

WOJCIECH CIEŚLA, JAN KOPER

WPLYW WIELOLETNIEGO NAWOŻENIA
MINERALNO-ORGANICZNEGO
NA UKSZTAŁTOWANIE SIĘ POZIOMU FOSFORU ORGANICZNEGO
I PRZYSWAJALNEGO ORAZ
AKTYWNOŚCI ENZYMATYCZNEJ GLEBY

Katedra Gleboznawstwa i Biochemii
Akademii Rolniczo-Technicznej w Bydgoszczy

WSTĘP

W ostatnich latach daje się zauważyć zwiększenie obszaru gleb z deficytem fosforu, w związku z wyczerpywaniem się jego zasobów (9). Dlatego też nastąpił rozwój badań nad fosforem organicznym gleb. Często związki organiczne fosforu zajmują połowę ogółu zawartego fosforu w glebie i mogą być po mineralizacji ważnym jego źródłem dla roślin.

W zależności od warunków (temperatura, nawożenie, wilgotność itp.) w glebach następuje wbudowywanie fosforu w połączenia organiczne, bądź też mineralizacja ich [10]. Wykorzystywanie fosforu przez rośliny ze stosowanych nawozów wynosi w naszych warunkach 15-20%.

W wielu pracach [5, 13] stwierdzono, że formy fosforu organicznego powszechnie występujące w glebie stają się dostępne dla roślin dzięki znajdującym się w niej enzymom (fosfatazie, fitazie, lipazie). Rolston i in. [13] wykazali, że w strefie korzeniowej roślin istnieje sporo mikroorganizmów zdolnych do hydrolizowania związków fosforoorganicznych.

Z innych prac [2, 6, 17] wynika, że pobranie fosforu z fityn uzależnione jest od rodzaju kationów w nich zawartych i od właściwości gleby. Największe pobieranie fosforu z gleb zasadowych występuje w glebach o dużym stężeniu wapnia, następnie sodu i magnezu. Korzenie roślin żyjących w symbiozie z grzybami wykazują znaczną aktywność fosfatazową. Dlatego też obecnie główne zainteresowanie budzi możliwość zwiększenia dostępności fosforu organicznego w wyniku zainfekowania korzeni roślin grzybami [15].

Dużą rolę w procesie enzymatycznego udostępnienia roślinom fosforu ze związków organicznych odgrywają koloidy glebowe. Makboul i Ottow [8] w modelowych badaniach stwierdzają, że dezaktywacja fosfatazy i innych enzymów zależy od rodzaju minerałów glebowych.

Badania prowadzone przez Cieślę i in. [3], jak również wcześniej [12] wykazały duże wahania aktywności fosfatyzacji w okresie wegetacyjnym.

Z badań Gawriłowej i in. [4] wynika, że aktywność fosfatyzacji zależy w dużym stopniu od kultury rolnej i kolejności upraw. Autorzy ci uważają, że aktywność fosfatyzacji jest dobrym wskaźnikiem mineralizacji fosforu organicznego.

W swoich badaniach pragnęliśmy określić, jaki wpływ ma długoletnie, statyczne nawożenie na wzajemne powiązanie ilościowe fosforu organicznego, przyswajalnego i aktywności enzymatycznej gleby.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie, z którego pobrano próbki, założone jest na glebie płowej właściwej, należącej do klasy gleb brunatnoziemnych. Jest ono prowadzone nieprzerwanie od 40 lat na Polu Doświadczalnym w RZD w Mochełku (tab. 1). Glebę pobierano w czasie czwartego okresu zmianowania upraw, po wschodzie rzepaku ozimego. Próbki gleb pobierano na każdym poletku i mieszano materiał z czterech odwiertów. Przed przystąpieniem do badań wysuszono je w temperaturze pokojowej i po przeniesieniu przez sito o \varnothing oczek 1 mm przechowywano w temp. 18°C. Naważki próbek do analiz sporządzano po przesianiu gleby przez sito o \varnothing oczek 0,25 mm. Każdorazowo robiono trzy powtórzenia z poszczególnych naważek.

Zawartość fosforu organicznego obliczano z różnicy pomiędzy ogólną ilością tego pierwiastka po mineralizacji gleby a ilością nieorganicznej jego części. $P_{ogółem}$ i $P_{nieorg.}$ oznaczano metodą kolorymetryczną z mieszaniną molibdenową. Fosfor przyswajalny oznaczano przy użyciu automatycznej linii pomiarowej Contiflo produkcji węgierskiej. Aktywność fosfatyzacji oznaczono metodą kolorymetryczną, a jako substratu użyto fosforanu p-nitrofenolu. Aktywność dehydrogenazy, inwertazy, egzo- i endocelulazy oznaczono powszechnie stosowanymi metodami. Jako substratu do pomiarów aktywności dehydrogenazy użyto chlorku 2,3,5-trójfenylotetrazoliowego. Aktywność enzymu wyrażono w mg powstającego formazanu na 100 g gleby w ciągu jednej godziny. Pomiarów aktywności celulazy reaktywnej (C_x) dokonano na podstawie spadku lepkości roztworu karboksymetylocelulozy. Do pomiarów lepkości roztworu użyto wiskozymetru Oswalda. W celu oznaczenia aktywności egzo celulazy jako substratu użyto 1% roztworu karboksymetylocelulozy. Aktywność enzymu wyrażono w mg cukru redukującego na 100 g gleby w ciągu jednej godziny.

Oznaczono również niektóre właściwości fizykochemiczne: skład granulometryczny metodą areometryczną, pH w H_2O i 1 M KCl zmierzono metodą elektrometryczną zachowując stosunek wagowy układu gleba: roztwór — 1:2,5, skład mineralny frakcji 0,002 mm oznaczono metodą transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM) oraz termicznej analizy różnicowej (DTA).

Tabela 1

Schemat nawożenia i zmianowania upraw na poletkach doświadczalnych
 A scheme of fertilization and crop rotation of experimental plots

| Obiekt nawożeniowy Fertilizing treatment | Rodzaj nawożenia Fertilization kind | Nawożenie w ciągu rotacji – Fertilization during rotation kg/ha | Zmianowanie upraw Crop rotation |
|---|--|---|--|
| 1 | bez nawożenia no fertilization | N – 286 | buraki cukrowe – sugar beets |
| 2 | słoma pszenna 50 dt/ha wheat straw 50 dt/ha + PKN | P – 125 | jęczmień ozimy z wsiewką – winter barley with intersown |
| 3 | PKN jak w oborniku + PKN PKN as in farmyard manure + PKN | K – 355 Ca – 500 | koniczyna czerwona – red clover |
| 4 | PKN jak w oborniku + PKN + MgO PKN as in farmyard manure + PKN + MgO | | rzepak ozimy – winter rape |
| 5 | obornik 250 dt/ha + N farmyard manure 250 dt/ha + N | Mg – 60 | pszenica ozima – winter wheat |
| 6 | obornik + PK farmyard manure + PK | | |
| 7 | obornik + KN forma saletrzana farmyard manure + KN nitrate form | | |
| 8 | obornik + KN forma amonowa + MgO farmyard manure + KN ammonium form + MgO | | |
| 9 | obornik + PN forma saletrzana farmyard manure + PN nitrate form | | |
| 10 | obornik + PN forma amonowa + MgO farmyard manure + PN ammonium form + MgO | | |
| 11 | obornik + PKN forma saletrzana farmyard manure + PKN nitrate form | | |
| 12 | obornik + PKN forma amonowa + MgO farmyard manure + PKN ammonium form + MgO | | |
| 13 | obornik + PKN forma amonowa + CaO farmyard manure + PKN ammonium form + + CaO | | |
| 14 | obornik + PKN forma amonowa + CaO + MgO farmyard manure + PKN ammonium form + MgO | | |

Badanie TEM przeprowadzono za pomocą mikroskopu elektronowego BS-613 Tesla. Pomiarów DTA dokonano przy użyciu derywatografu według systemu Pauli-Eroley produkcji węgierskiej.

WYNIKI BADAŃ

Skład granulometryczny gleb z poletek poszczególnych obiektów w ich warstwie ornej zmienia się w pewnym zakresie. Dotyczy to głównie frakcji iłu pyłowego (tab. 2). Tym niemniej na poletkach tych występują gatunki gleb od piasku słabogliniastego do gliny lekkiej silnie spiaszczonej.

Z dyfraktogramów i derywatogramów frakcji ilastej wyodrębnionej z gleb obiektu doświadczalnego wynikało, że reprezentują one typ illitowy ze znacznym udziałem struktur mieszanych illitowo-montmorylonitowych. Ponadto we frakcji tej w charakterze domieszek występuje kaolinit, montmorylonit oraz wysoko dyspersyjny kwarc.

Tabela 2

Skład granulometryczny oraz pH badanej gleby
Granulometric composition and pH of the soil studied

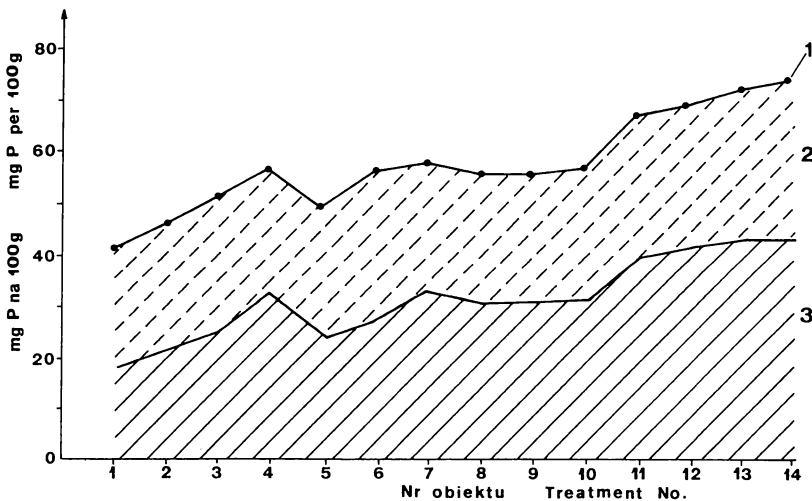
| Numer obiektu Treatment No. | Średnia % zawartość frakcji ziemistych w mm Mean content % of soil fractions in mm | | | | pH | |
|-----------------------------------|---|----------|------------|---------|------------------|------|
| | 1-0,1 | 0,1-0,02 | 0,02-0,002 | < 0,002 | H ₂ O | KCl |
| 1 | 68,2 | 15 | 11,6 | 4 | 5,81 | 4,24 |
| 2 | 67,4 | 16,2 | 10,2 | 6,2 | 4,52 | 3,71 |
| 3 | 69 | 15 | 11 | 5 | 4,43 | 3,37 |
| 4 | 68 | 15 | 11 | 6 | 4,33 | 3,38 |
| 5 | 70 | 17 | 10 | 3 | 4,30 | 3,40 |
| 6 | 70 | 16 | 11 | 3 | 4,94 | 3,82 |
| 7 | 70 | 17 | 10 | 3 | 4,34 | 3,40 |
| 8 | 68 | 17 | 11 | 3 | 4,16 | 3,24 |
| 9 | 70 | 16 | 10 | 4 | 4,25 | 3,35 |
| 10 | 69 | 17 | 10 | 4 | 4,15 | 3,23 |
| 11 | 70 | 16 | 11 | 3 | 4,37 | 3,35 |
| 12 | 69 | 16 | 10 | 5 | 4,49 | 3,43 |
| 13 | 66 | 18 | 10 | 6 | 5,82 | 4,83 |
| 14 | 64 | 18 | 12 | 6 | 5,55 | 4,46 |
| | | | | | NIR LSD | |
| | | | | | 0,05-0,2606 | |
| | | | | | 0,01-0,3474 | |

Kwasowość czynna i wymienna (tab. 2) wskazywała, że są to gleby o pH_{KCl} najczęściej poniżej 4,5. Zawartość fosforu organicznego w glebach z poletek nie nawożonych utrzymywała się na poziomie 24,0 mg P w 100 g gleby, w glebach pozostałych kombinacji nawozowych wahała się od 24,1 do 30,2 mg P w 100 g gleby (tab. 3). Fosfor organiczny z gleb kontrolnych (obiekt nr 1) zajmował aż 57,1% ogólnej ilości fosforu. W glebach nawożonych fosfor organiczny stanowił średnio 40-53% ogólnej zawartości fosforu. Największą kumulację fosforu organicznego zauważono w glebach z obiektu nr 14 - 30,4 mg P w 100 g gleby, a najniższy poziom kumulacji fosforu przyswajalnego stwierdzono w glebach z obiektów nr 5, 7 i 8, czyli tam, gdzie nie stosowano nawożenia fosforowego (rys. 1). Fosfor przyswajalny w glebach nie nawożonych stanowił około 22% ogólnej ilości fosforu, natomiast w glebach z obiektów nr 5,

Tabela 3

Fosfor organiczny i przyswajalny
Organic and available phosphorus

| Numer obiektu Treatment No. | P organiczny – P organic | | P przyswajalny – P available | |
|--------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | mg/100 g gleby in mg/100 g soil | jako % fosforu ogółem as % of P total | mg P ₂ O ₅ /100 g gleby in mg P ₂ O ₅ /100 g soil | jako % fosforu ogółem as % of P total |
| 1 | 24,0 | 57,10 | 20,8 | 21,77 |
| 2 | 24,5 | 53,37 | 24,5 | 23,29 |
| 3 | 24,9 | 48,76 | 26,8 | 23,02 |
| 4 | 24,1 | 45,89 | 27,4 | 21,12 |
| 5 | 25,1 | 51,01 | 14,8 | 12,97 |
| 6 | 24,7 | 45,50 | 27,8 | 21,70 |
| 7 | 24,9 | 43,71 | 13,6 | 12,30 |
| 8 | 24,7 | 44,77 | 15,0 | 11,84 |
| 9 | 25,7 | 45,80 | 29,2 | 22,71 |
| 10 | 25,5 | 45,10 | 30,6 | 23,59 |
| 11 | 26,5 | 39,76 | 29,2 | 19,19 |
| 12 | 27,4 | 39,48 | 31,4 | 20,01 |
| 13 | 28,9 | 40,41 | 32,2 | 19,65 |
| 14 | 30,4 | 41,77 | 33,6 | 20,11 |
| | NIR 0,05 –0,0009 LSD | | NIR 0,05 –2,7059 LSD | |
| | NIR 0,01 –0,0012 LSD | | NIR 0,01 –3,6079 LSD | |



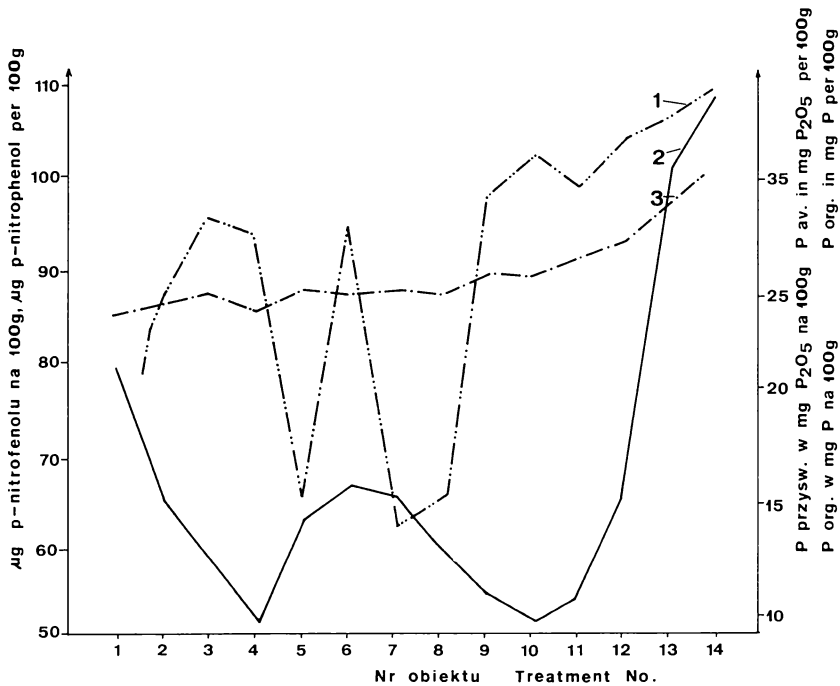
Rys. 1. Średnia zawartość fosforu ogółem – 1, organicznego – 2 i mineralnego – 3 w glebach z poletek poszczególnych obiektów

Fig. 1. Mean content of total – 1, organic – 2 and mineral phosphorus – 3 in soils of plots of particular treatments

7 i 8 średni tylko około 12%. Najwięcej tej formy fosforu było w glebie obiektów nr 12 i 13, zawierała ona odpowiednio 14,04 i 14,65 mg P w 100 g gleby.

Aktywność badanych enzymów uległa ogólnie podobnym zmianom. Zwykle dość wysoką aktywnością charakteryzowały się gleby z poletek nie nawożonych, znacznie wyższą niż gleby z poletek obiektów od 2 do 12. Wysoką aktywnością enzymów wyróżniały się gleby z obiektu nr 6 (obornik + PK).

Zdecydowany wzrost aktywności badanych enzymów wystąpił w glebach nawożonych obornikiem i pełnym składem mineralnym z uwzględnieniem CaO i MgO (nr 4, nr 8–14). Z przedstawionych graficznie danych widać wyraźnie, że często wzrost przyswajalnej formy fosforu odbywa się przy jednoczesnym wzroście ilości fosforu organicznego i poziomu aktywności fosfatazy (rys. 2).



Rys. 2. Aktywność fosfatazy — 1, zawartość fosforu organicznego — 2 i przyswajalnego — 3 w wartościach średnich w glebach z poletek poszczególnych obiektów

Fig. 2. Phosphatase activity — 1, organic — 2 and available phosphorus — 3 in mean values in soils of plots of particular treatments

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Zależności między ilością fosforu organicznego a aktywnością fosfatazy zostały już wykazywane we wcześniejszych badaniach [4]. O nasileniu przemian syntezy i rozpadu związków organicznych w glebie informują enzymy

z grupy oksydoreduktaz, np. dehydrogenaza [7]. Panckoly i Rice [11] podają, że ilość enzymów celulolitycznych i inwertazy dobrze obrazuje stopień rozkładu resztek poźniwnych oraz słomy pochodzącej z obornika.

Otrzymane wyniki aktywności enzymów (tab. 4) pozwalają przypuszczać, że badane gleby zawierają fosfatazę o niskiej aktywności. Obniżona jest

Tabela 4

Aktywność enzymatyczna badanej gleby. Wartości średnie dla obiektu
Enzymatic activity of the soil studied (mean values)

| Numer obiektu Treatment No. | Fosfataza Phosphatase | Inwertaza Invertase | Dehydrogenaza Dehydrogenase | Celulaza Cellulase | Celulaza Cx Cellulase Cx |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | 79,18 | 18,22 | 0,10 | 0,19 | 33,3 |
| 2 | 58,90 | 5,04 | 0,04 | 0,07 | 27,9 |
| 3 | 57,82 | 4,18 | 0,04 | 0,06 | 30,1 |
| 4 | 51,30 | 5,58 | 0,05 | 0,06 | 32,4 |
| 5 | 62,80 | 5,86 | 0,06 | 0,05 | 31,8 |
| 6 | 66,10 | 11,08 | 0,09 | 0,07 | 32,7 |
| 7 | 65,06 | 6,64 | 0,08 | 0,06 | 30,6 |
| 8 | 58,90 | 5,84 | 0,06 | 0,05 | 29,8 |
| 9 | 53,80 | 5,70 | 0,04 | 0,06 | 31,8 |
| 10 | 51,40 | 5,04 | 0,06 | 0,03 | 30,3 |
| 11 | 54,28 | 5,30 | 0,07 | 0,04 | 29,3 |
| 12 | 65,50 | 9,23 | 0,08 | 0,09 | 33,2 |
| 13 | 100,90 | 23,30 | 0,15 | 0,14 | 42,6 |
| 14 | 100,70 | 28,78 | 0,18 | 0,38 | 47,5 |
| | NIR | | | | |
| | LSD | | | | |
| | 0,05–5,3843 | | | | |
| | 0,01–7,1791 | | | | |

również wyraźnie aktywność dehydrogenazy. Znacznie wyższe aktywności stwierdzono w innych typach gleb [4, 14], a np. w glebie płowej właściwej ustalono spadek lepkości roztworu karboksymetylocelulozy w granicach 22–36%, zaś aktywność inwertazy odpowiadającą redukcji cukru 0,31–0,66 mg w ciągu 3 godzin [19]. Obniżenie aktywności dehydrogenazy i podwyższenie aktywności celulazy i inwertazy wywołane odpowiednim rodzajem nawożenia zaobserwował Abdel-Gaffar i in. [1]. W naszych badaniach otrzymaliśmy wyniki podobne (tab. 4). Obniżenie aktywności fosfatazy i dehydrogenazy należy prawdopodobnie przypisać inaktywacji enzymów przez stosowane nawozy mineralne i niskie pH.

Pomimo znacznego obniżenia aktywności fosfatazy w glebach większości obiektów doświadczenia, wykazano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji wysoko istotną zależność tej cechy w odniesieniu do ogólnej ilości fosforu organicznego. Przykładowo dla gleb z obiektu nie nawożonego przy

określaniu tej zależności otrzymano współczynnik korelacji $r = 0,90^{**}$, a dla gleb z obiektów 2 i 5 $r = 0,81^{**}$.

Wieloletnie zróżnicowane nawożenie organiczno-mineralne istotnie wpłynęło na poziom fosforu przyswajalnego. Wzbogacanie gleby w przyswajalną formę fosforu obserwowano równoległe z nagromadzeniem ogólnej ilości fosforu. Jednakże w układzie naszego doświadczenia nagromadzenie fosforu ogółem jest o wiele większe. Przykładowo w glebach z obiektu nr 14 (obornik + PKN + MgO i CaO) tam, gdzie nastąpił największy przyrost fosforu w stosunku do gleb nie nawożonych, ilość fosforu przyswajalnego wzrasta o ok. 60%, natomiast zawartość fosforu ogółem wzrosła ok. 75%. Świadczyć to może o tym, że część fosforu wnoszonego do gleby z nawozami przechodzi w formę, która nie ulega ekstrakcji w czasie oznaczenia fosforu przyswajalnego. Możliwe jest także przemieszczenie się fosforu w nieco głębszą warstwę profilu glebowego.

Zauważono wyraźne obniżenie zawartości fosforu przyswajalnego w glebach nie nawożonych fosforem. We wcześniejszych badaniach stwierdzono, że systematyczne stosowanie nawozów fosforowych prowadzi do wzrostu zawartości przyswajalnego fosforu w glebie. Jednakże jego zawartość zależała od wielkości plonów roślin [18].

Stosunkowo dużo fosforu w formie przyswajalnej oznaczono w glebach obiektu nr 2 (tab. 3). Dodatni wpływ nawożenia gleby słomą na wzrost przyswajalnej formy fosforu zauważyli również Strzelec i Kobus [16].

W doświadczeniach w Mochełku z obliczeń korelacji można w większości przypadków wnioskować o dużej współzależności stężeń fosforu organicznego i przyswajalnego z aktywnością fosfatazy (rys. 2). Uzyskano tu wysoko istotną korelację w glebach obiektu nr 13 dla zależności między aktywnością fosfatazy a zawartością $P_{\text{przysw.}}$ ($r = 0,65^{**}$), natomiast dla zależności między aktywnością fosfatazy a P_{org} $r = 0,72^{**}$.

Wzrost zawartości fosforu organicznego i fosforu przyswajalnego z jednoczesnym spadkiem aktywności fosfatazowej zaobserwowano w glebach obiektów 2, 3 i 4, co jest prawdopodobnie wynikiem zastosowanego nawożenia mineralnego. W niektórych glebach, gdzie stosuje się obornik, ilość fosforu przyswajalnego jest mniejsza. Stosowanie obornika okazuje się zabiegiem wystarczającym w przypadku niskiego zapotrzebowania na fosfor. Przy niedoborze fosforu konieczne jest zwykle wprowadzenie nawozów mineralnych.

Na przyswajalność fosforu organicznego istotny wpływ wywiera rozpuszczalność związków i kwasowość roztworu glebowego. Najlepsza rozpuszczalność jest przy odczynie bliskim obojętnemu lub słabo kwaśnemu. Badane gleby należały do kwaśnych (tab. 2). W warunkach tych mogą się tworzyć nierozpuszczalne fosforany żelaza i glinu, przez co obniża się ilość fosforu przyswajalnego.

Istotna, lecz ujemna zależność, jaka wystąpiła w glebach pomiędzy $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ a zawartością P organicznego świadczy o większej trwałości fosforu organicz-

nego w środowisku kwaśnym. Przykładowo obliczony dla gleb z obiektu nr 1 współczynnik korelacji wynosi $r = -0,88^{**}$, a dla gleb z obiektu 5 $r = -0,64^{**}$.

Duże znaczenie w podwyższeniu poziomu przyswajalności fosforu ma wapnowanie gleby. Wyniki naszych badań potwierdziły tę tezę. Największe nagromadzenie się fosforu przyswajalnego wystąpiło w glebach z obiektów 13 i 14.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że z powodu znacznego spadku aktywności enzymatycznej, w szczególności fosfatazowej, i niskiemu pH w glebach statycznego doświadczenia w Mochelku istnieją dość ograniczone warunki do wykorzystywania zawartego w nich fosforu organicznego przez rośliny.

WNIOSKI

1. Największy przyrost zawartości fosforu organicznego w stosunku do gleby nie nawożonej stwierdzono w glebie, gdzie stosowano nawożenie obornikiem z trójskładnikowym nawożeniem mineralnym (PKN) przy jednoczesnym uwzględnieniu dodatku CaO i MgO.

2. Wyraźny spadek poziomu fosforu przyswajalnego stwierdzono w glebach, których nie nawożono fosforem, ale stosowano obornik i pozostałe nawozy mineralne.

3. Zaobserwowany spadek aktywności enzymatycznej gleb nawożonych jest prawdopodobnie wynikiem znacznego zakwaszenia gleby, spowodowanego długotrwałym i jednostronnym nawożeniem, jakie stosuje się w przedstawionym doświadczeniu.

4. Dla niektórych gleb nawożonych stwierdzono, że przyrost ilości fosforu przyswajalnego zachodził łącznie ze wzrostem ogólnej ilości fosforu organicznego oraz poziomu aktywności fosfatazy.

LITERATURA

- [1] Abdel-Gaffar A. S., El-Shakweer M. H. A., Barakat M. A. Effect of organic matter and salt on the activity of some soil enzymes. Int. Symp. Soil Org. Matter Stud. Brunswick 1976.
- [2] Arutjunian E. A., Gałstjan A. Sz. Ob opredeljenji aktiwnosti szczelocnoj i kisloj fosfataz poczw. Agrochimija 1975 t. 5 s. 128–133.
- [3] Cieśla W., Pech K., Pawluczuk Z., Sulimierska G. Wstępne badania nad sezonową zmiennością aktywności fosfatazy i ureazy w czarnoziemiach kujawskich. Zesz. Nauk. ATR 1977 t. 44 s. 23–35.
- [4] Gawriłowa A. N., Sawczenko N. I., Szimko N. A. Soderżanije organofosfatow i aktywnost fosfatazy w dernowo-palewopodzolistych poczwach raznej stepieni okuturennosti. Poczwowedenije 1975 t. 1 s. 81–85.
- [5] Halstead R. L., Mc Kercher R. B. Biochemistry and cycling of phosphorus. (In:) Soil Biochemistry Ed. Poul E. A., Mc Laren A. D., Dekker, New York USA 1975 s. 31–63.
- [6] Jume G. N., Tabatabai M. A. Effects of trace elements on phosphatase activity in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 1977 t. 41 s. 343–346.

- [7] Kuprewicz W. T., Szczerbakowa T. A. Comparative enzymatic activity in difference types of soil. *Poczwennaja Enzymologia* 1969 t. 8 s. 167-198.
- [8] Makboul H. E., Ottow J. C. G. Einfluss von Zwei- und Dreischittenmineralen auf die Dehydrogenasesäure, Phosphatase und Urease-Aktivität in Modellversuchen. *Z. Pflanzener-nähr. Bodenkd.* 1979 t. 3 s. 500-513.
- [9] Markowskij A. G. Fosfor w pachotnych poczwach kujbyszewskiej oblasti. *Poczwedenije* 1976 t. 1 s. 41-50.
- [10] Mc Gill W. B., Cole C. V. Comparative aspects of cycling organic C, N, S and P through soil organic matter. *Geoderma* 1981 t. 26 s. 267-286.
- [11] Panckoly S. K., Rice E. L. Soil enzymes in relation to old field succession: amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase, and urease. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1973 t. 37 s. 47-50.
- [12] Ponomariewa N. S., Pirogowa T. I., Nikulina W. D., Antonowa W. K., Fosfataznaja aktivnost vysokich sołoncow lesostepi Omskoj Oblasti. *Agrochimija* 1972 t. 6 s. 102-108.
- [13] Rolston D. E., Rauschkolb R. S., Hoffman D. L. Infiltration of organic phosphate compounds in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1975 t. 39 s. 1089-1094.
- [14] Rzeźniowiecka-Sulimierska G., Cieśla W., Koper J. Studia nad fosforem organicznym. Cz. II. Fosfor organiczny i jego frakcje w niektórych glebach uprawnych i leśnych. *Rocz. Glebozn.* 1984 t. 35 s. 11-22.
- [15] Ryan J. A., Sims J. L. Effect of phosphate and chloride salts on microbial activity in flooded soil. *Soil Sci.* 1974 t. 118 s. 95-101.
- [16] Strzelec A., Kobus J. Wpływ nawożenia gleby słomą i fosforanem wapnia na jej aktywność biologiczną. *Rocz. Glebozn.* 1979 t. 30 s. 93-105.
- [17] Tyler G. Heavy metal pollution, phosphatase activity and mineralization of organic phosphorus in forest soil. *Soil Biol. Biochem.* 1976 t. 8 s. 327-332.
- [18] Wenglikowska E. Porównanie wpływu wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na zawartość przyswajalnego fosforu w glebie lekkiej. *Rocz. Glebozn.* 1986 t. 37 s. 151-158.
- [19] Zamorski R., Bartkowiak G., Ślizak W. Zmiany aktywności gleby indukowane przez Temik. *Zesz. Nauk. ATR* 1982 t. 101 s. 40-57.

В. ЦЕСЛЯ, Я. КОПЕР

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО МИНЕРАЛЬНО-ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ УРОВНЯ ОРГАНИЧЕСКОГО И УСВОЯЕМОГО ФОСФОРА И НА ЭНЗИМАТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

Кафедра почвоведения и биохимии Сельскохозяйственно-технической академии в Быдгоще

Резюме

В почвах делянок опытной станции Мохэлэк с 14 минерально-органическими удобрительными вариантами исследовали на протяжении 40 лет уровень органического усвояемого фосфора, а также активность фосфатазы, дегидрогеназы, инвертазы и целлюлазы.

Установлен прирост органического фосфора в удобряемых почвах в сравнении с неудобряемыми. Самую высокую аккумуляцию органического фосфора установлено при удобрении почвы стойловым навозом с прибавкой NPK, а также MgO и CaO. Условия опыта оказали существенное влияние на уровень усвояемого фосфора, который составлял наиболее часто 20-23% общего содержания фосфора в исследуемой почве.

Активность фосфатазы и остальных энзимов в удобряемых почвах обычно слабее, чем активность этих энзимов в неудобряемых почвах, за исключением почв удобряемых стойловым навозом и полным составом минеральных удобрений (NPK) с учетом известкования и удобрения магнием.

В большинстве случаев была получена высокосущественная корреляция для системы $P_{усв}$ и активность фосфатазы, а также $P_{орг}$ и активность фосфатазы.

W. CIEŚLA, J. KOPER

EFFECT OF THE LONG-TERM MINERAL-ORGANIC
FERTILIZATION ON FORMATION OF THE ORGANIC
AND AVAILABLE PHOSPHORUS LEVEL AND ON ENZYMATIC
ACTIVITY OF SOIL

Department of Soil Science and Biochemistry
University of Agricultural Technology of Bydgoszcz

Summary

In soils taken from the field of the 40-year fertilizing cultivation experiment at Mochełko, comprising 14 mineral-organic treatments, the organic and available phosphorus content as well as the phosphatase, dehydrogenase, invertase and cellulase activity were determined.

An increment of the organic phosphorus content in fertilized soils in relation to non-fertilized ones has been proved. The greatest organic phosphorus accumulation was found at soil fertilization with farmyard manure at addition of NPK and of MgO and CaO. The experiment conditions affected significantly the available phosphorus content amounting most often to about 20–23% of the total phosphorus content in the soil under study.

The activity of phosphatase and remaining enzymes in fertilized soils was usually lower than the activity of these enzymes in non-fertilized soils, except for soils fertilized with farmyard manure and full set of mineral fertilizers (PKN) at simultaneous liming and magnesium fertilization.

In most cases a highly significant correlation for the system of P_{av} + phosphatase activity and P_{org} + phosphatase activity has been obtained.

*Prof. dr W. Cieśla
Katedra Gleboznawstwa i Biochemii
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy
85-029 Bydgoszcz, Bernardyńska 6*

Praca wpłynęła do redakcji we wrześniu 1989 r.

