

JAN KOPER

ZAWARTOŚĆ ESTRÓW FOSFORANOWYCH INOZYTOLU W GLEBIE Z WIELOLETNIEGO STATYCZNEGO DOŚWIADCZENIA NAWOŻENIOWEGO

Katedra Gleboznawstwa i Biochemii Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy

WSTĘP

Fosforany inozytolowe są frakcją fosforu organicznego zawierającą niekiedy ponad 50% ogólnej ilości fosforu organicznego gleby [9]. Występują fosforany myo-, scyllo- i D-chiroinozytolu, rzadziej neoizomery [1]. Izomery te są prawdopodobnie produktami epimeryzacji myo-inozytolu przebiegającej w obecności mikroorganizmów [8]. Możliwy jest także przebieg syntezy tych izomerów w glebie bez epimeryzacji [7].

Fosforany inozytolu występują w glebie najczęściej w kompleksowych połączeniach z węglowodanami i białkami. Mogą one tworzyć duże cząsteczki, wiążąc się ze sobą poprzez grupy fosforanowe jak w inozytydach. Z badań Veinota i Thomasa [16], dotyczących frakcjonowanego rozdziału na żelach Sephadex G-75, G-150, G-200 materii organicznej gleby ekstrahowanej ługiem z użyciem żywicy chelatującej typu Dowex A-1, wynika, że fosforany inozytolowe występują we frakcjach o dużym ciężarze cząsteczkowym. Ponadto autorzy sugerują, że jony Fe i Al są częściowo odpowiedzialne za tworzenie się wysokocząsteczkowych kompleksów zawierających fosforany inozytolu. Uzyskano bowiem duże stężenie obu pierwiastków we frakcji otrzymanej na Sephadexie G-200, która zawierała 32% fosforu organicznego ogółem w materii organicznej gleby. Wyższe estry fosforanowe inozytolu są trwalsze niż jego niższe estry i dlatego ulegają trudniej procesom mineralizacji w glebach [4, 12].

Ilości fosforu związanego z inozytolem i wzajemne stosunki jego estrów zależą od wielu czynników. Mc Kercher i Anderson [10] wykazali, że stosunki sześciodo pięciofosforanów ulegały zmianie wraz z typem gleby. Do podobnych wniosków doszli autorzy pracy [14] w późniejszych badaniach kierowanych przez Cieślę.

Czynnikiem, który również znacząco oddziałuje na kształtowanie się poziomu fosforu inozytolowego w glebie, jest rodzaj nawożenia i sposób użytkowania gleby. W prowadzonych w Polsce badaniach, problem glebowych fosforanów inozytolu był rzadko podejmowany. Podjęcie tego problemu jest szczególnie interesujące w świetle wieloletniego zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego gleby.

OBIEKT I METODYKA

Glebę do badań pobrano z doświadczenia prowadzonego od ponad 40 lat w RZD w Mochełku. Obejmuje ono 14 obiektów nawożonych według ustalonego schematu (tab. 1). Doświadczenie prowadzono na glebie płowej właściwej, wytworzonej z gliny zwałowej. Szczegółową jej charakterystykę, jak również niektóre detale dotyczące nawożenia w tym długoletnim okresie podano w pracy Urbanowskiego [15]. Z każdego poletka pobierano glebę z warstwy 5-25 cm. Sposób pobrania i uśredniania prób dokładnie opisano w poprzednich pracach [2, 3]. Frakcje fosforu inozytolowego otrzymano zgodnie z wcześniej opracowaną metodyką [14], która zakłada oddzielenie fosforu lipidowego i fosforu kwasów nukleinowych od fosforu związanego z inozytolem. Po uzyskaniu ekstraktu zawierającego fosforany inozytowe przeprowadzono ich rozdział, stosując chromatografię kolumnową według metody Mc Kerchera i Andersona [10]. Kolumnę o wymiarach 160 × 12 mm wypełniano żywicą kationowymienną Dowex A-1 (100-200 mesh), w formie mrówczanowej. Na kolumnę do rozdziału nanoszono średnią próbkę każdego ekstraktu reprezentującą poszczególne ilości ekstraktów otrzymanych z pięciu próbek gleby pobranych z każdego obiektu. Po połączeniu tych ekstraktów zagęszczono je do objętości 5 cm³ przy użyciu wyparki próżniowej. Przemywanie naniesionej na kolumnę frakcji inozytolewej o znanej ilości fosforu przeprowadzono używając do tego mrówczanu amonowego o stężeniach kolejno 0,6 M i 1,2 M o pH 7. Uzyskane estry po elucji 0,6 M

T a b e l a 1

Schemat nawożenia gleby w doświadczeniu polowym w Mochełku
A scheme of fertilization of soil in the field experiment in Mochełek

Obiekt nawożeniowy Fertilization object	Rodzaj nawożenia Fertilization and manuring
1	Bez nawożenia
2	Słoma pszenna 50 dt/ha + PKN
3	PKN jak w oborniku + PKN
4	PKN jak w oborniku + PKN + MgO
5	Obornik 250 dt/ha + N
6	Obornik + PK
7	Obornik + KN forma saletrzana
8	Obornik + KN forma amonowa + MgO
9	Obornik + PN forma saletrzana
10	Obornik + PN forma amonowa + MgO
11	Obornik + PKN forma saletrzana
12	Obornik + PKN forma saletrzana + MgO
13	Obornik + PKN forma saletrzana + CaO
14	Obornik + PKN forma saletrzana + CaO + MgO

Nawożenie mineralne w ciągu rotacji w kg/ha: N — 286, K — 355, Mg — 60, P — 125, Ca

mrówczanem amonowym określane są jako niższe estry, czyli zawierające od 1 do 4 grup ortofosforanowych (w tabelach zapisywane skrótem IP_{1-4}). Natomiast estry eluowane 1,2 M mrówczanem amonu to wyższe estry, czyli zawierające 5 i 6 grup PO_4^{-3} , i w tabelach są zapisywane skrótem IP_{5-6} . Porcje przesączu o objętości 10 cm^3 zbierano za pomocą kolektora z szybkością przepływu $0,5\text{ cm}^3$ na minutę, stosując przystawkę objętościową.

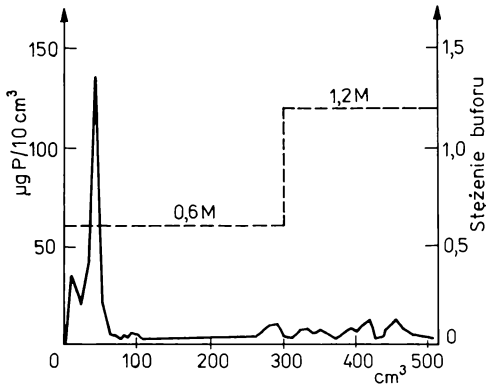
Fosfor w odpowiednich objętościach przesączów po uprzedniej ich mineralizacji oznaczano kolorymetrycznie. Wykonano 14 rozdzielów chromatograficznych wyizolowanej z gleby frakcji fosforu inozytoliowego i oznaczono stężenie fosforu w kolejnych porcjach przesączu (rys. 1-14). Odpowiadają one ekstraktem otrzymanym z próbek 14 obiektów doświadczenia.

WYNIKI BADAŃ

Analiza przesączy wykazała we wszystkich przypadkach obecność stosunkowo dużej ilości niższych estrów fosforanowych inozytoli (do 300 cm^3 przesączu). Występują one we wszystkich chromatogramach w postaci jednego, dość ostrego i wąskiego piku. Nigdzie nie stwierdzono piku odpowiadającego fosforowi nieorganicznemu. Świadczyć to może o dużej trwałości związków fosforu występujących we frakcji inozytoliowej, jak również o dobrym oddzieleniu pozostałych frakcji fosforu organicznego, w szczególności fosforu kwasów nukleinowych (tab. 2).

Wyższe estry fosforanowe inozytoli w glebie z poletek nie nawożonych występowały średnio na poziomie około 2 mg w 100 g gleby. W większości badanych gleb nawożonych odnotowano spadek zawartości wyższych estrów inozytoliowych w porównaniu z glebą z poletek nie nawożonych (warianty doświadczeń 2-10). Wzrost stężenia tej formy estrów w badanej frakcji wystąpił dopiero w przypadku nawożenia gleby obornikiem i pełnym nawożeniem mineralnym. Uwzględnienie w nawożeniu gleby tlenu wapniowego lub magnezowego powodowało wzrost ilości wyższych estrów fosforanowych inozytoli. Najistotniejszy wzrost zawartości pięcio- i sześćofosforanów inozytoli stwierdzono przy zastosowaniu łącznie obu tlenków (obiekt 14). Wyższe estry fosforanowe inozytoli stanowiły $25,5\%$ ogólnej ilości fosforu frakcji inozytoliowej (tab. 2).

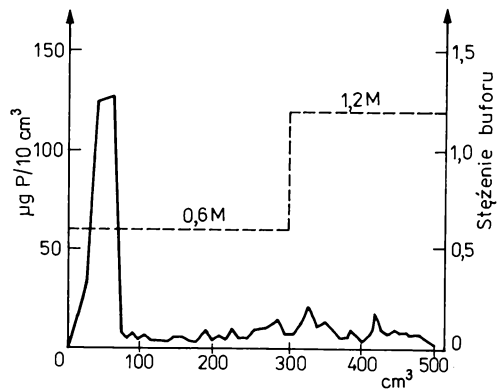
Inaczej kształtowała się zawartość niższych estrów inozytoliowych w badanych próbkach glebowych z poszczególnych wariantów doświadczenia. Gleby ze wszystkich poletek doświadczalnych charakteryzowały się zawsze większą zawartością 1-4-fosforanów inozytoliowych w porównaniu z glebą nie nawożoną. Fosfor związany z tymi estrami stanowił średnio od $74,5$ do $85,5\%$ ogółu fosforu organicznego tej frakcji (tab. 2). Nie zauważono wyraźniejszych różnic w ilości fosforu tych estrów przy nawożeniu organicznym i mineralnym. Wyraźny natomiast wpływ na wzrost ilości fosforu tych estrów wystąpił po zastosowaniu wapnowania gleby. Dodatek tlenu magnezu w nawożeniu mineralnym gleby obiektów 3 i 4 nieznacznie podwyższał ilość fosforu estrów inozytoliowych.



Rys. 1. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 1
Na kolumnę naniesiono 0,50 mg P org.

Fig. 1. Chromatogram for soils
from the object No 1

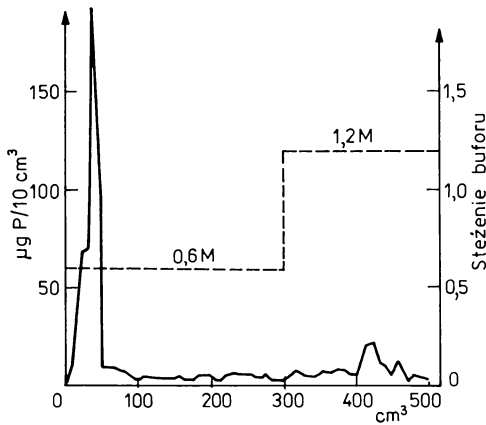
A sample containing 0,50 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 3. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 3.
Na kolumnę naniesiono 0,75 mg P org.

Fig. 3. Chromatogram for soils
from the object No 3

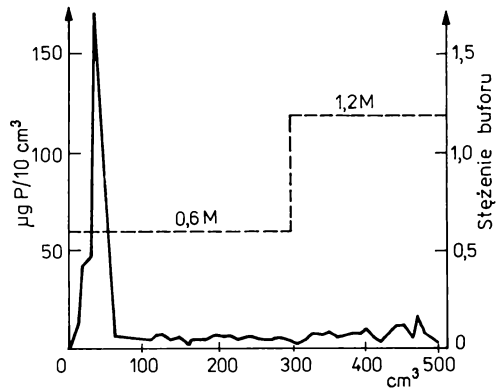
A sample containing 0,75 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 2. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 2
Na kolumnę naniesiono 0,80 mg P org.

Fig. 2. Chromatogram for soils
from the object No 2

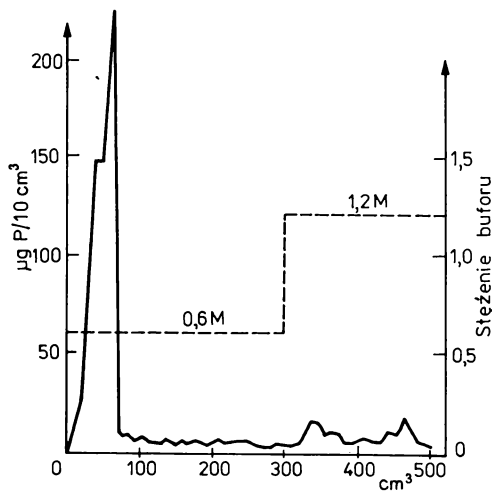
A sample containing 0,80 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 4. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 4
Na kolumnę naniesiono 0,60 mg P org.

Fig. 4. Chromatogram for soils
from the object No 4

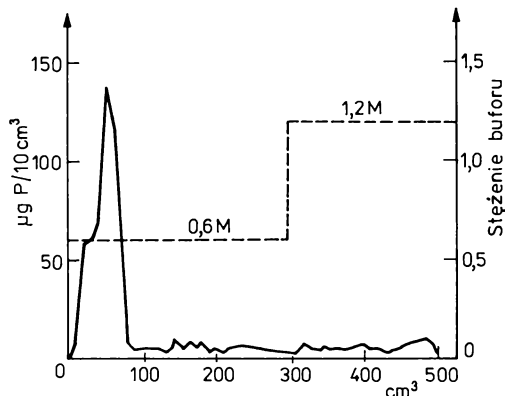
A sample containing 0,60 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 5. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 5
Na kolumnę naniesiono 0,95 mg P org.

Fig. 5. Chromatogram for soils
from the object No 5

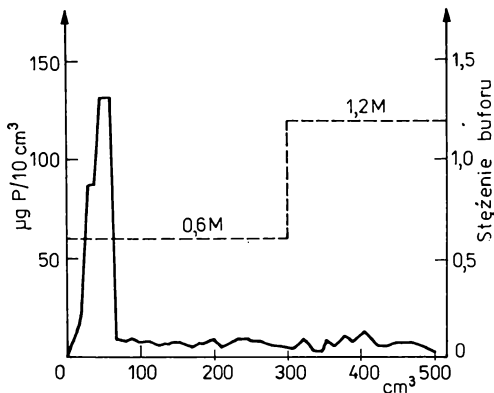
A sample containing 0.95 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 7. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 7
Na kolumnę naniesiono 0,70 mg P org.

Fig. 7. Chromatogram for soils
from the object No 7

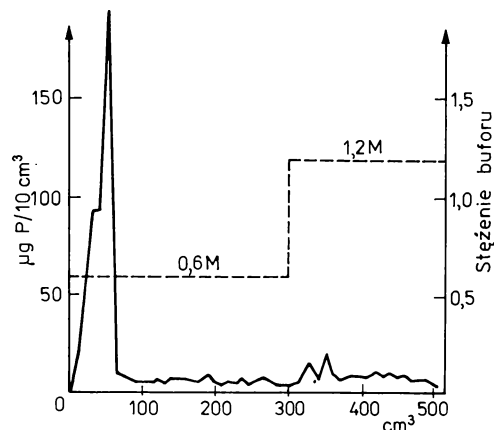
A sample containing 0.70 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 6. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 6
Na kolumnę naniesiono 0,80 mg P org.

Fig. 6. Chromatogram for soils
from the object No 6

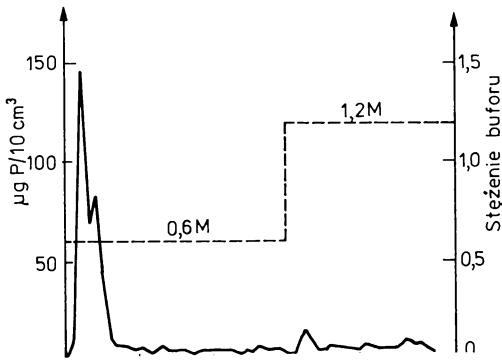
A sample containing 0.80 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 8. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 8
Na kolumnę naniesiono 0,80 mg P org.

Fig. 8. Chromatogram for soils
from the object No 8

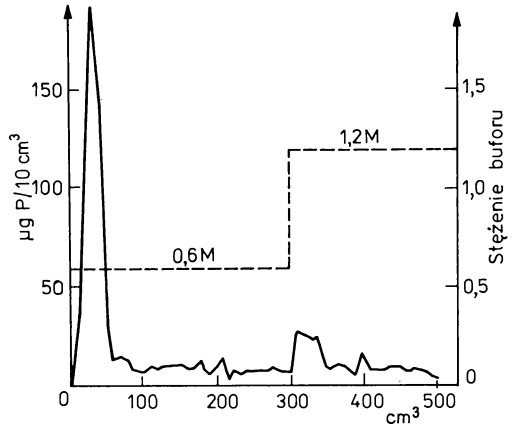
A sample containing 0.80 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 9. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 9
Na kolumnę naniesiono 0,95 mg P org.

Fig. 9. Chromatogram for soils
from the object No 9

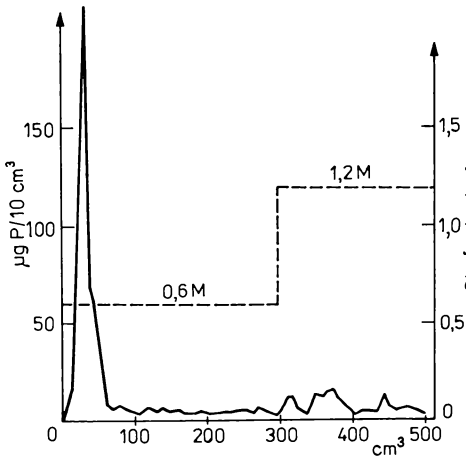
A sample containing 0,95 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 11. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 11
Na kolumnę naniesiono 1,10 mg P org.

Fig. 11. Chromatogram for soils
from the object No 11

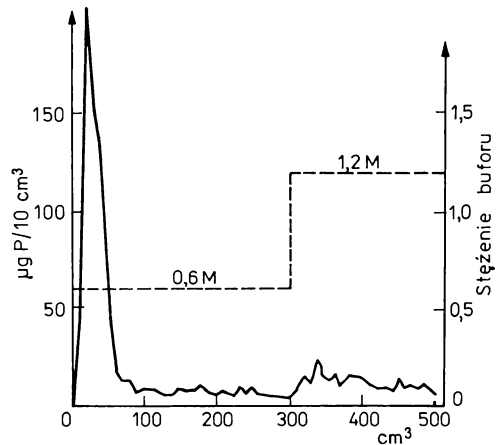
A sample containing 1,10 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 10. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 10
Na kolumnę naniesiono 0,85 mg P org.

Fig. 10. Chromatogram for soils
from the object No 10

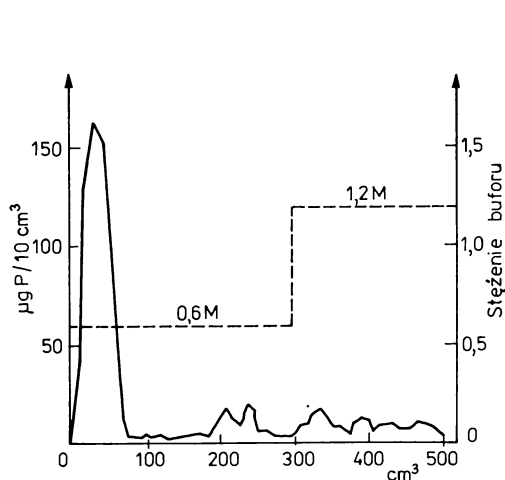
A sample containing 0,85 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 12. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 12
Na kolumnę naniesiono 1,05 mg P org.

Fig. 12. Chromatogram for soils
from the object No 12

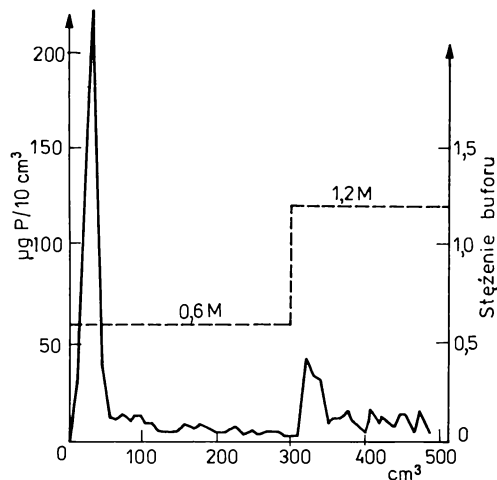
A sample containing 1,05 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 13. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 13
Na kolumnę naniesiono 0,95 mg P org.

Fig. 13. Chromatogram for soils
from the object No 13

A sample containing 0,95 mg P org was put onto
the top of the column



Rys. 14. Chromatogram dla gleb z obiektu nr 14
Na kolumnę naniesiono 1,10 mg P org.

Fig. 14. Chromatogram for soils
from the object No 14

A sample containing 1,10 mg P org was put onto
the top of the column

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE WYNIKÓW

Fosfor inozytowy badanej gleby stanowił średnio 35-37% ogólnej ilości oznaczonego fosforu organicznego. Wyższe estry fosforanowe inozytoli objęowały maksymalnie 9,4% ogółu fosforu organicznego gleby (tab. 3). W glebach kanadyjskich wartość ta dochodziła do 11-17% [9]. Frakcją dominującą okazały się niższe estry fosforanowe inozytoli. W przeprowadzonych badaniach Anderson i Malcolm [1] donoszą o przewadze fosforu wyższych estrów fosforanowych inozytoli. Badana przez nich gleba charakteryzowała się jednak ogólnie większą zawartością fosforu tej frakcji niż gleba badana w doświadczeniu w Mochelku. Fosfor 5,6-fosforanów inozytowych w glebie badanej przez cytowanych autorów [1] stanowił ponad 50% ogólnej ilości fosforu inozytowego, natomiast w glebie z Mochelka maksymalnie tylko 25% (tab. 2). Może to sugerować, że nawożenie gleby w Mochelku powodowało nagromadzenie dużej ilości fosforu w części 1,4-fosforanowych estrów inozytowych lub też że analizowana frakcja zawiera inne związki połączone z resztami kwasu ortofosforowego (tab. 3).

Tabela 2

Zawartość niższych i wyższych estrów fosforanowych inozytoli w ogólnej ilości fosforu tej frakcji przyjętej za 100

The content of lower and higher inositolic phosphorus esters with assumption of amounts of total phosphorus in particular fractions as 100

Nr obiektu Object No	Niższe estry (IP ₁₋₄) Lower esters (IP ₁₋₄)		Wyższe estry (IP ₅₋₆) Higher esters (IP ₅₋₆)	
	%	mg/100 g gleby — of soil	%	mg/100 g gleby — of soil
	1	75,0	6,24	25,0
2	78,4	6,65	21,6	1,84
3	80,6	7,07	19,4	1,70
4	79,8	7,29	20,2	1,84
5	83,7	7,39	16,3	1,45
6	85,6	7,70	14,4	1,30
7	84,6	7,43	15,4	1,35
8	78,3	6,92	21,7	1,93
9	83,0	7,79	17,0	1,60
10	80,2	7,58	19,8	1,88
11	76,0	6,69	24,0	2,11
12	78,4	7,69	21,6	2,13
13	78,3	8,19	21,7	2,27
14	74,5	8,05	25,5	2,86

Tabela 3

Udział estrów inozytolowych w ogólnej ilości fosforu organicznego (P_{org.}) i w ogólnej ilości fosforu zawartego w glebie (P_{og.})

Per cent contribution of inositolic esters in organic phosphorus (P_{org.}) and total phosphorus (P_{total})

Numer obiektu Object No	Niższe estry (IP ₁₋₄) Lower esters (IP ₁₋₄)		Wyższe estry (IP ₅₋₆) Higher esters (IP ₅₋₆)	
	IP ₁₋₄ P _{og.} [%]	IP ₁₋₄ P _{org.} [%]	IP ₅₋₆ P _{og.} [%]	IP ₅₋₆ P _{org.} [%]
	1	14,96	26,00	4,84
2	13,62	27,14	4,01	7,51
3	13,92	28,39	3,34	6,82
4	12,88	30,24	3,25	7,63
5	14,88	29,44	2,91	5,78
6	13,77	31,17	2,32	5,26
7	12,87	29,84	2,34	5,42
8	12,49	28,02	3,48	7,81
9	13,88	30,31	2,85	6,22
10	13,92	29,72	3,32	7,37
11	10,09	25,24	3,19	7,96
12	11,22	28,06	3,11	7,77
13	11,45	28,33	3,17	7,85
14	11,04	26,48	3,92	9,41

Mniejsze ilości fosforu inozytowego od tych, jakie podają Anderson i Malcolm [1], występujące głównie we frakcji kwasów huminowych, uzyskali w swych badaniach Kudzin i Gubienko [6]. O znaczącym wpływie nawożenia na poziom estrów inozytowych donoszą również Oniani i in. [13]. W badanej przez nich glebie kwaśnej wystąpił wzrost ilości całkowitego fosforu organicznego, w tym również pięcio- i sześćofosforanów inozytowych. Suma fosforanów inozytowych wzrastała o 21% w powierzchniowej warstwie gleby badanej przez tych autorów. Natomiast w przypadku gleb o pH 7,1-7,4 nie stwierdzono istotnego wpływu stosowanego w nawożeniu superfosfatu i obornika na ilości oznaczanych wyższych estrów inozytoli. W cytowanych badaniach daje się zauważyć wpływ jonów magnezowych na nagromadzenie wyższych estrów inozytowych pozostających w połączeniach z fosforem.

Do podobnych stwierdzeń dochodzi się po analizie wyników, jakie otrzymano z badanej gleby z Mochełka. Większą ilością pięcio- i sześćofosforanów inozytoli charakteryzowały się gleby, w których przy nawożeniu dodano CaO i MgO (tab. 1 i 2). Może to sugerować, że jony wapniowe i magnezowe tworzą trwałe połączenie z fosforanami inozytowymi i powodują gromadzenie tych związków w glebach.

W badaniach przeprowadzonych przez Rzeźniowiecką-Sulimierską i in. [14] okazało się, że wyższe estry fosforanowe stanowiły 30-40% całkowitej zawartości fosforu inozytowego gleb uprawnych pochodzących z Kujaw. Równocześnie poziomy mineralne badanej leśnej gleby brunatno-rdzawej zawierały 23%, a poziom iluwalny bielicy leśnej — 25% fosforanów inozytowych.

W badanej glebie z doświadczenia w Mochełku tylko próbki z poletek nawożonych obornikiem i NPK charakteryzowały się ilością wyższych estrów inozytoli podobną do wspomnianej bielicy leśnej. Gleby pochodzące z obiektu 14 doświadczenia są pod względem procentowego udziału wyższych estrów inozytowych w ogólnej zawartości fosforu organicznego w pewnym stopniu podobne do leśnej gleby brunatno-rdzawej (tab. 2).

WNIOSKI

1. Frakcja inozytowa fosforu organicznego zawierała dużą ilość niższych estrów fosforanowych, które stanowiły od 25 do 31% fosforu organicznego ogółem badanej gleby płowej.

2. Niższe estry fosforanowe inozytoli gromadziły się w większych ilościach w glebach nawożonych niż w glebie nie nawożonej.

3. Wysoce istotną kumulację wyższych estrów fosforanowych inozytoli stwierdzono w glebie nie nawożonej obornikiem, lecz pełnym nawożeniem mineralnym (PKN) z jednoczesnym dodatkiem CaO i MgO.

4. Stosunkowo dużym nagromadzeniem się wyższych estrów fosforanowych inozytoli (8,5% ogółu fosforu organicznego) charakteryzowały się gleby nie nawożone; estrów tych było tu znacznie więcej niż w glebach nawożonych.

5. Zaobserwowano, że wprowadzenie do gleby wraz z nawozami jonów magnezowych i wapniowych przyczyniło się do zwiększenia kumulacji 5,6-fosforanowych estrów inozytowych w tych glebach.

LITERATURA

- [1] Anderson G., Malcolm R.F. The nature of alkalisoluble soil organic phosphate. *J. Soil Sci.* 1974 t. 25: 282-297.
- [2] Cieśla W., Koper J. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralno-organicznego na ukształtowanie się poziomu fosforu organicznego i przyswajalnego oraz aktywności enzymatycznej gleby. *Rocz. Glebozn.* 1990 t. 41 z. 3/4: 73-83.
- [3] Cieśla W., Koper J. Wpływ wieloletniego nawożenia gleby na dynamikę w niektórych frakcjach fosforu organicznego. *Rocz. Glebozn.* 1990 t. 41 z. 3/4: 85-93.
- [4] Halstead R.L., Anderson G. Chromatographic fractionation of organic phosphates from alkali, acid and aqueous acetyloceton tracts of soil. *Can. J. Soil Sci.* 1970 t. 50: 111-119.
- [5] Islam A., Ahmed B. Distribution of inositol phosphates, phospholipids and nucleic acids and mineralization of inositol phosphates in some Bangladesh soil. *J. Soil Sci.* 1973 t. 24: 193-198.
- [6] Kudzin J.K., Gubienko W.A. Wlianie 55-letnowo systematyczekowo primienienija udobreni na zapasy i formy organiczeskich sojedinenij fosfora w czernoziemnoj poczwie. *Agrochimija* 1970 t. 9: 3-10.
- [7] L'Annuziata M.F. The origin and transformation of the soil inositol phosphate isomers. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1975 t. 39: 377-379.
- [8] L'Annuziata M.F., Gonzales J., Olivares L.A. Microbial epimerization of myo-inositol to chiro-inositol in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1977 t. 1: 733-736.
- [9] Mandal R., Islam A. Inositol phosphate esters in some surface soils of Bangladesh. *Geoderma* 1979 t. 22. 315-321.
- [10] Mc Kercher R.B., Anderson G. Characterization of the inositol penta- and hexaphosphate fractions of a number Canadian and Scottish soils. *J. Soil Sci.* 1968 t. 19: 302-309.
- [11] Mc Kercher R.B., Anderson G. Content of inositol penta- and hexa phosphates in some Canadian soils. *J. Soil Sci.* 1968 t. 19: 47-55.
- [12] Omotoso T.J., Wild A. Occurrence of inositol phosphates and other organic phosphate components in an organic complex. *J. Soil Sci.* 1970 t. 21: 224-232.
- [13] Oniani O.G., Charter M., Matingly E.G. Some effects of fertilizers and farmyard manure on the organic phosphorus in soil. *J. Soil Sci.* 1973 t. 1: 1-9.
- [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: 11-22.
- [15] Urbanowski S. Wpływ wieloletniego nawożenia mineralnego i organicznego na plonowanie roślin i zmiany właściwości chemicznych gleby. *Mat. Symp. Puł.* 1976: 17-18.
- [16] Veinot R.L., Thomas R.L. High molecular weight organic phosphorus complexes in soil organic matter inositol and metal content of various fractions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1972 t. 36: 71-73.

J. KOPER

THE CONTENT OF INOSITOL PHOSPHORUS ESTERS IN SOILS OF LONG-TERM FERTILIZATION EXPERIMENT

Department of Soil Science and Biochemistry, University of Technology and Agriculture
at Bydgoszcz

Summary

The study was carried out on the soils of long-term field experiment. The experiment was established on typical soil lessivé from the order of brown soils on the area in the Experiment Station Mochełek near Bydgoszcz. The experiment comprised 14 fertilization treatments, with and without farmyard manure. Soil samples were taken from the depth of 5-25 cm.

Inositol phosphorus fractions were determined according to the Mc Kercher and Anderson method, after isolation of other phosphorus organic compounds by Schmidt-Thanhauser's procedure. The method of column chromatography with resin Dowex A-1 (100–200 mesh) was used in order to divide inositolic fraction into lower phosphorus esters (IP_{1-4}) and higher phosphorus esters (IP_{5-6}). For the process of elution of phosphorus esters 0,6 and 1,2 M ammonium formate was used.

A great amount of lower phosphorus esters was identified what compared generally 25–31% of total organic phosphorus in examined soils. Fertilized soils usually contained more lower inositol phosphorus esters than non-fertilized soils. Highly significant accumulation of higher inositolic phosphorus esters was noticed in soils without manuring in comparison to soils under mineral fertilization with addition of CaO and MgO. The content of higher inositol phosphorus esters in soils without fertilization (control soil) was rather high and very often was higher than its content in soils with fertilization. Higher inositolic phosphorus esters in non-fertilized soils consists about 8,5 % total organic phosphorus.

Dr J. Koper
Katedra Gleboznawstwa i Biochemii
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy
85-317 Bydgoszcz, Bernardyńska 6

Praca wpłynęła do redakcji w listopadzie 1989 r.

