenia mineralnego.

Spośród wyników uzyskanych w ZSRR należy podkreślić prace Kudrina i Suchobrusa (49), którzy na podstawie doświadczeń prowadzonych w Mironowskiej Stacji Doświadczalnej od 1913 r. dochodzą do wniosku, że nawożenie obornikiem oraz obornikiem łącznie z nawozami mineralnymi istotnie podniosło zawartość próchnicy w glebie.

Są jednak wypadki, kiedy następuje spadek w zawartości węgla organicznego w glebie, niezależnie od rodzaju zastosowanego nawożenia. Przykładem mogą być w tym wypadku badania Bugajewa i Osipowej (23), którzy omawiając wyniki doświadczeń prowadzonych od 1931 r. w Dołgoprudnem (30-letni okres) stwierdzają, że w stosunku do 1934 r. w glebie wszystkich obiektów wystąpił spadek zawartości próchnicy. Na obiektach nie nawożonych spadek wynosił 29%, w glebie nawożonej obornikiem 9% i w glebie nawożonej nawozami mineralnymi 25%. W tym wypadku na ubytek węgla z gleby wpłynęła prawdopodobnie bardziej intensywna uprawa mechaniczna i inne czynniki, zmienione wraz z przeznaczeniem pola pod doświadczenia.

Do bardziej znanych doświadczeń angielskich, w których badano działanie nawozów organicznych i mineralnych, należą doświadczenia w Rothamsted, w których coroczne nawożenie obornikiem znacznie podniosło zawartość węgla w glebie. Podobnie jednak jak w doświadczeniach duńskich, wystąpił większy wzrost zawartości węgla w glebie gliniastej niż piaszczystej. Inne wieloletnie doświadczenie angielskie przeprowadzono w Saxmundham. Cooke, Mattingly i Williams (27), oma-

wiając 56-letni okres (1901—1956) doświadczeń w Saxmundham, podają, że gleba nawożona systematycznie obornikiem charakteryzowała się istotnie większą zawartością węgla organicznego i zawierała go półtora razy więcej niż nawożona nawozami mineralnymi. Gleba poletek nawożonych nawozami mineralnymi zawierała z kolei więcej węgla organicznego niż gleba nie nawożona w ogóle.

Polskie doświadczenia potwierdzają opinie zebrane w doświadczeniach zagranicznych. Górski, Królikowski i Kuszelewski (37,38) na podstawie analizy gleby z doświadczeń skierniewickich stwierdzili, że pod wpływem wieloletniego nawożenia obornikiem zawartość w glebie węgla organicznego podwyższyła się nieznacznie. W świetle wyników uzyskanych za granicą na glebach lekkich, analizy gleby skierniewickiej są zatem zgodne z innymi stwierdzeniami.

Polscy badacze są na ogół zgodni, że w krajowych warunkach klimatyczno-glebowych wpływ obornika na glebę poza jego wartością nawozową odnosi się przede wszystkim do roli w okresowym wzbogacaniu gleby w węgiel organiczny (18,25,31,37,75). Wpływ ten jest jednak krótkotrwały i według Terlikowskiego (77) wprowadzenie nawet znacznych ilości materiałów roślinnych do gleby praktycznie nie spowodowało trwałej kumulacji próchnicy. Podobne stanowisko reprezentuje Świętochowski (75) twierdząc, że jednorazowe nawożenie torfem lub obornikiem, zwiększające znacznie rezerwę humusową, nie prowadzi do stałego polepszenia poziomu humusowego. Na stałą poprawę w zawartości próchnicy w glebie może wpłynąć według Świętochowskiego odpowiedni płodozmian, w którym rośliny strukturotwórcze mogą działać hamująco na dekompozycję próchnicy w niesprzyjająco mokrych latach (76). Na korzystne oddziaływanie przedplonu poprzez masę korzeniową roślin zwraca również uwagę Birecki (14.15.16), który na podstawie wyników licznych doświadczeń polowych przeprowadzonych wraz z współpracownikami podkreśla, że wielkość pozostawionej masy korzeniowej jest jednym z czynników przedłużających dodatnie działanie członów zmianowania.

Wieloletnie doświadczenia prowadzone w Polsce w płodozmianach warzywnych w zasadzie potwierdzają wyniki uzyskane w doświadczeniach z uprawnymi roślinami polowymi. Jagoda i Skąpski (42) badali zawartość węgla w glebie w doświadczeniach ze stosowaniem różnych nawozów pod warzywa, założonych w Skierniewicach przez Kotowskiego w 1922 r. Coroczne nawożenie obornikiem (1922—1963 r.) w ilości 600, 400 i 200 q/ha podniosło zawartość próchnicy w glebie (0—20 cm) średnio o 1,5, 1,0 i 0,7% w porównaniu ze średnią zawartością dla nawożenia mineralnego. Buczak (22) stwierdziła, że w płodozmianach warzywnych wzrost zawartości substancji organicznej w glebie zależy od następstwa roślin oraz od stosowania plonów i międzyplonów. Przy odpowiednim

doborze roślin warzywnych i równoczesnym stosowaniu obornika, zawartość w glebie węgla organicznego była o około 10% wyższa niż w tym samym zmianowaniu przy wyłącznie mineralnym nawożeniu.

Przegląd wyników badań nad porównaniem różnego nawożenia na zawartość w glebie węgla organicznego pozwala na dokonanie próby podsumowania aktualnego stanu wiedzy na ten temat. W stosunku do tradycyjnych poglądów uzyskane wyniki świadczą o dużej dynamice rozkładu substancji organicznej w glebie. Poglądy na rolę obornika i innych nawozów organicznych we wzbogacaniu gleby w próchnicę w świetle uzyskanych wyników muszą ulec rewizji. Zawartości węgla organicznego w glebie (a więc próchnicy) nie można traktować jako zjawiska stabilnego lecz wręcz przeciwnie, w glebie następuje stały przepływ masy organicznej, którego rozmiary są proporcjonalne do rozmiarów wzbogacania gleby w materiał roślinny, głównie w resztki pozniwne. Z tego względu wydaje się celowe poddanie rewizji poglądów na temat celowości badań nad zmianami w zawartości węgla organicznego w glebie w krótkich odcinkach czasu, np. nawet w okresie jednego sezonu wegetacyjnego. Zagadnieniem tym zajmowało się m.in. szereg badaczy niemieckich (12,46,68,69,70) radzieckich (43,51) i polskich (1,18,28). Autorzy ci reprezentują na ogół pogląd, że dynamika węgla organicznego w glebie posiada duże rozmiary również w krótkich odcinkach czasu, a w okresie wegetacyjnym nawet kilkutygodniowych. Starsze poglądy na temat stabilności próchnicy w glebie wynikały z faktu, że w określonych warunkach glebowo-klimatycznych i agrotechnicznych kształtuje się tendencja do ustabilizowania zawartości węgla organicznego w glebie, co jednak wcale nie oznacza, że procesy syntezy i rozkładu próchnicy nie mają dużych rozmiarów.

Wyniki wieloletnich doświadczeń pozwalają na sformułowanie poglądu, że pomimo dużych tendencji środowiska do utrzymania stałego poziomu zawartości w glebie węgla organicznego, istnieje możliwość podniesienia zawartości tego składnika poprzez intensyfikację nawożenia organicznego lub mineralnego. W świetle tendencji światowych (i krajowych) do znacznego podnoszenia dawek nawozów mineralnych, rysuje się nowy kierunek badań — mianowicie ocena możliwości wzbogacania gleby w węgiel organiczny poprzez odpowiednie stosowanie nawozów mineralnych. Nie wyjaśniona jest np. rola głębokości przykrywania nawozów mineralnych w tworzeniu masy korzeniowej roślin, sprawa przyswajalności nawozów mineralnych a wytwarzania korzeni przez rośliny uprawne i szereg innych zagadnień wynikających z oddziaływania nawożenia mineralnego na tworzenie masy korzeniowej w glebie.

W doświadczeniach wieloletnich zgodnie stwierdzono, że niezależnie od rodzaju stosowanych nawozów, trudniej wzbogacić w węgiel orga-

niczny glebę lekką niż zwięzłą. Z uwagi na znaczny udział gleb lekkich w Polsce, badania nad możliwością wzbogacenia gleb lekkich w węgiel organiczny za pomocą racjonalnego zwiększenia dawek nawozów mineralnych nabierają specjalnego znaczenia. Wyłania się na tym tle szereg dodatkowych pytań, np. jaka jest możliwość intensywnego stosowania nawozów mineralnych na tle głębokiego przyorywania obornika lub innego materiału organicznego? Czy byłoby celowe wzbogacanie przyorywanego materiału organicznego w nawozy mineralne w celu skłonienia rośliny do wytwarzania większej masy korzeniowej w głębszej warstwie gleby?

Badania zaplanowane pod kątem racjonalnego stosowania nawozów mineralnych nie tylko z punktu widzenia doraźnych zwyżek plonów lecz również w odniesieniu do perspektywicznego systematycznego podnoszenia żyzności gleby powinny dostarczyć podstaw naukowych do określania rozmiarów planowanego przyrostu w dostawach nawozów mineralnych.

Nawożenie mineralne i organiczne a chemiczne, fizyczne i biologiczne właściwości gleby

Wyniki wieloletnich badań nad porównaniem wpływu różnych rodzajów nawozów na niektóre właściwości gleb świadczą o znacznym zróżnicowaniu się niektórych badanych parametrów na skutek długotrwałego nawożenia organicznego lub mineralnego. Analizy chemiczne gleby wykazały, że wpływ obornika i nawozów mineralnych przy równoważnej ilości NPK w dawkach tych nawozów prowadzi do nieznacznie większej zawartości azotu w glebie nawożonej obornikiem oraz do jednakowej zawartości przyswajalnego fosforu i potasu. Jednostronne nawożenie mineralne azotem prowadzi do zubożenia gleby w inne składniki pokarmowe (fosfor, potas, magnez). Wieloletnie doświadczenia statyczne ponadto wykazały, że nawożenie obornikiem, zgodnie z teoretycznymi przewidywaniami, wpływa na lepszą zasobność gleb w inne pierwiastki poza NPK. Gleba nawożona systematycznie obornikiem, w porównaniu z glebą nawożoną taką samą ilością NPK w nawozach mineralnych, zawiera przeważnie więcej magnezu i mikroelementów. Wieloletnie systematyczne nawożenie organiczne wpływa w większości wypadków na ukształtowanie lepszych właściwości fizycznych i biologicznych gleby niż wyłączne nawożenie mineralne. Podkreślenia godne jest również zjawisko zmian w zawartości składników pokarmowych gleby pod wpływem wieloletniego nawożenia nie tylko w warstwie ornej (0—20 cm), lecz także w głębszych poziomach, przynajmniej do 60 cm.

W zakresie zmian w zawartości azotu w glebie, ważne spostrzeżenie

przytacza w swojej pracy Ansorge (3). Zwraca on uwagę, że na wszystkich poletkach, niezależnie od rodzaju zastosowanego nawożenia i gatunku uprawianej rośliny, pobieranie azotu wynosiło rocznie o 10—20 kg/ha więcej w stosunku do ilości zastosowanej w nawozach. Autor sugeruje, że dodatkowy azot pochodził z opadów atmosferycznych oraz jako wynik procesów wiązania azotu atmosferycznego przez mikroflorę glebową i z materiału siewnego.

W innej pracy (4) ten sam autor zwraca uwagę na duży wpływ nawożenia fosforem na zróżnicowanie zawartości tego składnika w glebie po 60-letnim okresie doświadczeń w Lauchstädt. Z uwagi na bardzo nieliczne badania tego typu, wydaje się celowe przytoczenie niektórych liczb z tej pracy (tabela 1).

Tabela 1

Nawożenie	Zawartość P_2O_5 w mg/100 g gleby na głębokości		
	0—20 cm	20—40 cm	40—60 cm
200 q obornika co 2 lata + NPK mineralne	33	29	12
200 q obornika co 2 lata	15	15	6
NPK mineralne	25	19	6
0	7	6	2

Charakterystyczne są zatem duże różnice w zawartości fosforu w glebie nie tylko w warstwie ornej, lecz do głębokości 60 cm. Autor podkreśla ponadto daleko idącą zgodność między obliczoną ilością pobranego fosforu oraz ilością fosforu dostarczonego do gleby. Istotny wpływ nawożenia fosforowego na zawartość tego składnika w glebie podkreślają również Owssia i wsp. (65). W tym wypadku obornik wpływał bardziej na zwiększenie zawartości fosforu przyswajalnego niż ogólnego. Istotny wpływ nawożenia fosforem na zawartość tego składnika w glebie stwierdził również Seiberth (73) na podstawie 25-letnich doświadczeń polowych w Hohenheim. Badacze radzieccy są zgodni również w opiniach odnośnie wpływu nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość w glebie i formy tego składnika. Wyniki odpowiednich doświadczeń zostały opisane przez Karpową i Pietrową (45) oraz Lubarską i wsp. (54).

W doświadczeniach angielskich w Saxmundham, Cooke, Mattingly i Williams (27) stwierdzili zróżnicowanie zawartości w glebie fosforu w zależności od nawożenia tym składnikiem w okresie 56 lat. Jednak Russel (67) stwierdził istotne zmiany w zawartości w glebie fosforu już po 6 latach zróżnicowanego nawożenia tym składnikiem. Istotny wpływ

nawożenia na zawartość w glebie fosforu stwierdzili po ośmiu latach doświadczeń Jelinek i Ambrozowa (44), a Balla (9,10) po czterech latach.

W Polsce Adamus i Boratyński (1) stwierdzili już po 4 latach doświadczeń pólowych istotną obniżkę w zawartości tego składnika w glebie nie nawożonej, natomiast w glebie obiektów nawożonych różnice były małe.

Wyniki uzyskane w badaniach wieloletnich nad wpływem nawożenia na zawartość potasu w glebie są podobne do wyników uzyskanych w badaniach nad fosforem. Również odnośnie tego składnika stwierdzono wpływ nawożenia na jego zawartość w warstwach głębszych. Odpowiednie dane liczbowe podaje Ansorge (5) w pracy zawierającej wyłącznie wyniki badań nad potasem. Na skutek zróżnicowanego nawożenia, po 60-letnim okresie doświadczeń, ukształtowała się zawartość K_2O w glebie zestawiona w tabeli 2.

Tabela 2

Nawożenie	Zawartość K_2O w mg/100 g gleby na głębokości		
	0—20 cm	20—40 cm	40—60 cm
200 q obornika co 2 lata + NPK mineralne	33	36	13
200 q obornika co 2 lata	17	19	7
NPK mineralne	16	13	4
0	8	5	1

Równocześnie nawożenie obornikiem i nawozami mineralnymi wpłynęło na wysoką zawartość potasu w warstwie ornej oraz w głębszych warstwach. Stosowanie tylko obornika bez nawozów mineralnych wpłynęło na znacznie mniejszą zawartość tego składnika w glebie, podobne wyniki analizy uzyskano również dla gleby, na której stosowano tylko nawozy mineralne. Na poletkach nie nawożonych w ogóle zawartość potasu w glebie była znacznie mniejsza. Wpływ nawożenia potasowego na zmiany w zawartości tego składnika w glebie potwierdza również Seiberth (73) oraz Karpowa i Pietrowa (45). Cooke, Mattingly i Williams (27) zwracają natomiast uwagę, że w doświadczeniach w Saxmundham po 56-letnim okresie doświadczeń nie nastąpiło istotne zróżnicowanie w zawartości potasu w glebie pod wpływem nawożenia, gleba zawierała bowiem z natury dużo potasu ogólnego.

Na istotne obniżenie się zawartości przyswajalnego potasu w glebie nie nawożonej tym składnikiem w okresie czterech lat zwracają uwagę Adamus i Boratyński (1).

Oдноśnie zmian w zawartości magnezu w glebie różnie nawożonej, między poszczególnymi autorami panuje zgodna opinia, że nawożenie organiczne wpływa na większą zawartość tego składnika w glebie niż nawożenie mineralne. Odpowiednie wyniki badań podaje Ansorge (6), Adamus i Boratyński (1), Brzeska (21) i inni.

Badania nad mikroelementami (B,Cu,Mn,Mo) wykazały, że wyniki kształtują się podobnie jak w wypadku magnezu, jednak mniej wyraźnie i różnice w zawartości poszczególnych mikroelementów w glebie różnie nawożonej nie zawsze są udowodnione. Ansorge (6) formułuje wprawdzie wyraźny pogląd, że przy systematycznym nawożeniu obornikiem gleba zawierała więcej mikroelementów (bor, miedź, mangan i molibden) niż gleba nawożona nawozami mineralnymi lub nie nawożona w ogóle, jednak liczby przytoczone w pracy tego autora w większości wypadków świadczą o nieznacznych tylko różnicach. W ZSRR wpływem nawożenia obornikiem lub nawozami mineralnymi na zawartość mikroelementów w glebie zajmowała się Uszakowa (79). Stwierdziła ona, że długotrwałe systematyczne stosowanie obornika lub nawozów mineralnych nie zawsze wpływało w sposób wyraźny na zawartość badanych mikroelementów w glebach. Nawożenie obornikiem prowadziło do zwiększenia zawartości boru we wszystkich badanych typach gleb. Zawartość manganu po nawożeniu mineralnym wzrosła we wszystkich badanych wypadkach, natomiast zawartość molibdenu pod wpływem nawozów mineralnych wzrastała w czarnoziemiu, a w pozostałych typach gleb nieco spadała w porównaniu do gleby nie nawożonej.

W doświadczeniach skierniewickich, Barszczak (11) badając wpływ różnego nawożenia na zawartość w glebie boru stwierdził, że zawartość tego składnika w glebie była większa w wypadku nawożenia organicznego niż mineralnego (NPK). Na różny wpływ nawożenia mineralnego i organicznego na zawartość w glebie mikroelementów zwraca uwagę Tuchołka i wsp. (78) formułując pogląd, że jednostronne nawożenie NPK może doprowadzić do obniżenia zawartości w glebie rozpuszczalnego boru i manganu. Na wpływ różnego nawożenia na zawartość mikroelementów w glebie zwraca również uwagę Dobrzański (32) i inni autorzy (19,22,30).

Fizyczne i biologiczne właściwości gleby z reguły kształtują się bardziej korzystnie pod wpływem nawożenia organicznego niż mineralnego. Nawożenie organiczne przeważnie podnosi odczyn gleby w stosunku do nawożenia mineralnego, wpływa dodatnio na zdolność zatrzymywania wody przez glebę oraz na trwałość gruzełków glebowych, co podkreślili w swoich pracach Ansorge (6), Michael i Djurabi (58), Kudrin i Suchobrus (49), Karpowa i Pietrowa (45), Chroboczek (26), Jagoda i Skąpski (42) oraz inni autorzy. Na korzystniejsze właściwości biologiczne gleby

nawożonej nawozami organicznymi w stosunku do NPK w postaci nawozów mineralnych zwracają uwagę przeważnie autorzy radzieccy, m.in. Lazurski i Kardinalowskaja (51), Jaroszewicz (43) i in.

W zakresie właściwości chemicznych gleby, wieloletnie doświadczenia wykazały zatem, że zmiany w zawartości składników przyswajalnych, przede wszystkim fosforu potasu i magnezu, pod wpływem nawożenia mogą występować już po kilku latach. W okresach wieloletnich zmiany te są bardzo duże i zachodzą nie tylko w warstwie ornej, lecz również w głębszych poziomach. Oznacza to, że niezbędna jest systematyczna kontrola zawartości składników przyswajalnych w okresach kilkuletnich nie tylko w warstwie ornej (0—20 cm), lecz także głębiej, do 40 cm.

Wyniki badań nad azotem nie pozwoliły wyjaśnić jeszcze wszystkich zależności związanych z rolą tego pierwiastka w glebie. Ważne są wprawdzie stwierdzenia, że jednostronne stosowanie tego pierwiastka w nawozach mineralnych prowadzi do zubożenia gleby w inne składniki (P_2O_5 , K_2O , Mg), jednak obliczenia bilansu tego składnika w glebie wprowadzają szereg dodatkowych pytań, które powinny zostać wyjaśnione w toku systematycznych badań.

Stwierdzenie różnej zawartości w glebie magnezu i mikroelementów na skutek stosowania nawożenia organicznego lub mineralnego jest sygnałem wskazującym na konieczność stosowania tych składników równoległe z intensywnym mineralnym nawożeniem NPK. Z uwagi na systematyczne podnoszenie dawek NPK w postaci nawozów mineralnych, coraz bardziej skoncentrowanych, a więc nie zawierających balastu niekiedy korzystnego ze względu na zawartość niektórych pierwiastków niezbędnych roślinom do wzrostu i rozwoju, przy równocześnie ograniczonych możliwościach podnoszenia dawek nawozów organicznych, niezbędne są szczególnie wnikliwie dalsze badania nad rolą i bilansem poszczególnych makroelementów poza NPK i mikroelementów.

Krytyczna ocena stanu badań i podsumowanie

Na tle zreferowanych kilkudziesięciu prac dotyczących wieloletnich badań porównawczych nad nawozami organicznymi i mineralnymi nasuwa się spostrzeżenie o stosunkowo dużej zgodności wyników uzyskanych przez poszczególnych autorów. Wydaje się, że w badaniach tego typu prawidłowe wnioski można sformułować już po 4—8-letnim okresie prowadzenia doświadczeń polowych, gdyż wyniki prezentowane na podstawie kilkudziesięcioletnich badań tylko potwierdzają spostrzeżenia formułowane po kilku latach obserwacji.

Plony uzyskiwane po wieloletnim stosowaniu NPK w postaci nawozów organicznych są z reguły niższe niż po stosowaniu NPK w nawozach

mineralnych. Wynika to z faktycznie znacznie mniejszych ilości przyswajalnych form NPK dostarczonych w postaci nawozów organicznych niż w postaci obornika, pomimo tego, że ogólna ilość tych składników jest równoważna. Wydaje się, że różnice te szczególnie dotyczą azotu, a więc składnika, który daje największe efekty w plonach. Przypuszczenie to znajduje potwierdzenie w analizach gleby. Na skutek systematycznego stosowania obornika następuje nagromadzenie azotu w glebie, a więc azot ten nie jest wykorzystany przez rośliny. Słabsze wykorzystanie składników pokarmowych z obornika niż z nawozów mineralnych powodowało o 5—15% mniejsze plony uprawianych roślin i nawet korzystniejsze ukształtowanie się warunków środowiska pod wpływem nawozów organicznych nie jest w stanie zrównoważyć słabszego wykorzystywania składników z nawozów organicznych.

W cytowanych pracach tylko w nielicznych wypadkach zwracano uwagę na rolę wapnowania gleb. Wiadomo, że nawozy mineralne mogą w sumie zakwaszać glebę lub podnosić jej pH. Obornik natomiast z reguły nieznacznie odkwasza glebę. W zależności od asortymentu stosowanych nawozów mineralnych i ukształtowania się pH gleby może zatem występować różna dynamika rozkładu substancji organicznej w glebie. Przykładem są doświadczenia, w których stosowanie azotu w kwaśnym środowisku glebowym prowadziło do istotnego nagromadzenia substancji organicznej (60,61). W większości prac rola wapnowania gleb w bilansie węgla organicznego w glebie jest potraktowana za szczupło.

Wieloletnie wyniki pozwoliły na właściwą ocenę roli masy korzeniowej w bilansie węgla organicznego w glebie. W świetle tego wniosku badania nad dynamiką wzrostu korzeni, ich masą i dynamiką rozkładu są prowadzone w zbyt szczupłych rozmiarach. Na tle intensyfikacji nawożenia mineralnego niezbędne jest podjęcie badań na temat zależności tworzenia przez rośliny masy korzeniowej w glebie od różnej techniki nawożenia mineralnego.

Duża dynamika rozkładu materiału organicznego w glebie, „przepływu” węgla organicznego w krótkich okresach oraz wpływ nawożenia mineralnego na te procesy są to nowe spostrzeżenia dokonane w cytowanych pracach, w znacznym stopniu zmieniające tradycyjne poglądy o względnej powolności tych przemian.

Daleko posunięta zgodność wyników badań na temat wpływu nawozów organicznych i mineralnych na zawartość w glebie magnezu i mikroelementów sygnalizuje nowy problem. Problem jest z czasem coraz ważniejszy, gdyż technologia produkcji nawozów mineralnych zmierza do ich coraz bardziej skoncentrowanych form nie zawierających balastu w postaci dodatkowych pierwiastków posiadających znaczenie w żywie-

niu roślin. Wraz z intensyfikacją dawek NPK niezbędne staje się zatem równoległe stosowanie magnezu, być może również innych makroelementów, jak siarki i sodu oraz mikroelementów.

Z uwagi na istotny wpływ nawożenia mineralnego i organicznego na zmiany w zawartości składników pokarmowych w glebie, w świetle doświadczeń wieloletnich, badania nad zasobnością gleb w przyswajalne składniki pokarmowe nabierają specjalnego znaczenia w racjonalnej gospodarce nawozami mineralnymi. Cytowane wyniki doświadczeń wieloletnich dostarczają podstaw do rozpoczęcia badań tego typu również w odniesieniu do głębszych warstw gleby położonych poniżej 20 cm.

W referowanych pracach napotkano bardzo mało wyników z zakresu badań nad biologicznymi właściwościami gleby różnie nawożonej. Wydaje się, że badania biologiczne powinno się w doświadczeniach tego typu prowadzić z dużą uwagą i w większych niż dotychczas rozmiarach, są one szczególnie ważne na tle postępującej chemizacji w postaci intensyfikacji nawożenia mineralnego.

Przegląd systematycznych doświadczeń nawozowych pozwala na sformułowanie wstępnej opinii, że nawet długotrwałe, kilkudziesięcioletnie stosowanie tylko nawozów mineralnych nie odbija się ujemnie na wysokości plonów, a na właściwości gleby wpływa wprawdzie mniej korzystnie niż nawożenie organiczne, jednak pod wpływem tylko nawożenia mineralnego znacznie korzystniej kształtują się właściwości środowiska glebowego niż przy braku nawozów w ogóle. Do uzyskania wysokich plonów, utrzymania i podnoszenia żyzności gleb (48) wskazane jest zatem równoległe stosowanie nawozów organicznych i mineralnych. Łatwo przyswajalne składniki pokarmowe w postaci nawozów mineralnych są podstawowym elementem żywienia roślin w środowisku glebowym ukształtowanym przy współdziałaniu nawozów organicznych. Przy dużych dawkach NPK w postaci nawozów mineralnych niezbędne jest równoległe nawożenie magnezem, ewentualnie w miarę potrzeb również innymi makroelementami i mikroelementami.

LITERATURA

1. Adamus M., Boratyński K. — Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 40 b.
2. Andrzejewski M. — Roczniki Nauk Rolniczych, t. 67-A-3, 1963.
3. Ansorge H. — Albrecht Thaer Archiv, 1965, t. 9, z. 3.
4. Ansorge H. — Albrecht Thaer Archiv, 1965, t. 9, z. 7.
5. Ansorge H. — Albrecht Thaer Archiv, 1966, t. 10, z. 3.
6. Ansorge H. — Albrecht Thaer Archiv, 1966, t. 10, z. 3.
7. Ansorge H. — Albrecht Thaer Archiv, 1966, t. 10, z. 4.
8. Ansorge H. — Albrecht Thaer Archiv, 1966, t. 10, z. 5.

9. Balla A. — *Agrokemia es Talajtan*, 1963, t. 12, nr 4.
10. Balla A. — *Agrokemia es Talajtan*, 1963, t. 12, nr 4.
11. Barszczak T. — *Roczniki Gleboznawcze*, t. XV, z. 1, 1965.
12. Baumann E. — *Albrecht Thaer Archiv*, 1963, t. 7.
13. Birecki A., Fabijańska J. — *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 40 b, 1963.
14. Birecki M., Frymus R., Rudkiewicz F. — *Pamiętnik Puławski*, z. 10.
15. Birecki M., Gawrońska-Kulesza A. — *Roczniki Nauk Rolniczych*, t. 85-A-2, 1962.
16. Birecki M., Zimniak Z. — *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 40 a, 1963.
17. Boguszewski W., Chojnacki A., Swirniak R. — *Pamiętnik Puławski*, z. 14, 1964.
18. Boratyński K., Czuba R. — *Roczniki Gleboznawcze Dod. do t. X*, 1961.
19. Boratyński K., Roszykowska S., Ziętecka M. — *Roczniki Gleboznawcze*, t. XV, z. 1, 1965.
20. Boratyński K., Wilk K. — *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 21.
21. Brzeska J. — *Roczniki Nauk Rolniczych*, t. 91-A-2, 1966.
22. Buczak E. — *Roczniki Nauk Rolniczych*, t. 91-A-2, 1966.
23. Bugajew W. P., Osipowa Z. M. — *Agrochimija*, 1966, 4.
24. Byczkowski A., Batalin M. — *Prace Działu Żywienia Roślin i Nawożenia 1951—1955*, z. 2, PWRiL, Warszawa, 1956.
25. Byczkowski A., Birecka H., Boratyński K. — *Zeszyty Problemowe Nauki Polskiej*, z. 6 (1956), PWN, Warszawa, 1965.
26. Chroboczek E., Hurich J., Wartak D. — *Zeszyty Naukowe WSR Szczecin*, 1962, nr 7.
27. Cooke G. W., Mattingly G. E. G., Williams R. J. B. — *The Journal of Soil Science*, t. 9, nr 2, 1958.
28. Czuba R. — *Roczniki Nauk Rolniczych*, t. 86, A-1, 1962.
29. Czuba R. — *Zawartość magnezu przyswajalnego w bielcowej glebie pyłowej w zależności od stosowanego nawożenia w płodozmianie ośmiopolowym. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych z. 78*, 1967.
30. Czuba R. — *Roczniki Gleboznawcze dod. do t. XV*.
31. Dobrzański B. — *Z. Pfl. Düng. Bod.*, 84 (129), 1959, z. 1—3.
32. Dobrzański B. — *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 40 a.
33. Dzieżyc J., Świętochowski B. i in. — *Zarys rejonizacji przyrodniczo-rolniczej w województwie opolskim*. Opole, 1959.
34. Gericke S., Bärmann C. — *Die Phosphorsäure*, t. 24, 1964.
35. Giedrojć B. — *Roczniki Gleboznawcze*, t. XV, z. 1.
36. Godlin M. M., Oliniewicz W. A. — *Agrochimija*, nr 2, 1966.
37. Górski M., Królikowski L. — *Roczniki Gleboznawcze*, t. II. Warszawa, 1952.
38. Górski M., Kuszelewski L. — *Roczniki Gleboznawcze*, t. XII, z. 2, 1963.
39. Iversen K. — *Die Phosphorsäure*, t. 15, 1953.
40. Iversen K. — *Zeszyty Naukowe WSR Szczecin*, 1962, nr 7.
41. Jabłoński B. — *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 40 a.
42. Jagoda J., Skąpski H. — *Roczniki Nauk Roln.*, t. 91-A-2, 1966.
43. Jaroszewicz I. W. — *Agrochimija*, nr 7, 1966.
44. Jelinek K., Ambrożowa M. — *Ristlinna Vyroba*, nr 8, 1966.

45. Karpowa S. E., Pietrowa L. S. — *Poczwowiedienije*, nr 8, 1966.
46. Koenekamp A., Zimmer E. — *Z. Pfl. Düng. Bod.*, 68 (1955).
47. Kononowa M. K. — *Poczwowiedienije*, nr 11, 1957.
48. Kowaliński S. — *Postępy Nauk Rolniczych*, nr 6/1962.
49. Kudrin J. K., Suchobrus S. W. — *Agrochimija* nr 6, 1966.
50. Kuszelewski L., Żurawska A. — *Roczniki Nauk Roln.* t. 90-A-4., 1966.
51. Lazurski A. W. — *Agrochimija*, nr 1, 1966.
52. Ligum S. J. — *Agrochimija* nr 4, 1966.
53. Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E. — *Analiza chemiczno-rolnicza*. Warszawa—Kraków, 1962.
54. Lubaraskaja L. S., Szewcowa L. K., Griszińska N. L. — *Wiestn. Sielchoz. Nauki* nr 5, 1963.
55. Łoginow W., Kaszubiak T. — *Pamiętnik Puławski*, z. 14, 1954.
56. Mac Lean A. A., Doyle L. L. — *I. Potassium Canad. J. Soil. Sci.* t. 63, 1963.
57. Maksimow A., Goralski J. — *Właściwości sorpcyjne i odczyn gleb*. PWRiL. Warszawa, 1959.
58. Michael G., Djurabi M. — *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung Bodenkunde*, t. 107, z. 1, 1964.
59. Nehring K. — *Zeitschrift für landwirtschaftliches Versuchs und Untersuchungswesen*, t. 7, z. 6, 1961.
60. Nehring K., Wiesemüller W. — *Albrecht Thaer Archiv*, t. 10, z. 4, 1966.
61. Nehring K., Wiesemüller W. — *Albrecht Thaer Archiv*, t. 10, z. 5, 1966.
62. Niklewski M., Cieniewski J., Brzozecka H. — *Zeszyty Problemowe Post. Nauk Rolniczych*, z. 40 b.
63. Nikołajewa T. A. — *Poczwowiedienije*, nr 12, 1958.
64. Osipowa Z. M. — *Poczwowiedienije*, nr 4, 1964.
65. Owssia J., Wilgerg E., Michael G. — *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung Bodenkunde*, t. 113, z. 2, 1966.
66. Praca zespołowa — *Roczniki Gleboznawcze* (w druku).
67. Russel R. D. — *J. Sci. Food and Agric.* t. 14, 1963.
68. Sauerlandt W., Grotzner R. — *Z. Pfl. Düng. Bod.*, 62 (107), 1953.
69. Sauerlandt W., Grotzner E. — *Z. Pfl. Düng. Bod.*, 63 (108), 1953.
70. Sauerlandt W., Grotzner E. — *Z. Pfl. Düng. Bod.*, 69 (114), 1955.
71. Schachtschabel P. — *Methodenbuch*, t. I, 1955.
72. Schönberg W. — *Albrecht Thaer Archiv*, t. 7, 1963.
73. Seiberth W. — *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, t. 90 (135), z. 3, 1960.
74. Szczerba S. W., Brodskaja R. J. — *Pamiętnik Akademika D. N. Priani-sznikowa*. Moskwa, 1950.
75. Świętochowski B. — *Acta Agrobotanica*, vol. IX, nr 1, 1960.
76. Świętochowski B., Zielińska D., Żurawski H. — *Zeszyty Probl. Post. Nauk Rolniczych*, z. 40a, 1963.
77. Terlikowski F. K. — *Prace wybrane z dziedziny gleboznawstwa, chemii rolnej i nawożenia, pod redakcją M. Kwinichidze i K. Boratyńskiego*. PWRiL. Warszawa, 1958.
78. Tuchołka Z., Czekański A., Wojtowska R. — *Zeszyty Naukowe WSR Szczecin*, nr 7, 1962.
79. Uszakowa W. P. — *Wiestn. Sielchoz. Nauki*, nr 1, 1963.