

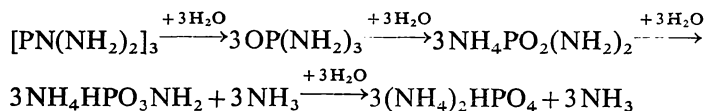
WIESLAW BEDNAREK

BADANIA NAD PRYSWAJALNOŚCIĄ DLA ROŚLIN FOSFORU Z AMIDOFOSFORANU AMONOWEGO¹

Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej AR w Lublinie

WSTĘP I PRZEGLĄD LITERATURY

Używane powszechnie nawozy fosforowe mają duże wady. Dlatego prowadzone są liczne badania zmierzające do znalezienia nowych, efektywniejszych nawozów. Powinny one być zasobne w fosfor, dobrze rozpuszczać się w wodzie, umożliwiać większe niż dotychczas wykorzystanie fosforu, przechodzić w glebie w związki P dostępne dla roślin i ewentualnie zaopatrywać je także w inne składniki pokarmowe [15]. Duże nadzieje budzą badania nad związkami fosforowo-azotowymi z wiązaniami kowalencyjnymi P-N [13-15]. Do tej grupy można zaliczyć związki fosfonitrylowe (na przykład $P_3N_3(NH_2)_6$), metafosfiminiany (na przykład $(NH_4)_3(PO_2NH)_3 \cdot 0,3H_2O$), połączenia PN z siarką (na przykład $PS(NH_2)_3$) oraz inne związki, wśród których największe zainteresowanie wzbudza $PO(NH_2)_3$ i $NH_4HPO_3NH_2$. Szczególnie interesującymi substancjami, nadającymi się prawdopodobnie do produkcji nawozów mineralnych, są pochodne grupy fosfonitrylowej. Odznaczają się dużą zawartością składników mineralnych (100-160% N+P₂O₅), obniżeniem siły jonowej roztworu glebowego o jednostkę oraz wzorem $[PN(NH_2)_2]_3$ lub $[PO(NH_2)_2]_4$. Związki te otrzymuje się początkowo jako chlorki, które z amoniakiem tworzą sześćoamid fosfonitrylowy — $P_3N_3(NH_2)_6$. Jest on prawie całkowicie złożony z roślinnych składników pokarmowych (około 95% N+P) i łatwo rozpuszcza się w wodzie. Spośród połączeń fosfonitrylowych uzyskał najwyższą ocenę nawozową [13]. O tej ocenie zdecydowała także przebiegająca w kilku etapach hydroliza [2]:



Sześćoamid fosfonitrylowy ulegał w jej pierwszym etapie przemianom do trój-amidu fosforu, następnie dwuamidofosforanu oraz amidofosforanu amonowego. Ten ostatni związek hydrolizując tworzy fosforan dwuamonowy i wolny amoniak.

¹ Streszczenie pracy doktorskiej.

W doświadczeniach wazonowych $P_3N_3(NH_2)_6$ dorównywał w działaniu azotanowi amonowemu i potrójnemu superfosfatowi. Metafosfiminiany oraz kwasy trój- i czterometafosfiminowe były gorszymi związkami nawozowymi niż azotan amonowy i potrójny superfosfat. Spośród połączeń kowalencyjnych zawierających siarkę najlepsze działanie nawozowe wykazał trójamid tiofosforylu — $PS(NH_2)_3$. Był on jednak nieco toksyczny dla roślin, pod które bezpośrednio go stosowano; na plon połączenia te nie działały trująco [1, 13].

Pośrednie produkty hydrolizy sześćcioamidu fosfonitrylowego — $OP(NH_2)_3$, $NH_4PO_2(NH_2)_2$ i $NH_4HPO_3NH_2$ — stanowiły dla roślin bardzo dobre źródło zaopatrzenia w fosfor i azot [13]. Tezę tę potwierdzają także inne badania [14], wyróżniające szczególnie trójamid fosforylu i $[PN(NH_2)_2]_3$. W doświadczeniach wazonowych związki te powodowały przyrost plonu o 30–40%, a w orientacyjnych próbach polowych — 10% w porównaniu z $(NH_4)_2HPO_4$ [14, 15]. Są jednak i odmienne zdania [1], oparte na doświadczeniach wazonowych z owsem, jęczmieniem, gorczycą i rajgrasem, z których wynika, że $OP(NH_2)_3$ jest gorszym nawozem niż superfosfat potrójny. Inne doświadczenia wskazują, że N i P jest dobrze przyswajalny przez pszenicę jarą z $OP(NH_2)_3$ i nie ustępuje pod tym względem saletrze amonowej i fosforanowi amonowemu [7]. Szybkość pobrania fosforu przez rośliny zmniejsza się w kolejności: $OP(NH_2)_3 > O_2P(NH_2)_2^- > (O_3PNH_2)^{2-} > PO_4^{3-}$ [3], a pobranie fosforu przez jęczmień z $[PN(NH_2)_2]_3$ przebiega szybciej niż z $(NH_4)_2HPO_4$ (6, 10–12, 14). Stwierdzono również, że wiele badanych związków (m.in. $NH_4HPO_3NH_2$ i $[PN(NH_2)_2]_3$) co najwyżej dorównuje w działaniu na plon owsa, jęczmienia i rajgrasu fosforanowi amonowemu [3, 15]. Sugeruje się także, że przede wszystkim fosfazany ($OP(NH_2)_3$, $HPO_2(NH_2)_2$, $NH_4PO_4(NH_2)_2$) korzystnie wpływają na plon ziarna jęczmienia [10–12].

W glebie związki kowalენტne ulegają hydrolizie i po przejściu wielu pośrednich przemian tworzą fosforan amonowy [2]. Wydaje się, że $OP(NH_2)_3$ ulegał hydrolytycznemu rozkładowi do ortofosforanów po około trzech miesiącach [5, 8, 9]. Kolejność sorpcji, jakiej ulegają związki P-N w glebie, można przedstawić następująco: $PO_4^{3-} < PO_3NH_2^{2-} < PO_2(NH_2)_2^- < OP(NH_2)_3$ [14], a sorpcji glebowej w najmniejszym stopniu ulegają trójamid fosforylu i nitrydoamidy, w największym — ortofosforany [4, 11, 12, 14].

Reasumując należy stwierdzić, że szczególnie sześćcioamid fosfonitrylowy $P_3N_3(NH_2)_6$ może okazać się jednym z najbardziej obiecujących związków nadających się do produkcji nowych nawozów mineralnych. Metafosfiminiany, a także związki PN z siarką nie będą mieć prawdopodobnie większego znaczenia jako nawozy. $OP(NH_2)_3$ i $NH_4HPO_3NH_2$ także wydają się być interesującymi substancjami nawozowymi ze względu na dużą zawartość składników pokarmowych oraz dobre dla roślin źródło zaopatrzenia w fosfor i azot [13].

Celem tej pracy było poznanie stopnia wykorzystania fosforu przez rośliny z amidofosforanu amonowego w porównaniu z superfosfatem potrójnym i fosforanem amonowym, a także określenie jego wpływu na przemiany P w nim zawartego.

METODYKA BADAŃ

Otrzymywaniem związków z kowalencyjnym wiązaniem fosforu z azotem zajmowała się w Polsce Politechnika Krakowska. Jeden z otrzymanych tam związków P-N — amidofosforan amonowy ($\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$) — był oceniany w ramach niniejszej pracy.

W latach 1976–1977 w hali wegetacyjnej AR w Lublinie przeprowadzono dwa dwuletnie doświadczenia wazonowe. Zostały one założone na glebie pyłowej ($\text{pH}_{\text{KCl}}-4,5$, $9,2 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g gleby}$) i piasku gliniastym ($\text{pH}_{\text{KCl}}-4,5$, $5,0 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g gleby}$) według schematu: 1) bez fosforu, 2) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 3) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, 4) $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$.

Doświadczenie obejmowało 64 wazony Wagnera (6 kg gleby) — 4 obiekty \times 4 powtórzenia \times 2 gleby \times 2 rośliny. Pierwsze założono z jęczmieniem jarym i gorczyzną białą jako poplonem, drugie — z rajgrasem włoskim. Przed wysiewem nasion w obu doświadczeniach gleby zwapnowano CaCO_3 , stosując dawki obliczone według 1 Hh oraz zastosowano mikroelementy. Pod jęczmień jary w dwu kolejnych latach dano: 1 g N, 0,5 g P i 0,8 g K, a pod gorczycę: 1,2 g N i 1,2 g K na wazon. W nawożeniu podstawowym pod rajgras zastosowano w dwu kolejnych latach doświadczenia: 1 g N, 1 g P i 1,2 g K na wazon oraz po pierwszym i drugim pokosie po 1 g N i 1 g K. Po trzecim, czwartym i piątym pokosie zastosowano po 0,7 g N i 0,7 g K na wazon. Azot stosowano w postaci $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, potas jako KCl. Badany amidofosforan amonowy zawiera 58,5% P_2O_5 i 24,3% N.

W drugiej połowie kwietnia wysiano do każdego wazonu rajgras i jęczmień. W fazie trzech liści wyrównano liczbę roślin rajgrasu do 25 i jęczmienia do 11. Glebę podlewano do 60% całkowitej pojemności wodnej. Rajgras ścinano w początkowej fazie kłoszenia; zbioru jęczmienia dokonano w fazie pełnej dojrzałości. Po sprzęcie tej rośliny wysiano gorczycę białą jako poplon. Po wschodach dokonano przerywki, pozostawiając 15 roślin w każdym wazonie. Zbioru gorczycy dokonano w początkowej fazie kwitnienia.

Prace analityczne wykonano metodami konwencjonalnymi obowiązującymi w kraju. W badanym materiale glebowym oznaczono: pH, fosfor przyswajalny oraz frakcje fosforu mineralnego zmodyfikowaną metodą Changa-Jacksona. W materiale roślinnym wykonano oznaczenia zawartości fosforu metodą wanadowo-molibdenową. Wyliczono także wykorzystanie fosforu przez rośliny z zastosowanych nawozów fosforowych.

WYNIKI

Na glebie pyłowej statystycznie udowodnione różnice w plonach rajgrasu wystąpiły tylko w porównaniu z superfosfatem w pokosie pierwszym oraz w porównaniu z fosforanem amonowym w pokosie pierwszym i piątym. Na piasku gliniastym istotnie większe plony uzyskano tylko w porównaniu z fosforanem amonowym w pierwszym pokosie. Na tej glebie amidofosforan amonowy okazał się w działaniu na plony rajgrasu nawozem równorzędnym z superfosfatem potrójnym i fos-

Tabela 1

Plon /g p.s.m./, pobranie /mg P₂O₅/ i wykorzystanie fosforu %%/ przez rajgras włoski
 Yields /g of air dry matter/ of and phosphorus uptake %%/ by Italian ryegrass.

Obiekt Treatment	Pokosy - Cuts																				
	I			II			III			IV			V			VI			suma 6 pokosów sum of 6 cuts		
	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%
Gleba pyłowa - Silty soil																					
Bez P - No P	5,9	28	-	6,9	37	-	10,9	52	-	8,9	42	-	5,6	13	-	2,2	10	-	40,4	132	-
Ca/H ₂ PO ₄ /2	13,5	145	5,1	12,2	136	4,3	19,4	180	5,6	13,5	117	3,3	11,8	108	4,1	3,8	36	1,1	74,2	722	23,6
/NH ₄ /2HPO ₄	10,2	100	3,1	11,8	143	4,6	19,3	166	5,0	13,6	105	2,7	13,7	102	3,9	4,8	47	1,6	73,4	663	21,0
NH ₄ HPO ₃ NH ₂	12,1	147	5,2	11,7	126	3,9	19,3	170	5,1	12,9	112	3,1	11,2	100	3,8	4,3	54	1,9	71,2	709	20,0
NIR, p=0,05 LSD, p=0.05	0,90	-	-	0,57	-	-	3,10	-	-	1,38	-	-	1,58	-	-	1,65	-	-	5,34	-	-
Piasek gliniasty - Loamy sandy soil																					
Bez P - No P	1,2	.3	-	1,6	6	-	2,3	8	-	1,2	3	-	1,1	3	-	0,5	2	-	7,9	25	-
Ca/H ₂ PO ₄ /2	12,7	106	4,5	12,3	113	4,7	17,5	119	4,8	11,8	64	2,7	8,9	47	1,9	4,4	33	1,3	67,6	482	20,0
/NH ₄ /2HPO ₄	11,2	96	4,1	12,2	111	4,6	17,4	106	4,3	12,1	56	2,3	10,1	50	2,0	4,8	36	1,5	67,8	455	18,8
NH ₄ HPO ₃ NH ₂	13,2	117	5,0	11,6	107	4,4	17,9	121	4,9	11,6	65	2,7	9,2	48	2,0	4,0	31	1,3	67,5	489	20,3
NIR, p=0,05 LSD, p=0.05	1,52	-	-	1,98	-	-	1,75	-	-	1,47	-	-	1,92	-	-	1,20	-	-	5,49	-	-

Tabela 2

Plony /g p.o.m./, pobranie /mg P₂O₅/ i wykorzystanie %/ fosforu przez jęczmień i gorczycę
 Yields /g of air dry matter/ of and phosphorus uptake %/ by barley and mustard

Objekt Treatment	Jęczmień - Barley									Gorczyca - Mustard			Jęczmień + gorczyca Barley + mustard		
	słoma - straw			ziarno - grain			słoma + ziarno straw + grain			g	mg	%	g	mg	%
	g	mg	%	g	mg	%	g	mg	%						
Gleba pyłowa - Silty soil															
Bez P - No P	16,2	10	-	14,3	108	-	30,5	124	-	12,0	27	-	45,2	151	-
Ca/H ₂ PO ₄ / ₂	23,8	30	1,2	23,4	187	6,9	47,2	217	8,1	30,8	173	12,7	78,0	320	20,9
/NH ₄ / ₂ HPO ₄	24,4	37	1,8	24,3	182	6,5	48,7	219	8,3	31,4	168	12,3	80,1	387	20,6
NH ₄ HPO ₃ NH ₂	24,7	34	1,6	25,5	197	7,8	50,2	231	9,3	30,3	158	12,3	80,5	399	21,6
NIR, p=0,05 LSD, p=0,05	2,15	-	-	3,00	-	-	4,16	-	-	2,27	-	-	5,16	-	-
Piasek gliniasty - Loamy sandy soil															
Bez P - No P	8,5	9	-	4,0	24	-	18,5	33	-	1,7	3	-	14,2	36	-
Ca/H ₂ PO ₄ / ₂	23,9	13	0,3	25,9	148	10,8	49,8	161	11,2	19,4	79	6,6	69,2	240	17,8
/NH ₄ / ₂ HPO ₄	24,0	11	0,2	24,5	125	8,8	48,6	136	9,0	20,3	89	7,5	68,8	225	16,5
NH ₄ HPO ₃ NH ₂	23,9	14	0,4	26,2	129	9,2	50,1	143	9,6	16,8	63	5,2	66,9	206	14,8
NIR, p=0,05 LSD, p=0,05	2,36	-	-	3,15	-	-	4,21	-	-	2,74	-	-	6,44	-	-

foranem amonowym (tab. 1). Związek ten był także równorzędnym nawozem w porównaniu z konwencjonalnymi nawozami fosforowymi w działaniu na plony słomy i ziarna jęczmienia, oddzielnie i sumarycznie na obu badanych glebach (tab. 2).

Amidofosforan amonowy na glebie pyłowej okazał się w działaniu na plon gorczycy białej nawozem nieco gorszym niż superfosfat i fosforan amonowy. Jednak istotne różnice nie wystąpiły. Natomiast na piasku gliniastym badany związek działał znacznie gorzej na plony tej rośliny niż tradycyjne nawozy fosforowe. W stosunku do fosforanu amonowego potwierdziła to także analiza wariacji.

Sumaryczne plony jęczmienia i gorczycy na glebie pyłowej w obiektach nawożonych $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ były zbliżone do plonów osiągniętych w obiektach nawożonych superfosfatem i fosforanem amonowym, na piasku gliniastym — nieco niższe. Statystycznie udowodnionych różnic w plonach tych roślin na obydwu rozpatrywanych glebach nie stwierdzono.

Pobranie fosforu przez rajgras z badanych gleb ustalono na podstawie wysokości uzyskanych plonów (tab. 1). Wzrastało ono na ogół do trzeciego pokosu i następnie systematycznie malało. Wykorzystanie fosforu przez tę roślinę z amidofosforanu było na glebie pyłowej zbliżone do wykorzystania tego składnika z superfosfatu i nieco wyższe niż z fosforanu amonowego. Wykorzystanie fosforu, szczególnie przez pierwszy, trzeci i czwarty pokos rajgrasu, było większe z badanego związku na piasku gliniastym niż z $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ i $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Sumaryczne wykorzystanie fosforu przez sześć pokosów tej rośliny było zbliżone do superfosfatu i nieco lepsze od wykorzystania tego składnika z fosforanu amonowego.

Pobranie fosforu przez ziarno jęczmienia było nieco lepsze na glebie pyłowej z $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ niż z $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ i $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (tab. 2). Zależności te dotyczą także łącznego pobrania fosforu z tego związku w porównaniu z superfosfatem i fosforanem amonowym, a także słomy jęczmiennej i superfosfatu.

Wykorzystanie fosforu z amidofosforanu amonowego przez ziarno i słomę jęczmienia, a także ziarno rozpatrywane oddzielnie było lepsze niż z $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ i $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Na piasku gliniastym pobranie fosforu przez słomę jęczmienia było z amidofosforanu wyraźnie lepsze niż z fosforanu i superfosfatu. Potwierdza to także wykorzystanie tego składnika. Natomiast pobranie P przez ziarno z badanego związku było zbliżone do pobrania tego składnika z fosforanu amonowego i o wiele niższe niż z superfosfatu potrójnego. Podobną prawidłowość zaobserwowano w przypadku rozpatrywania sumarycznego pobrania fosforu przez słomę i ziarno jęczmienia. Na glebie pyłowej jęczmień jary najlepiej wykorzystywał fosfor z amidofosforanu, fosforanu amonowego i superfosfatu; na piasku gliniastym kolejność ta układała się nieco inaczej (superfosfat, amidofosforan, fosforan amonowy). Wykorzystanie fosforu przez jęczmień z $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ było podobne do wykorzystania tego składnika z $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ i o wiele gorsze niż z $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Pobranie fosforu przez gorczycę białą na glebie pyłowej z amidofosforanu amonowego było równorzędne z pobraniem z fosforanu amonowego i nieco gorsze niż z superfosfatu. Potwierdzają to współczynniki wykorzystania fosforu z zastosowanych nawozów fosforowych. Pobranie fosforu przez tę roślinę na piasku

Tabela 3

Wartość pH oraz zawartość różnych form fosforu w glebie
po zakończeniu doświadczenia z rajgrasem
Values of pH of and the content of different phosphorus forms
in soil after completion of the experiment with ryegrass

Obiekt Treatment	pH		$P_2O_5^x$ mg $P_2O_5/100$ g gleby	P- ir^{xx} - mg P_2O_5 per 100 g of soil	P- Al	P- Fe	P- Ca
	1 N KCl	H ₂ O					
Gleba pyłowa - Silty soil							
Bez P - No P	6,1	6,3	15,9	0,61	24,5	23,8	14,6
Ca/H ₂ PO ₄ /2	6,3	6,5	27,2	3,68	38,1	25,1	16,8
/NH ₄ /2HPO ₄	6,3	6,5	31,6	4,44	34,0	39,1	16,4
NH ₄ HPO ₃ NH ₂	6,0	6,3	27,5	4,60	38,0	32,8	12,7
NIR, p=0,05 LSD, p=0,05	-	-	5,40	1,04	3,62	5,17	1,84
Piasek gliniasty - Loamy sandy soil							
Bez P - No P	5,9	6,3	4,4	0,40	11,4	7,1	2,6
Ca/H ₂ PO ₄ /2	6,2	6,5	19,7	0,92	22,3	10,9	4,9
/NH ₄ /2HPO ₄	6,2	6,4	20,5	0,91	21,6	26,3	4,4
NH ₄ HPO ₃ NH ₂	6,0	6,2	16,0	1,04	19,7	9,6	3,2
NIR, p=0,05 LSD, p=0,05	-	-	4,10	0,52	2,50	3,00	2,73
x Według Egnera-Riehma - After Egner-Riehms							
xx Łatwo rozpuszczalny - Readily soluble							

Tabela 4

Wartość pH oraz zawartość różnych form fosforu w glebie
po zakończeniu doświadczenia z jęczmieniem i gorczycą
Values of pH of and the content of different phosphorus forms in soil
after completion of the experiment with barley and mustard

Obiekt Treatment	pH		$P_2O_5^x$ mg $P_2O_5/100$ g gleby	P- ir^{xx} - mg P_2O_5 per 100 g of soil	P- Al	P- Fe	P- Ca
	1 N KCl	H ₂ O					
Gleba pyłowa - Silty soil							
Bez P - No P	6,3	6,6	6,9	1,20	28,1	50,2	14,1
Ca/H ₂ PO ₄ /2	6,7	6,9	15,9	2,16	34,1	46,9	15,4
/NH ₄ /2HPO ₄	6,6	6,8	14,3	2,23	34,9	45,9	17,1
NH ₄ HPO ₂ NH ₂	6,6	6,8	14,1	2,16	31,5	49,1	15,4
NIR, p=0,05 LSD, p=0,05	-	-	4,40	1,11	7,20	5,10	2,40
Piasek gliniasty - Loamy sandy soil							
Bez P - No P	5,8	6,1	4,5	0,18	23,4	25,2	3,1
Ca/H ₂ PO ₄ /2	6,3	6,6	10,2	0,32	25,2	14,0	4,8
/NH ₄ /2HPO ₄	6,3	6,5	11,0	0,24	20,4	9,9	3,8
NH ₄ HPO ₃ NH ₂	6,1	6,4	9,2	0,44	26,1	28,1	2,9
NIR, p=0,05 LSD, p=0,05	-	-	1,30	0,17	4,14	3,00	1,42
x Według Egnera-Riehma - After Egner-Riehms; xx Łatwo rozpuszczalny - Readily soluble							

gliniastym z badanego związku było zdecydowanie gorsze niż z $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ i $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Sumaryczne pobranie fosforu przez jęczmień i gorczycę na glebie pyłowej z amidofosforanu amonowego, a także wykorzystanie P z tego nawozu było nieco lepsze niż pobranie i wykorzystanie z fosforanu amonowego i superfosfatu. Natomiast łączne pobranie P przez jęczmień i gorczycę na piasku gliniastym, a także wykorzystanie fosforu z badanych nawozów fosforowych były o wiele gorsze z $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ niż z $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ i $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

Zwapnowanie gleb użytych do doświadczeń spowodowało zmiany ich odczynu z bardzo kwaśnego na lekko kwaśny (tab. 3 i 4). Nawożenie gleb różnymi formami nawozów fosforowych doprowadziło do znacznego wzrostu zawartości fosforu przyswajalnego. Po zlikwidowaniu doświadczenia z rajgrasem na piasku gliniastym stwierdzono w obiektach nawożonych amidofosforanem amonowym, że przyswajalnego fosforu jest mniej niż w obiektach, do których zastosowano fosforan amonowy (tab. 3). Podobną prawidłowość zaobserwowano również w tej glebie po zakończeniu doświadczenia z jęczmieniem i gorczycą (tab. 4).

Po około sześciu miesiącach fosfor zawarty w nawozach fosforowych przechodził w glebie przede wszystkim w fosforany glinu i żelaza, w mniejszych ilościach w fosforany wapnia oraz fosforany łatwo rozpuszczalne. W glebie pyłowej, po zakończeniu doświadczenia z rajgrasem, fosfor z $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ przechodził w fosforany żelaza w sposób istotnie większy niż fosfor zawarty w $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ i istotnie mniejszy niż zawarty w $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (tab. 3). Natomiast P-Ca było istotnie mniej w obiektach nawożonych badanym związkiem niż superfosfatem i fosforanem amonowym. Po zakończeniu doświadczenia z jęczmieniem i gorczycą nie wystąpiły statystycznie udowodnione różnice w zawartości wszystkich czterech frakcji fosforu mineralnego, pochodzącego z badanych nawozów fosforowych (tab. 4). Natomiast na piasku gliniastym w doświadczeniu po zbiorze rajgrasu (tab. 3) fosforu z amidofosforanu związanego z glinem było istotnie mniej niż tej frakcji powstałej z superfosfatu. Zależność ta dotyczy również P-Fe między $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ a $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. W tej glebie stwierdzono po zakończeniu doświadczenia z jęczmieniem i gorczycą (tab. 4) istotnie więcej fosforu łatwo rozpuszczalnego w obiektach nawożonych amidofosforanem niż fosforanem amonowym, a także istotnie więcej P-Al i P-Fe. Natomiast fosforanów wapnia było istotnie mniej w obiektach nawożonych $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ niż $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

DYSKUSJA

Wyniki uzyskane z doświadczeń wskazują, że amidofosforan amonowy w działaniu na plon, pobranie fosforu, przemiany P w glebie oraz wykorzystanie tego składnika z zastosowanej dawki nawozu nie ustępował na ogół superfosfatom i fosforanowi amonowemu. Podobne poglądy reprezentują i inni autorzy, którzy uważają, że sześcioamido trójfosfonitryl, trójamid fosforylu, dwuamidofosforan amonowy, a także oceniany w tej pracy amidofosforan amonowy stanowiły bardzo dobre dla roślin źródło zaopatrzenia w fosfor i azot [7, 10, 13, 14]. Z drugiej strony

inni badacze [1, 3, 15] otrzymali w doświadczeniach wazonowych z owsem, jęczmieniem, rajgrasem i gorczycą wyniki, które wskazują, że badane przez nich związki ($\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$, $\text{OP}(\text{NH}_2)_3$ i inne) co najwyżej dorównują, a na ogół wykazują słabsze działanie nawozowe niż fosforan amonowy i superfosfat potrójny.

Jednocześnie wyrażono pogląd [5, 10] po przeprowadzeniu doświadczeń wazonowych z jęczmieniem i owsem, że szczególnie trójamid fosforu zwiększa w istotny sposób plony tych roślin i stanowi dobre źródło zaopatrzenia w fosfor.

Brak jest natomiast prac dotyczących przemian związków P-N w glebie. Stwierdzono jedynie [11], że związki te po zakończeniu okresu wegetacyjnego roślin przechodzą w fosforany w sposób podobny do superfosfatu i fosforanu amonowego. Pogląd ten jest w zasadzie zgodny z wynikami uzyskanymi przez autora tej pracy.

Jak wynika z przedstawionego materiału, jedne wyniki badań świadczą, że oceniane związki P-N dorównują ortofosforanom, inne, że wykazują słabsze działanie nawozowe.

WNIOSKI

1. Amidofosforan amonowy w działaniu na plony rajgrasu, jęczmienia i gorczycy był nawozem równorzędnym u superfosfatem potrójnym i fosforanem amonowym.

2. Pobranie fosforu przez rajgras, jęczmień i gorczycę, a także wykorzystanie tego składnika z $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ przez rośliny użyte w doświadczeniu, były na ogół podobne do pobrania i wykorzystania z superfosfatu i fosforanu amonowego.

3. Amidofosforan amonowy ulegał w glebie przemianom przede wszystkim do fosforanów żelaza i glinu, w mniejszych ilościach wapnia i fosforanów łatwo rozpuszczalnych.

Promotorowi mojej pracy doktorskiej Profesorowi Doktorowi hab. R. Czubie serdecznie dziękuję za pomoc i cenne wskazówki w czasie jej realizacji.

LITERATURA

- [1] Adamus M., Turyna Z.: Próba oceny działania nawozowego fosforu niektórych związków z kowalentnym wiązaniem P-N. Prace nauk. AE Wrocław 1980, 159, 127-133.
- [2] Dostal K., Kouril M., Novak J.: Die Hydrolyse der ringförmigen Phosphornitridamide. Z. Chemii 4, 1964, 9, 353.
- [3] Fiedler H. J., Hoffman E.: Zur Düngewirkung von Phosphoroxidtriamid und Phosphornitridamiden bei Weidelgras. Wiss. Techn. Uniwer. Dresden 22, 1973, 6, 1129-1132.
- [4] Fiedler H. J., Fleischer R.: Zur Sorption kovalenter Stickstoff-Phosphor-Verbindungen in Boden. Arch. Acker Pflanz., 18, 1974, 5, 329-342.
- [5] Fiedler H. J., Hoffman E., Reisbrodt R.: Wirkung von Phosphornitridamiden und Phosphoroxidtriamid auf das Wachstum und die Ernährung von Hafer. Arch. f. Acker Pflanz. Bodenk. 18, 1974, 5, 343-353.
- [6] Hampl J., Ondracek L., Wanek W.: Über die Agrochemische Wirksamkeit von Stickstoff-Phosphorverbindungen. Acta Fytotechn. Univ. Agriculturae 1971, 22, 64-75.

- [7] Korickaja T. D.: Uswojajemost i efektiwnost triamidortofosforanoj kisloty i fosforitridamida. *Agrochimija* 1968, 8, 5-12.
- [8] Müller G., Kundler P., Matzel W.: Eigung von PN-Verbindungen als hochkonzentrierte Düngemittel. 1. Mitteilung: Das Verhalten von PN-Verbindungen in Boden. *Arch. f. Acker, Pflanz. Bodenk.* 18, 1974, 1, 15-24.
- [9] Müller G., Matzel W., Kundler P.: Eigung von PN-Verbindungen als hochkonzentrierte Düngemittel. 2. Mitteilung: Die Düngewirkung von PN-Verbindungen. *Arch. f. Acker, Pflanz., Bodenk.* 18, 1974, 1, 25-31.
- [10] Ondracek L., Haas K., Wanek W.: Die Dynamik der Phosphoraufnahme aus kovalente Stickstoff-Phosphor-Verbindungen durch Gerste. *Z. f. Pflanz. u. Bodenk.* 128, 1971, 3, 180-186.
- [11] Ondracek L., Hampl J., Wanek W.: O wztahu dusikato-fosforecnych sloucenin s kovalentni vazbou N-P k pude. *Rostl. Vyroby.* 16, 1970, 6, 615-621.
- [12] Ondracek L., Rezac Z., Hampl J., Wanek W.: The agrochemical effectiveness of some phosphorus-nitrogen compounds with the direct P-N bond. *Biol. Plant.* 12, 1970, 3, 159-166.
- [13] Wakefield Z. T., Allen S. E., McCullough J. F., Sheridan R. C., Kohler J. J.: Evaluation of phosphorus-nitrogen compounds as fertilizers. *J. Agr. Food Chem.* 19, 1971, 1, 99-103.
- [14] Wanek W.: *Inorganic phosphorus compounds-2*, Butterworths. London 1975.
- [15] Wanek W.: Über oligomere und polimere Stickstoff-Phosphor-Verbindungen: neue Aspekte für die Pflanzenernährung. *Angew. Chem., inter. Edit.* 81, 1969, 15, 578'

В. БЕДНАРЕК

ИЗУЧЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ РАСТЕНИЙ ФОСФОРА ИЗ АМИДОФОСФАТА АММОНИЯ

Отдел агрономии Института почвоведения и агрохимии Сельскохозяйственной академии в Люблине

Резюме

В сосудных опытах проведенных в 1976-1977 гг. исследовали влияние амидофосфата аммония ($\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$) на величину урожая райграса, ячменя и горчицы, на усваивание фосфора этими растениями, по сравнению с фосфатом аммония и тройным суперфосфатом, а также на содержание минеральных фракций фосфора в почве. Опыты были заложены на пылевидной почве и на супеси по следующей схеме: 1. Без фосфора, 2. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 3. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, 4. $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ (4 варианта $\times 4$ повторностей $\times 2$ почвы $\times 2$ вида растений). Под ячмень яровой вносили 0,5 г Р, под райграс многоцветковый 1 г Р на сосуд (6 кг почвы). Горчица белая была пожнивной культурой после ячменя. Азот и калий вносили в дозах оптимальных для указанных растений (в виде $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и KCl).

Установлено, что:

— амидофосфат аммония по своему действию на урожай райграса, ячменя и горчицы не уступал действию тройного суперфосфата с фосфатом аммония,

— усваивание фосфора райграсом, ячменем и горчицей, а также использование этого элемента из $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ растениями было, в общем, сходным с усваиванием и использованием из суперфосфата и фосфата аммония,

— амидофосфат аммония подвергался в почве преобразованиям преимущественно в фосфаты железа и аммония, а в меньших количествах в фосфат кальция и легкорастворимые фосфаты.

W. BEDNAREK

INVESTIGATIONS ON AVAILABILITY TO PLANTS OF PHOSPHORUS
FROM AMMONIUM AMIDOPHOSPHATESection of Agricultural Chemistry, Department of Soil Science and Agricultural Chemistry,
Agricultural University of Lublin

S u m m a r y

In pot experiments carried out in the period 1976-1977 the effect of ammonium amidophosphate ($\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$) on the yield magnitude of ryegrass, barley and mustard, phosphorus uptake by these plants, as compared with ammonium phosphate and triple superphosphate as well as on the content of mineral fractions of phosphorus in soil was investigated. The experiments have been established on silty soil and loamy sandy soil according to the scheme: 1. no phosphorus, 2. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 3. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, 4. $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ (4 treatments \times 4 replications \times 2 soils \times 2 plants). For summer barley 0.5 g P, for Italian ryegrass 1 g P per pot (6 kg of soil) were applied. White mustard was cultivated as a catch crop after barley. Nitrogen and potassium were applied in optimum rates for these crops (in the form of $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ and KCl).

It has been found that:

— ammonium amidophosphate was equivalent with regard to the effect on yields with triple superphosphate and ammonium phosphate,

— phosphorus uptake by ryegrass, barley and mustard and utilization of this elements from $\text{NH}_4\text{HPO}_3\text{NH}_2$ by plants used in the experiment was, on the whole, similar to its uptake and utilization from superphosphate and ammonium phosphate,

— ammonium amidophosphate was transformed in soil principally into iron and aluminium phosphates and in less amounts into calcium and readily soluble phosphates.

Dr Wiesław Bednarek
Instytut Gleboznawstwa
i Chemii Rolnej AR
Lublin, Akademicka 15

