

DONKA DELCZEWA-WALEWA¹, STANISŁAW MOSKAL

WPLYW DŁUGOLETNIEGO ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FOSFORANÓW W GLEBIE

Katedra Chemii Rolniczej SGGW, Warszawa. Kierownik — prof. dr J. Goralski

Od czasu ogłoszenia przez Changa i Jacksona [3] metodyki frakcjonowanej analizy związków fosforowych w glebie ukazało się wiele prac na ten temat [1, 4, 5, 6, 7, 8, 11].

W badaniach nad związkami fosforu w glebie można by wyróżnić dwa kierunki. Jeden — to badania nad związkami fosforu w glebie naturalnej, gdzie chodzi o związki fosforu w różnych typach gleb w różnych strefach klimatycznych. Drugi — to wpływ nawożenia na zawartość poszczególnych związków fosforu.

Wiadomo, że w naszych warunkach glebowych i klimatycznych wykorzystanie fosforu przez rośliny z zastosowanych nawozów fosforowych jest niewielkie i wynosi ok. 15—20%. Pozostała część fosforu przechodzi w różne związki. W Skierniewicach [11] na glebie bielicowej na piasku gliniastym mocnym pod wpływem nawożenia superfosfatem zwiększała się ilość wolnych fosforanów glinu, a jeśli wskutek nawożenia siarczanem amonu odczyn gleby był silnie kwaśny, to zwiększała się także ilość wolnych fosforanów żelaza. Nawożenie superfosfatem nie wywierało jednak wpływu na zawartość fosforanów wapnia w glebie. Doświadczenia prowadzone były w ciągu 40 lat bez obornika i roślin motylkowych.

BADANIA WŁASNE

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań nad zmianami w zawartości związków fosforu, występującymi pod wpływem zróżnicowa-

¹ Pracownik Katedry Chemii Rolniczej WSR im. G. Dymitrowa w Sofii.

nego nawożenia w latach 1947—1965 na Polu Doświadczalnym Rejonowego Zakładu Doświadczalnego w Poświętnem, pow. Płońsk².

Doświadczenie nawozowe prowadzono na glebie bielcowej, piasku gliniastym mocnym w czterech powtórzeniach w układzie systematycznym. Zastosowano 10 różnych kombinacji nawozowych, a mianowicie:

1 — O,	6 — PK,
2 — P,	7 — NP,
3 — K,	8 — NK,
4 — N,	9 — NPK, a
5 — Ca,	10 — CaNPK.

Nawożenie było następujące:

— azotu 0—60 kg/ha w zależności od rośliny, średnio 31 kg N rocznie jako saletra amonowa, saletrzak, saletra wapniowa lub siarczan amonu,

— fosforu 35 kg P₂O₅/ha rocznie w postaci superfosfatu,

— potasu 40—60 kg/ha, średnio 50 kg K₂O rocznie w formie soli potasowej.

— obornik w ilości 300 q/ha, stosowany co 5 lat,

— wapnowanie wapnem nawozowym (ok. 65% CaO) w ilości 12,5 q/ha co 5 lat.

Rośliny motylkowe w okresie trwania doświadczenia były uprawiane 5 razy.

Próbki glebowe pobrano w 1965 r. z warstwy ornej z głębokości 25 cm z 25 punktów laską Egnera, z poletek o powierzchni 50 m², z wyłączeniem pasa przybrzeżnego szerokości 1 m.

Wyniki oznaczeń pH_{H₂O}, pH_{KCl}, kwasowości wymiennej według Dai-kuhary i kwasowości hydrolitycznej według Kappena w próbkach glebowych podane są w tab. 1. Zawartość próchnicy oznaczono w próbkach pobranych na granicy między poletkami Ca i PK w każdym bloku. Wynosiła ona w bloku I — 0,96%, w bloku II — 0,81%, w bloku III — 0,75%.

Analizę mineralnych związków fosforu wykonano metodą Changa i Jacksona [3 i 9]. Zawartość organicznych związków oznaczono metodą Mehty i współautorów oraz metodą Bray'a-Kurtza.

Ponieważ zawartość fosforu organicznego określona za pomocą tych metod znacznie się różniła, wyliczono procent fosforu organicznego w glebie jako różnicę między zawartością fosforu ogółem a sumą wszystkich frakcji fosforu oznaczonych metodą Changa i Jacksona. Okazało

² Panu mgr F. Gajkowi — zastępcy dyrektora Zakładu — autorzy dziękują uprzejmie za udostępnienie próbek glebowych.

się, że wartości wyliczone jako różnice są pośrednie między wartościami uzyskanymi za pomocą wymienionych wyżej metod. Dlatego przyjęto je jako najbardziej wiarygodne.

Fosfor ogółem oznaczono w wyciągu glebowym w stężonym kwasie nadchlorowym na gorąco.

Fosfor łatwo dostępny dla roślin oznaczono metodą Egnera-Riehma.

Wyniki analizy związków fosforowych umieszczone są w tabelach 2a i 2b.

Rozpatrując wpływ różnego nawożenia na zawartość fosforu ogółem oraz poszczególnych frakcji fosforu w glebie należy zaznaczyć, że doś-

Tabela 1

Odczyn gleby i jej kwasowość na Polu Doświadczalnym w Poświętnym
Soil reaction and acidity of the experimental field at Poświętne

Nawożenie Fertilizer treatment	Blok II i III				Blok I			
	pH		kwasowość acidity		pH		kwasowość acidity	
	H ₂ O	KCl	wymien- nna exchange- able	hydroli- tyczna hydroly- tic	H ₂ O	KCl	wymien- nna exchange- able	hydroli- tyczna hydroly- tic
O	5,70	4,40	0,58	4,22	6,20	5,20	0,08	2,58
P	5,55	4,45	0,79	4,55	6,10	4,95	0,21	3,27
K	5,30	4,40	1,02	4,67	6,50	5,40	0,05	2,35
N	5,05	4,05	1,30	4,86	6,00	4,85	0,12	3,04
Ca	5,95	5,05	0,25	3,45	6,50	5,35	0,08	2,43
PK	5,30	4,20	0,89	4,41	6,05	4,70	0,23	3,27
PN	5,45	4,15	1,14	4,56	5,75	4,40	0,25	3,64
NK	5,10	4,10	1,08	4,56	5,60	4,40	0,32	3,87
NFK	5,25	4,25	0,99	4,48	5,50	4,35	0,40	4,02
Ca NPK	6,00	5,00	0,24	3,35	6,15	5,00	0,20	3,27

wiadczenie jest tak usytuowane w terenie, że czwarty blok znalazł się na glebie wyraźnie różniącej się od gleby w pozostałych trzech blokach. Różnice w zawartości poszczególnych frakcji fosforu wynosiły nawet kilkaset procent. Dlatego ta część doświadczenia została wyeliminowana z rozważań.

Blok pierwszy różnił się od drugiego i trzeciego tym, że odczyn gleby był wyraźnie słabiej kwaśny, a kwasowość wymienna i hydrolityczna znacznie mniejsza. Różnice te są większe w pierwszych pięciu kombinacjach, w których przekraczają nawet różnice między poletkami wapnowanymi i nie wapnowanymi. Pociąga to za sobą dość znaczne zróżnicowanie zawartości niektórych frakcji fosforu. Dlatego blok pierw-

Tabela 2a

Zawartość różnych związków fosforu na polatkach bloków II i III
 Contents of different phosphatic compounds on plots of blocks II and III

Nawożenie Fertilizer treatment	Fosfor oznaczony metoda Egnera Heilm Phosphorus determined by Egners- Heilm method	Fosfor ogółem Total phosphorus	Fosfor w wyciągu NH_4Cl Phosphorus in NH_4Cl extract	Fosforany glinu Al-phosph- hates	Fosforany żelaza Fe-phosph- hates	Fosforany wapnia Ca-phosph- hates	Okludowane fosforany żelaza Fe-phosph- hate soluble reductants	Okludowane fosforany glinu i glinowo- żelazowe Occluded Al and Al- Fe-phosph- hates	Suma posyeji 4-9 Sum of columns 4-9	Organiczne związki fosforu Organic phospho- com- pounds
mg $\text{P}_2\text{O}_5/100$ g globy - mg $\text{P}_2\text{O}_5/100$ g soil										
O	9,7	118,7	0,90	24,0	15,9	26,1	20,8	1,75	89,45	29,25
P	11,6	129,2	1,24	29,8	17,9	25,6	21,0	1,81	97,55	31,85
K	8,3	116,6	0,78	23,6	12,6	25,1	20,8	2,06	84,94	31,66
N	8,2	115,4	0,90	22,6	17,8	24,0	17,6	1,94	84,80	30,60
Ca	8,2	135,8	1,90	20,5	19,6	22,8	16,3	2,50	83,60	52,20
PK	10,5	121,1	2,60	27,0	15,7	21,9	13,9	2,30	84,40	36,70
NP	10,5	125,5	2,64	26,5	21,1	22,4	16,3	2,69	91,63	33,87
NK	8,4	108,3	0,92	22,3	20,6	16,1	13,5	2,56	75,98	32,32
NPK	11,1	123,5	1,20	27,8	15,6	23,6	13,7	2,44	90,34	33,16
Ca NPK	11,9	125,0	1,24	21,9	12,6	28,5	19,3	1,63	85,17	39,83

Tabela 2b

Zawartość różnych związków fosforu na polstkach bloku I
Content of different phosphatic compounds in plots of block I

Nawożenie Fertilizer treatment	Fosfor oznaczony metoda Kjeldera Röhlm Phosphorus determined by Kjeld- er-Röhlm method	Fosfor ogółem Total phosphorus	Fosfor w wyciągu NH ₄ Cl Phosphorus in NH ₄ Cl extract	Fosforany glinu Al-phosp- hates	Fosforany żelaza Fe-phosp- hates	Fosforany wapnia Ca-phosp- hates	Okludowane fosforany żelaza Fe-phosp- hate soluble reductants	Okludowane fosforany glinu i glinowo- żelazowe Occluded Al and Al- Fe-phosp- hates	Suma pozycji 4-9 Sum of columns 4-9	Organiczne związki fosforu Organic phospho- com- pounds
mg P ₂ O ₅ /100 g gleby - mg P ₂ O ₅ /100 g soil										
O	12,5	115,0	0,80	14,75	11,20	23,00	22,40	1,88	74,03	40,97
P	11,6	126,0	1,76	21,00	16,80	25,80	20,00	2,19	87,55	38,45
K	12,5	108,3	1,36	11,50	10,00	24,40	16,80	1,88	65,94	42,36
N	9,1	102,3	1,00	14,25	12,80	24,20	15,80	2,25	70,30	32,00
O + Ca	12,3	126,6	3,04	17,00	15,00	25,00	13,40	2,38	75,82	50,78
PK	13,0	136,6	3,04	25,50	18,80	26,80	8,80	2,50	85,44	51,16
PN	13,0	135,0	2,88	24,50	17,60	28,80	13,00	2,00	88,78	46,22
NK	9,9	108,5	0,88	21,50	23,80	20,60	13,00	2,88	82,66	25,84
PNK	12,6	129,3	1,12	27,50	15,40	25,60	23,00	1,88	94,50	34,80
PNK + Ca	15,3	131,6	2,08	27,75	17,40	27,80	21,00	1,88	97,91	33,69

szy potraktujemy oddzielnie. Blok drugi i trzeci znajdują się w środku pola na glebie o zbliżonych własnościach. Zarówno odczyn, jak i kwasowość wymienna i hydrolityczna na odpowiednich poletkach w tych blokach są podobne. Również zawartość poszczególnych frakcji fosforu w tych blokach jest zbliżona. Uzyskane wyniki są podstawą niniejszej pracy.

WPŁYW NAWOŻENIA NA ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FOSFOROWYCH W BLOKU 2 I 3

Ogólna zawartość fosforu. Jak widać z tab. 2a, nawożenie superfosfatem w ilości 35 kg P₂O₅/ha rocznie w ciągu 18 lat w porównaniu do poletek nie nawożonych w ogóle zwiększyło ogólną zawartość fosforu tylko nieznacznie. Zwyżka ta w poszczególnych kombinacjach różni się nieco, ale ze względu na niejednakowe plony (tab. 3)

T a b e l a 3

Wpływ nawożenia (w ciągu 18 lat) na plony roślin uprawnych na Polu Doświadczalnym w Poświętnym
Effects of fertilizer treatment (18 years) on yields of crop plants at Poświętne Experimental Field

Nawożenie Fertilizer treatment	Plony uprawnych roślin w q z ha Yield of cultivated plants in q per ha					
	blok II i III - blocks II and III			blok I - block I		
	peluszkas - field pea 1964		ziemniaki potatoes 1965	peluszkas - field pea 1964		ziemniaki potatoes 1965
	nasiona seeds	słoma straw	kłoby tubers	nasiona seeds	słoma straw	kłoby tubers
O	21,95	28,50	227	23,70	27,85	286
P	21,38	31,00	231	27,20	35,30	282
K	23,00	28,85	240	26,97	33,30	268
N	22,38	28,40	267	27,85	35,30	304
Ca	22,95	29,19	210	24,80	31,10	242
PK	23,90	29,27	238	25,00	34,20	282
NP	25,35	29,40	265	26,30	33,30	314
NK	27,05	37,18	295	26,30	37,50	340
NPK	27,09	34,00	331	26,97	39,90	358
Ca NPK	29,83	39,90	322	28,07	37,70	354

nie można oczekiwać takich samych zawartości fosforu. Być może w pewnym stopniu mogła na to wpłynąć zmienność glebowa, jakkolwiek wyniki oznaczeń fosforu w obu blokach były bardzo podobne i raczej nie nasuwają takiego wniosku.

Jeżeli porównamy zawartość fosforu na poletkach nawożonych superfosfatem z jego zawartością na poletkach „N”, „K”, a zwłaszcza „NK”, to różnice są już wyraźne.

Duży wpływ na zwiększenie zawartości fosforu ogółem wywarło wapnowanie, ale tylko w kombinacji bez nawożenia mineralnego.

Największe obniżenie ogólnej zawartości fosforu stwierdzono na poletkach „NK”. Jest to zrozumiałe, ponieważ plony były tu znacznie większe niż na poletkach „O”, a w związku z tym i pobieranie fosforu było dużo większe. Na poletkach „N” i „K” wpływ ten był prawie niewidoczny.

Zawartość fosforanów oznaczonych metodą Egnera-Riehma i fosforanów przechodzących do roztworu NH_4Cl . Nawożenie superfosfatem powodowało zwiększenie zawartości „dostępnych” dla roślin fosforanów we wszystkich kombinacjach nawozowych z superfosfatem. Zwyżka ta jest jednak niewielka.

Wapnowanie gleby zarówno nie nawożonej, jak i nawożonej nie wpłynęło na zawartość fosforu oznaczonego metodą Egnera-Riehma. Nieco inaczej przedstawia się wpływ nawożenia fosforem i wapnowania na zawartość fosforu przechodzącego do roztworu NH_4Cl . Nawożenie tylko superfosfatem zwiększyło zawartość tej formy fosforu nieznacznie, natomiast w połączeniu z nawożeniem azotowym lub potasowym ilość tego fosforu wzrosła blisko trzykrotnie. Ilościowo jest to niewiele, ale ten fosfor jest dostępny dla roślin. W kombinacji „NPK” ilość „ruchliwych fosforanów” była prawie taka sama jak bez nawożenia. W kombinacji „CaNPK” było wyraźnie mniej tych fosforanów niż w kombinacji „Ca”. Wapniowanie bez nawożenia mineralnego spowodowało dwukrotne zwiększenie fosforu przechodzącego do roztworu NH_4Cl . Nawożenie tylko azotem lub potasem bądź łącznie azotem i potasem nie wpływało na poziom tych fosforanów. Ilość fosforanów oznaczonych metodą Egnera-Riehma stanowi 7—9% fosforu ogółem.

Zawartość i wzajemny stosunek fosforanów żelaza, glinu i wapnia. Przedstawione w tab. 2a wyniki wskazują, że nawożenie wywierało najbardziej widoczny wpływ na zawartość wolnych (nie okludowanych) fosforanów glinu. Nawożenie superfosfatem spowodowało zwiększenie zawartości fosforanów glinu we wszystkich kombinacjach z wyjątkiem „CaNPK”. Mniejsze zawartości fosforanów glinu na poletkach „CaNPK” mogą być tłumaczone gorszymi warunkami do tworzenia się tych fosforanów z zastosowanego superfosfatu, a z drugiej strony lepszą rozpuszczalnością fosforanów glinu (tych powstających obecnie i tych znajdujących się od dawna w glebie) przy podwyższonym pH z powodu wapnowania. Wapnowanie zarówno bez nawożenia mineralnego, jak łącznie z tym nawożeniem zmniejszało nieco zawartość fosforanów glinu. Nawożenie azotem lub potasem nie wpływało na zawartość tych fosforanów. Zawartość wolnych fosforanów glinu stanowiła od 15% („Ca”) do 23% („P”).

Jeżeli chodzi o wolne (nie okludowane) fosforany żelaza, to jakkolwiek zawartość ich w różnych kombinacjach była różna, nie można stwierdzić wpływu ani nawożenia azotem, fosforem bądź potasem, ani słabego wapnowania albo wpływ ten był niewielki.

Na poletkach nawożonych samym potasem zawartość fosforanów żelaza była mniejsza, ale przy łącznym nawożeniu potasem i azotem lub potasem i fosforem takiego wpływu nie stwierdzono. Wolne fosforany żelaza stanowią od 10% („CaNPK”) do blisko 20% („NP”), a więc występują w badanej glebie w ilości mniejszej niż wolne fosforany glinu.

Dość znaczne różnice widoczne są w zawartości fosforanów żelaza okludowanych tlenkami żelaza, ale również trudno dopatrzeć się działania któregośkolwiek nawozu. Silne obniżenie zawartości tych fosforanów wystąpiło, między innymi, przy nawożeniu fosforowo-potasowym, ale ani sam fosfor, ani sam potas nie wywierały takiego wpływu. Fosforany te stanowiły 11% („PK”) do 18% („K”) fosforu ogółem, a więc prawie tyle co wolne fosforany żelaza.

Łączna zawartość fosforanów żelaza (nie okludowanych i okludowanych) wynosiła około 26—32% fosforu ogółem.

Okludowanych tlenkami żelaza fosforanów glinu było bardzo mało we wszystkich kombinacjach nawozowych. Zawartość ich nie przekraczała na ogół 1,5% fosforu ogółem.

Podobna była zawartość fosforanów żelazowo-glinowych okludowanych tlenkami żelaza. W tabeli 2 podano je razem z okludowanymi fosforanami glinu.

Jeśli chodzi o fosforany wapnia, to nawożenie samym superfosfatem lub superfosfatem w połączeniu z nawozami azotowymi lub potasowymi nie wywierało wpływu na ich zawartość. Jedynie w kombinacji nawozowej „CaNPK” było więcej fosforanów wapnia. Na tle „NPK” widoczna jest wyraźna zwyżka zawartości fosforanów wapnia pod wpływem wapnowania. Samo wapnowanie (Ca) nie wywarło wpływu. Nawożenie azotowo-potasowe spowodowało znaczne zmniejszenie się fosforanów wapnia w porównaniu do poletek nie nawożonych w ogóle. Spowodowane to jest większym pobieraniem fosforu przez znacznie wyższe plony w tej kombinacji. Fosforany wapnia stanowiły na poszczególnych poletkach 15—23% fosforu ogółem.

Zawartość organicznych związków fosforu. Istotny wpływ na zawartość organicznych związków fosforu wywierało wapnowanie i to zarówno w kombinacji „Ca”, jak i „CaNPK”. Największa zawartość tych związków była w kombinacji „Ca”. Pewien wzrost zawartości organicznych związków spowodowało nawożenie fosforowo-potasowe. W pozostałych kombinacjach nawozowych zawartość fosforu organicznego była podobna i niewiele różniła się od jego zawartości na

poletkach nie nawożonych. Organiczne związki fosforu stanowiły od około 25 („O” i „P”) do 38% („Ca”) fosforu ogółem.

Powtórzymy tu to, co już wspomniano na wstępie, że zawartość organicznych związków fosforu wyliczono przez odjęcie sumy zawartości wszystkich oznaczonych frakcji od ogólnej zawartości fosforu. Wyniki te są nieco za wysokie, ponieważ w czasie ekstrakcji pewna nieznaczną część (prawdopodobnie nie zawsze jednakowa) organicznych związków fosforu (oznaczono je metodą Mehty i współautorów [10] oraz metodą Bray'a-Kurtza [2]) ulega hydrolizie. Pierwsza z tych metod dawała wyniki wyraźnie mniejsze, a druga nieznacznie większe. Jackson [8] zwraca uwagę, że metoda Bray'a-Kurtza daje wyniki nieco za wysokie.

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FOSFORU W BLOKU I

W bloku tym, zwłaszcza w pierwszych pięciu kombinacjach, gdzie pH gleby było wyraźnie wyższe niż w pozostałych blokach, ogólna zawartość fosforu była niższa. Widoczne są większe różnice w ogólnej zawartości fosforu między poletkami nawożonymi a poletkami nie nawożonymi w ogóle. W kombinacjach nawozowych, gdzie stosowany był superfosfat, zawartość fosforu była wyraźnie wyższa, a w kombinacji nawożonej tylko azotem i potasem zawartość ta była znacznie niższa.

Pewne różnice wynikać mogą również ze zmienności glebowej, która widoczna jest w odczynie i w kwasowości. Należy tu również wziąć pod uwagę znaczne różnice w wysokości plonów (tab. 3). Wapnowanie w mniejszym stopniu wpłynęło na zwiększenie ogólnej zawartości fosforu, co zresztą jest zrozumiałe, ponieważ pH na poletkach nie wapnowanych nie było tak niskie jak w blokach II i III. Różnice w ramach poszczególnych frakcji fosforu były tu bardziej wyraźne. I tak zawartość fosforanów glinu w kombinacji, gdzie stosowano superfosfat, jest wszędzie znacznie większa, a przy nawożeniu tylko potasem wyraźnie mniejsza. Należy podkreślić, że zawartość fosforanów glinu w pierwszych pięciu kombinacjach tego bloku jest niższa niż w innych blokach.

To samo odnosi się do fosforanów żelaza. Nawożenie azotowo-potasowe zmniejszało zawartość fosforanów wapnia. W większości kombinacji nawozowych zarówno ilość fosforu organicznego, jak i jego procentowy udział były wyższe. Nawożenie azotowe zmniejszało zawartość organicznych związków fosforu. Zawartość fosforu oznaczonego metodą Egnera-Riehma była w tym bloku większa.

DYSKUSJA

Omówiono ogólnie wpływ nawożenia na zawartość poszczególnych związków fosforu i ich stosunek do siebie oraz porównano z wynikami otrzymanymi na Polu Doświadczalnym w Skierniewicach.

Porównując blok I z blokiem II i III widać istotne różnice w zawartości fosforanów glinu i żelaza, spowodowane różnorodnością odczynu, przy czym im większa jest różnica w odczynie, tym znaczniejsze są różnice w zawartości tych fosforanów. Wyższemu pH w bloku I odpowiada mniejsza zawartość fosforanów glinu i żelaza. Wyraźniej uwidocznił się tu wpływ nawożenia fosforowego na zawartość tych fosforanów. Jedynie ilość fosforanów wapnia we wszystkich blokach była podobna. We wszystkich blokach nie pobrany przez rośliny fosfor z superfosfatu odkładał się w formie fosforanów glinu. W przypadku nawożenia azotowo-potasowego zmniejszyły się zapasy fosforanów wapnia. Wapnowanie zwiększyło zawartość organicznych związków fosforu.

Przystępując do porównania wyników z Poświętnego z wynikami ze Skierniewic należy na wstępie zaznaczyć, że doświadczenia w Poświętnem różnią się tym od doświadczeń w Skierniewicach, że trwają przeszło dwukrotnie krócej oraz stosuje się tam co 5 lat obornik i uprawia rośliny motylkowe.

W doświadczeniach w Poświętnem zwiększanie się ogólnej ilości fosforu w glebie pod wpływem nawożenia superfosfatem było oczywiście mniejsze ze względu na czas trwania doświadczenia, ale tendencje są podobne.

Podobnie jak w Skierniewicach niepobrany przez rośliny fosfor z nawozu gromadzi się w glebie w postaci fosforanów glinu. Obserwowane w Skierniewicach na wszystkich polach zmniejszenie się ilości fosforanów glinu pod wpływem wapnowania w Poświętnem wystąpiło w blokach II i III. Na obu obiektach (Skierniewice i Poświętne) nie było wpływu nawożenia fosforowego na zawartość fosforanów wapnia, a wpływ wapnowania w kierunku zwiększenia zawartości tych związków był niewielki.

W przeciwieństwie do Skierniewic w Poświętnem nie było zmniejszenia ogólnej ilości fosforu pod wpływem wapnowania przy pełnym nawożeniu mineralnym.

WNIOSKI

1. Nawożenie superfosfatem (35 kg P_2O_5) w ciągu 18 lat powodowało obok zwiększenia plonów niektórych roślin wzrost ogólnej zawartości fosforu w glebie. Wzrost ten był większy przy wyższym pH.

2. Wapnowanie (bez nawożenia mineralnego) gleby wapnem nawozowym w ilości 12,5 q/ha co 5 lat spowodowało zwiększenie zawartości organicznych związków fosforu. Na glebie kwaśnej wapnowanie prowadziło do zmniejszenia zawartości fosforanów glinu.

3. Nawożenie azotowo-potasowe zmniejszyło zawartość fosforu ogółem i fosforanów wapnia oraz wywierało wpływ na wzajemne stosunki poszczególnych frakcji fosforu.

4. Nie pobrany przez rośliny fosfor z superfosfatu przechodził głównie w wolne fosforany glinu, a przy wyższym pH pozostawał także w postaci fosforanów wapnia.

LITERATURA

- [1] Askinazi D. L., Ginsburg K. E., Lebiediewa L. S.: Mineralnyje formy fosfora w poczwie i metody ich opriedielenija. Poczwowiedien., nr 5, 1963.
- [2] Bray R. H., Kurtz Z. T.: Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci., 59 (1945), 19—45.
- [3] Chang S. C., Jackson L. M.: Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci., 84, 1957, 133—144.
- [4] Chang S. C., Jackson L. M.: Soil phosphorus fractions in some representative soils. J Soil Sci., 9, 1958, 109—110.
- [5] Chang S. C., Chu W. K.: The fate of soluble phosphate applied to soils. J Soil Sci., 12, 1961, 286—293.
- [6] Gorodnij N. G., Grabowski N. B.: Izmienienije fosfatnogo režima poczwy pod wlijanijem udobrenij. Agrochimija, nr 6, 1965.
- [7] Gierszkow P. A., Wilik M. B.: Wlijanije dlitielnogo primienienija udobrenij na formy fosfatow w tiemno-sierych opodzolenych poczwach. Agrochimija, 7, 1966, 9—19.
- [8] Kisiel W. D., Kriwonosowa M. G.: Formy fosfatow w niekotypych poczwach stiepi Ukrainy. Agrochimija, nr 3, 1966, 34—41.
- [9] Jackson M. L.: Soil Chemical Analysis. Eaglywood Cliffs, 1960.
- [10] Mehta N. C. et al Determination of organic phosphorus i soils. I. Extraction method. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18, 443—449, 1954.
- [11] Moskal S., Petrowic M.: What happens to the phosphorus from superphosphate in the soil not absorbed by plants as established on the basis of field experiments carried on for many years. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 14, 1964, 81—89.

Д. ДЕЛЧЕВА-ВАЛЕВА, С. МОСКАЛЬ

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО УДОБРЕНИЯ
НА СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОСФАТОВ В ПОЧВЕ

Кафедра Агрохимии, Варшавская Сельскохозяйственная Академия

Резюме

На Опытном Поле Посвентне (подзолистая почва, легкий суглинок) от 1948 г. вносились азотные, фосфорные и калийные удобрения розно или совместно. Некоторые делянки были известкованы. После 18-летнего периода в почвенных образцах из отдельных делянок был проведен фракционный анализ фосфорных соединений по методу Ченга и Джексона (Chang, Jackson) определение валового фосфора и усвояемого фосфора по Эгнеру-Риму. Кроме того определялась реакция почв и обменная гидролитическая кислотность.

Выделены были два объекта различные по реакции почв. Удобрение суперфосфатом в дозе 35 кг P_2O_5 на га вызвало в почве сильно кислой только небольшой прирост валового фосфора, но в почве кислой этот прирост оказался значительным. Одновременно последовал рост содержания фосфатов алюминия. Известкование почв содействовало накоплению органических фосфорных соединений. На фоне полного минерального удобрения (NPK) известкование повышало содержание фосфатов кальция.

Удобрение азотом и калием понижало содержание валового фосфора и фосфатов кальция, а также сказывалось на взаимном соотношении отдельных фракций фосфора.

Неусвоенный растениями фосфор суперфосфата преимущественно переходил в форму фосфатов алюминия а при более высоких значениях pH оставался в форме фосфатов кальция.

D. DELCZEWA-WALEWA, S. MOSKAL

EFFECTS OF LONG TIME DIFFERENTIAL MANURING ON THE LEVEL
OF VARIOUS PHOSPHATES IN SOIL

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Warsaw

Summary

Fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium, separately or in combination, has been carried out on the trial fields at Poświętne (podzolic soil, loamy sand) since the year 1948. Some of the plots were limed. After 18 years of fertilizer treatment, soil samples from individual plots were analysed fractionally for phosphatic compounds by Chang and Jackson's method, also total phosphorus and available phosphorus by Enger-Riehm method was determined. More-

over determinations were made of the reaction and of exchangeable and hydrolytic acidity.

In respect to the reaction, two objects were recognized, namely strongly acid soil and acid soil. Fertilization of strongly acid soil with superphosphate, 35 kg P_2O_5 per ha, resulted in a limited increase in the amount of total phosphorus; acid soil responded by a considerable increase. At the same time there occurred an increase in the content of aluminium phosphates. Liming of the soil brought about an increase of organic compounds of phosphorus. Full mineral fertilization (NPK) followed by liming increased the content of calcium phosphates.

Nitrogen-potassic fertilization reduced the amount of total phosphorus and of calcium phosphates and affected the ratio of individual fractions of phosphorus.

Phosphorus from superphosphate untaken by plants was transformed mainly into free aluminium phosphates; at higher pH values it was maintained also in the form of calcium phosphates.

Wpłynęło do redakcji w lutym 1967 r.

