

KRYSPINA ŚMIERZCHALSKA
Rolnicza Pracownia Izotopowa PAN

ZAGADNIENIE ZDOLNOŚCI RÓŻNYCH GATUNKÓW ROŚLIN DO WYKORZYSTYWANIA FOSFORU Z MĄCZEK FOSFORYTOWYCH W ŚWIETLE BADAŃ PRZEPROWADZONYCH PRZY ZASTOSOWANIU METODYKI IZOTOPOWEJ

Wstęp

Badania nad reakcją różnych gatunków roślin na nawożenie mączką fosforytową są prowadzone od szeregu lat. Niemal równocześnie z koncepcją zastosowania surowych mączek fosforytowych do nawożenia wyłoniło się zagadnienie, które z roślin uprawnych będą lepiej wykorzystywały ten rodzaj nawozu? — Stąd też powstało pojęcie „zdolności” roślin do korzystania z trudno rozpuszczalnych fosforanów. Przeprowadzono liczne doświadczenia wegetacyjne i laboratoryjne, obejmujące swą tematyką również wyjaśnienie przyczyn zróżnicowania roślin pod tym względem.

Prace nad powyższym zagadnieniem są nadal aktualne, gdyż problem wykorzystania niskoprocentowych złóż fosforytowych, nie nadających się do przerobu fabrycznego, bezpośrednio do nawożenia (po uprzednim ich zmieleniu) jest bardzo ważny ze względu na ograniczone zasoby fosforytów a stale rosnące zapotrzebowanie rolnictwa na nawozy fosforowe.

W ostatnich latach, dzięki zastosowaniu metody znaczonych atomów (5, 6, 8, 14, 15), możliwe stało się wnikliwsze prześledzenie badanego zagadnienia niż na to pozwalała dotychczas stosowana metodyka. Porównanie zdolności różnych gatunków roślin do wykorzystywania fosforu z mączki fosforytowej można było przeprowadzić w oparciu o zawartość w roślinach znakowanego fosforu pobranego z nawozu, oznaczoną na podstawie pomiarów radioaktywności P^{32} w materiale roślinnym. Było to również dowodem, że mączka fosforytowa stanowi źródło fosforu dla roślin, co kwestionowali niektórzy badacze, przypisując fosforytom działanie nawozowe poprzez wpływ na właściwości gleby, np. przez polepszenie odczynu przy nawożeniu fosforytami gleb kwaśnych.

Możliwość oznaczenia zawartości w roślinach wapnia pobranego przez nie z mączki fosforytowej (również na drodze pomiarów radioaktywności

— Ca⁴⁵) pozwala na nawiązanie do hipotez wysuwanych przez niektórych badaczy (1, 16, 17), łączących zdolności roślin do wykorzystywania fosforu z zapotrzebowaniem i pobieraniem przez nie wapnia.

Przegląd literatury

Badacze zajmujący się omawianym zagadnieniem, w zależności od uzyskiwanych wyników, reprezentowali różne poglądy odnośnie zdolności poszczególnych gatunków roślin do wykorzystywania fosforu z fosforytów. Prianisznikow (12, 13) na podstawie doświadczeń przeprowadzonych w kulturach piaskowych jeszcze w końcu ubiegłego stulecia twierdził, że do wykorzystywania fosforu z fosforytów zdolne są jedynie rośliny motylkowe, a zupełnie nie posiadają tych właściwości rośliny zbożowe, które z fosforu mączki fosforytowej korzystają jedynie za pośrednictwem rozpuszczającego działania gleby. Spośród motylkowych, według Prianisznikowa, duże zdolności wykazują: łubin, groch, bobik; mniejsze — lucerna, seradela, koniczyna i wyka.

W nowszych badaniach innych autorów (8, 9) łubin nie wykazywał dodatniej reakcji na nawożenie mączką fosforytową. Schofield (8) w doświadczeniach przeprowadzonych ze znakowanymi P³² fosforanami o różnej rozpuszczalności stwierdził, że łubin nie wykorzystał trudno rozpuszczalnych form lepiej od kapusty i jęczmienia.

Bauer (1) na podstawie zwyczajek plonów masy roślinnej w badaniach prowadzonych w 1920 r. (również w kulturach piaskowych) do roślin dobrze wykorzystujących fosforyty zaliczył: nostrzyk, grykę, żyto, lucernę i rzepak; do gorzej — soję, tymotkę, kukurydzę, owies, pszenicę i koniczynę.

Kossowicz (7), opierając się na wynikach doświadczeń wazonowych i polowych, szereguje rośliny w następującej kolejności (od najlepiej reagujących do gorzej): gryka, gorczyca, wyka, len, koniczyna, owies.

Obszerne badania nad działaniem nawozowym mączek fosforytowych przeprowadził w latach powojennych Cook (3, 4). Tematyka tych badań obejmowała między innymi porównanie reakcji różnych gatunków roślin na nawożenie mączką fosforytową (Gafsa). W doświadczeniach polowych najlepszą reakcję wykazała rzodkiewka, dając plony masy roślinnej takie same jak przy nawożeniu tomasyną (a wyższe niż na superfosfacie). W dalszej kolejności znalazły się: rzepak, brukiew i proso. Ich względne plony w stosunku do uzyskiwanych na superfosfacie wynosiły odpowiednio — 65, 50 i 45%. Najslabiej na nawożenie mączką fosforytową w tych doświadczeniach reagowały: koniczyna, rajgras, gorczyca, jęczmień i pszenica, a zupełnie nie zareagowały — żyto, tymotka i sałata.

Fried i MacKenzie (5, 6) ocenę zdolności różnych gatunków roślin do wykorzystywania fosforu i fosforytów (Florida pebble rock phosphate) przeprowadzili opierając się na oznaczonym radiometrycznie udziale fosforu pochodzącego z nawozu w ogólnym pobraniu tego składnika. W doświadczeniach z sześcioma gatunkami, lucerna i proso charakteryzowały się większym udziałem fosforu pobranego z mączki fosforytowej niż rajgras, buraki, owies, krotolaria. Na tej podstawie dwie pierwsze rośliny zaliczono do lepiej wykorzystujących fosfor z fosforytów, pozostałe do gorzej wykorzystujących ten rodzaj nawozów. W innych doświadczeniach Frieda mączka okazała się bardziej przyswajalna dla gryki niż dla prosa. Porównanie niektórych motylkowych z trawami wykazało, że lucerna i koniczyna odznaczały się lepszym wykorzystywaniem fosforytów niż kupkówka, stokłosa i rajgras.

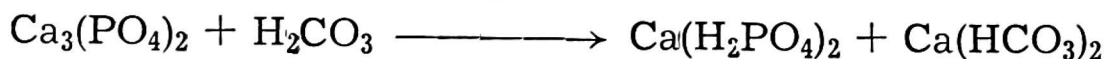
Badania przeprowadzone w Polsce przez Boratyńskiego i Turinę (2) obejmowały kilka gatunków roślin i dwa rodzaje mączek fosforytowych: pochodzenia krajowego „Annofos” oraz fosforyt marokański. Wykonano je w kulturach glebowo-piaskowych. Uzyskane wyniki wykazały zbliżone działanie obydwu mączek. Rośliną najlepiej reagującą na nawożenie fosforytem okazał się lędźwian afrykański, dając zwyczajki plonów masy roślinnej nawet nieco wyższe od uzyskiwanych na supertomasynie. Dobrą reakcję wykazywały również: owies, gorczyca, len i rajgras. Plony tych roślin były niższe od uzyskiwanych na supertomasynie średnio o około 20%, jednakże zwyczajki w stosunku do kombinacji kontrolnej (bez nawożenia fosforowego) dochodziły nawet do ponad 100%. W omawianych doświadczeniach na nawożenie mączką fosforytową naj słabiej reagowała gryka i peluszką, ale rośliny te w warunkach przeprowadzonych doświadczeń również bardzo słabo reagowały na nawożenie supertomasyną.

Równocześnie z badaniami nad reakcją różnych gatunków roślin na nawożenie mączką fosforytową próbowano wyjaśnić przyczyny różnicowania zdolności roślin pod tym względem. W wyniku badań nad tym zagadnieniem wysunięto szereg hipotez nie zawsze udawadnianych. Nie znaleziono między innymi korelacji pomiędzy ilością wydzielanego przez korzenie dwutlenku węgla lub kwasów organicznych, jak również wielkością systemu korzeniowego, a zdolnościami roślin do wykorzystywania trudno dostępnych związków fosforu.

Niektórzy badacze doszukiwali się tej zależności w pobieraniu przez rośliny wapnia. Czirikow (1) w latach 1914—1916 opublikował wyniki badań, z których wyciągnął wniosek, że rośliny odznaczające się intensywnym pobieraniem wapnia wykazują większe zdolności do wykorzystywania fosforu z fosforytów i jako kryterium dla oceny roślin zaproponował stosunek ilości wapnia ogólnego do ilości fosforu pobranych

przez plon ($\text{CaO} : \text{P}_2\text{O}_5$), który dla roślin odznaczających się dużymi zdolnościami jest większy od trzech. Truog (16, 17) wysunął teorię, że o zdolnościach roślin pod tym względem nie tyle decyduje pobranie tych dwóch składników, ile względna zawartość wapnia w roślinach. Na podstawie przeprowadzonych badań twierdził, że rośliny o większej zawartości wapnia — powyżej 1% — lepiej wykorzystują fosforyty niż rośliny charakteryzujące się niższą zawartością tego składnika — poniżej 1%. Według Truoga, rozpuszczanie mączki fosforytowej przez rośliny miało polegać na bezpośredniej styczności korzenia z cząsteczką nawozu; wydzielany przez korzenie dwutlenek węgla miał powodować przechodzenie nierozpuszczalnego fosforanu trójwapniowego w łatwiej rozpuszczalny fosforan dwuwapniowy i kwaśny węglan wapnia. Aby reakcja mogła przesunąć się w prawą stronę, obydwa produkty trzeba usuwać z roztworu w takim samym stosunku, w jakim powstają.

Schemat reakcji według Truoga:



Rośliny pobierające więcej wapnia umożliwiają tym samym przejście do roztworu następnych porcji fosforu.

Dotychczasowe badania opisane w literaturze nie wyjaśniają w pełni, na czym polegają różnice pomiędzy gatunkami roślin w zdolnościach do wykorzystywania trudno rozpuszczalnych fosforanów.

Badania własne

Zdolności gatunkowe roślin do wykorzystywania fosforu z mączki fosforytowej badano w doświadczeniach wazonowych w latach 1961, 1962 i 1963. Dzięki zastosowaniu w nich nawozów znakowanych P^{32} — mączki fosforytowej i superfosfatu — można było uzyskać dokładniejsze dane odnośnie stopnia wykorzystania fosforu z nawozów przez poszczególne gatunki roślin.

Zaznakowanie mączki radioaktywnym izotopem P^{32} przeprowadzono w reaktorze „Ewa” w Świerku, przez napromieniowanie nawozu strumieniem spowolnionych neutronów¹. Superfosfat znakowano metodą chemiczną. Doświadczenia wazonowe wykonano na glebie piaszczystej, o słabej zasobności w przyswajalny fosfor (2mg/100g gleby wg metody Egnera) oraz odczynie zbliżonym do obojętnego ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ — 6,8). Specjalnie wzięto glebę niekwaśną, aby eliminować wpływ kwasowości gleby na uruchomienie fosforu z mączki fosforytowej.

W 1960 r. doświadczenia przeprowadzono z 4 gatunkami — owsem, peluszką, kukurydzą i łubinem. W 1961 r. badaniami objętych było

¹ Zagadnienia metodyczne związane z zastosowaniem techniki izotopowej opublikowano w Rocznikach Nauk Rolniczych, t. 90-A-1.

6 gatunków; oprócz czterech wyżej wymienionych — jeszcze gorczyca i jęczmień. Ponieważ w roku poprzednim łubin bardzo słabo reagował na nawożenie fosforem, dodatkowo przeprowadzono jedno doświadczenie z łubinem na glebie kwaśnej. Poza tym w 1963 r. przeprowadzono krótkotrwałe doświadczenia z gorczycą, owsem i łubinem.

Tabela 1

Względne plony masy roślinnej (części nadziemnych)* w doświadczeniach 1960 i 1961 r., przeprowadzonych przy zastosowaniu znakowanej P^{32} mączki fosforytowej „Annofos” i znakowanego P^{32} superfosfatu

Roślina	Plon bez nawożenia P_2O_5	0,2 g P_2O_5 w postaci	
		mączki fosforytowej	superfosfatu
1960			
Owies	100	177	188
Kukurydza	100	273	326
Peluszka	100	158	176
Łubin żółty	100	115	114
1961			
Owies	100	144	171
Jęczmień	100	147	165
Kukurydza	100	154	171
Gorczyca	100	185	196
Peluszka	100	144	148
Łubin żółty	100	100	120
Łubin żółty (na glebie kwaśnej)	100	115	120

* Gorczycę, peluszkę i łubin sprzątano w fazie kwitnienia; zbożowe — owies i jęczmień — w fazie kłoszenia, a kukurydzę — po 8-tygodniowym okresie wzrostu. (Plony masy nadziemnej i korzeni w g/wazon podane są w Rocznikach Nauk Rolniczych t. 87-A-2, 1963).

Plony masy roślinnej z doświadczeń przeprowadzonych w roku 1960 i 1961 podane są w tabeli 1. Dla lepszego porównania reakcji na nawożenie pomiędzy gatunkami roślin przytoczono je w wartościach względnych². Przedstawione wyniki wykazują, że w warunkach przeprowadzonych doświadczeń wazonowych na glebie o odczynie zbliżonym do obojętnego wszystkie badane gatunki, z wyjątkiem łubinu żółtego, na nawożenie mączką fosforytową reagowały dużymi zwyczajami

² Pełny materiał eksperymentalny opublikowany jest w Rocznikach Nauk Rolniczych (14).

Tabela 2

Zawartość w roślinach fosforu pochodzącego z nawozów — mączki fosforytowej i superfosfatu, oznaczona na podstawie pomiarów radioaktywności P^{32}

Rośliny	Zawartość P_2O_5 w mg/wazon pochodzącego z		$P_2O_5(m) :$ $P_2O_5(s) =$ k	Udział fosforu pochodzącego z nawo- zów w roślinach (%)	
	mączki fos- forytowej	superfos- fatu		mączka fos- forytowa	superfos- fat
1960					
Owies	25,8	72,1	1 : 2,8	18,7	53,7
Kukurydza	38,8	67,9	1 : 1,6	27,4	42,9
Peluszka	33,4	57,7	1 : 1,7	20,8	33,9
Łubin żółty	23,8	47,6	1 : 2,0	11,1	24,7
1961					
Owies	22,8	75,4	1 : 3,3	13,1	37,2
Jęczmień	19,9	63,5	1 : 3,2	13,2	36,2
Kukurydza	18,9	46,2	1 : 2,4	13,8	32,9
Gorzycza	16,2	30,2	1 : 1,9	18,6	37,7
Peluszka	30,3	58,6	1 : 1,9	16,3	31,5
Łubin żółty	18,2	27,8	1 : 1,9	10,5	18,2
Łubin żółty	11,3	21,6	1 : 2,0	8,7	18,9

(na glebie kwaśnej)

plonów. Najlepszą reakcją (w doświadczeniach 1961 r.) odznaczała się peluszka i gorzycza dając zwyzki dorównujące uzyskiwanym na superfosfacie. W tabeli 2 podane są dane dotyczące zawartości w roślinach fosforu pobranego z nawozów, obliczonej w oparciu o pomiary radio-

Tabela 3
Procentowy udział fosforu w roślinach
pochodzącego z mączki, w doświadcze-
niach 1963 r.

Roślina	Dawka P_2O_5 /wazon	
	0,2 g	0,4 g
Gorzycza	20,7	25,4
Owies	15,3	23,5
Łubin	4,5	6,8

aktywności P^{32} w materiale roślinnym. Wyniki te wykazują, że wszystkie badane gatunki pobierały fosfor z mączki fosforytowej, jednakże w ilościach dwu lub trzykrotnie mniejszych w porównaniu z pobraniem tego składnika z superfosfatu.

Aktywowana w reaktorze mączka fosforytowa posiadała wapń zaznakowany izotopem Ca^{45} , o aktywności pozwalającej na wykonanie pomiarów Ca^{45} w materiale roślinnym

i oznaczenie pobrania przez rośliny tego składnika z mączki fosforytowej. Wyniki oznaczeń radiometrycznych łącznie z zawartością wapnia ogółem podano w tabeli 4.

Tabela 4

Zawartość w roślinach wapnia (CaO) — ogółem i pochodzącego z mączki fosforytowej* w doświadczeniach 1961 r.

Rośliny	Zawartość CaO ogółem %	Pobranie CaO og. przez plon roślin mg/wazon	Udział CaO pochodzącego w roślinach z mączki %	Pobranie CaO z mączki fosforytowej mg/wazon
Owies	0,37	103,6	1,35	1,4
Jęczmień	0,55	150,7	1,49	2,2
Kukurydza	0,77	148,6	2,03	3,0
Gorczyca	1,86	275,3	2,63	7,1
Peluszka	1,61	454,0	2,33	10,5
Łubin żółty	1,19	329,6	2,53	8,3
Łubin żółty (na glebie kwaśnej)	1,07	207,6	11,28	23,4

* CaO pochodzący z mączki fosforytowej oznaczono na podstawie pomiarów radioaktywności Ca^{45} .

Dyskusja zagadnienia

W oparciu o dane z literatury oraz wyniki własnych badań przedstawionych pokrótce w niniejszej publikacji, należałoby przede wszystkim rozważyć zagadnienie „zdolności” roślin do wykorzystywania fosforu z mączek fosforytowych i wyjaśnić przyczyny różnej reakcji gatunków, występującej w badaniach niektórych autorów. Często bowiem rośliny, które w badaniach jednych autorów znajdują się na pierwszym miejscu w uszeregowaniu pod względem zdolności do wykorzystywania fosforytów, w badaniach innych autorów występują w dalszej kolejności.

Z fizjologicznego punktu widzenia, zdolności gatunkowe roślin do wykorzystywania trudno rozpuszczalnych związków fosforu były badane w kulturach piaskowych (często na piasku płukanym), gdzie piasek stanowił środowisko wzrostu korzeni roślin, a źródłem fosforu był składnik zawarty w nawozie. Pobieranie fosforu z mączki fosforytowej w tych warunkach może być wynikiem właściwości gatunkowych zależnych od budowy morfologicznej, czy anatomicznej korzeni, ich wydzielin (CO_2 , kwasów organicznych), właściwej danemu gatunkowi mikroflory bakteryjnej w rhizosferze i jej wydzielin, a także charakteru wzrostu roślin i przebiegu procesów fizjologiczno-biochemicznych oraz związanej z tym intensywności pobierania fosforu. Te właściwości roślin mogą inaczej kształtować wykorzystanie fosforu z mączki fosforytowej na glebie niż na piasku. Duże zdolności niektórych gatunków do przy-

swajania trudno rozpuszczalnych związków fosforu mogą w warunkach glebowych prowadzić do słabego wykorzystania przez nie fosforu nawozowego dlatego, że dzięki tym właśnie zdolnościom rośliny będą w dużym stopniu wykorzystywały fosfor glebowy. Tak więc gatunki charakteryzujące się dużymi zdolnościami wykorzystywania fosforu glebowego mogą odznaczać się małymi zdolnościami wykorzystywania fosforu nawozowego. Poza tym wykorzystanie fosforu z mączki fosforytowej w warunkach glebowych może zależeć od szeregu czynników związanych ze środowiskiem wzrostu roślin, które mogą bezpośrednio wpływać na rozpuszczalność fosforu mączki fosforytowej. Z ważniejszych czynników wymienić tu można: odczyn gleby, jej zasobność w przyswajalny fosfor, aktywność mikroflory, zawartość związków próchnicznych, stopień uwilgotnienia itp.

Ogólnie można powiedzieć, że w warunkach glebowych o przyswajalności składnika pokarmowego z nawozu decyduje układ czynników:

roślina × nawóz × gleba × warunki pogody,

z których każdy charakteryzuje się szeregiem zmiennych cech mogących inaczej kształtować pobieranie składnika pokarmowego wnoszonego z nawozem.

Przykładem takiego wpływu jednego z czynników może być reakcja kukurydzy na nawożenie mączką fosforytową, jaka wystąpiła w naszych doświadczeniach. Przy zachowaniu jednakowych warunków założenia doświadczeń (rodzaj gleby, nawożenie podstawowe, wilgotność gleby, długość okresu wegetacyjnego), w 1960 r. kukurydza rosnąc przy bardziej sprzyjającej dla jej rozwoju pogodzie (silniejszym nasłonecznieniu i wyższej temperaturze) silniej reagowała na nawożenie fosforowe i w większym stopniu wykorzystywała fosfor z mączki fosforytowej. Tym też należy tłumaczyć, że w uszeregowaniu roślin pod względem zdolności do wykorzystywania fosforu z mączki fosforytowej kukurydza wysunęła się na czoło przed peluszkę i owies, podczas gdy w następnym roku przy mniej sprzyjającym dla jej rozwoju układzie warunków pogody, znalazła się w grupie roślin zbożowych — gorzej wykorzystujących fosfor z fosforytu.

W świetle powyższych rozważań i przytoczonych wyników należałoby wyciągnąć ogólny wniosek, że w oparciu o doświadczenia prowadzone w warunkach glebowych można mówić jedynie o zdolnościach roślin do wykorzystywania trudno rozpuszczalnych związków fosforu nawozowego nie w sensie zdolności fizjologicznych lecz rolniczych, które odnoszą się do konkretnych warunków wzrostu roślin.

Rolnicza ocena różnych gatunków roślin pod względem możliwości wykorzystania przez nie fosforu nawozowego powinna opierać się nie

tylko na doświadczeniach wazonowych, ale i na badaniach przeprowadzonych w warunkach polowych, w których, jak wiadomo, układ czynników jest inny niż w wazonach.

Przy dokonywaniu oceny roślin pod względem ich zdolności do wykorzystywania mączki fosforytowej trzeba brać pod uwagę oprócz zwyżek plonów masy roślinnej również i wykorzystanie składnika pokarmowego z nawozu. Zwyżki plonów masy roślinnej mogą bowiem być spowodowane ubocznym działaniem nawozu (np. ewentualnym wpływem na odczyn gleby, zawartością mikroskładników).

Zastosowanie metody znaczonych atomów w naszych doświadczeniach udowodniło, że wszystkie badane gatunki roślin pobierały fosfor z mączki fosforytowej „Annofos”. Porównanie wysokości plonów roślin z zawartością w nich fosforu nawozowego pozwoliło na wyciągnięcie wniosków, że uzyskane zwyżki plonów masy roślinnej spowodowane były pobraniem fosforu z mączki fosforytowej, a także zwiększonym (pod wpływem zastosowanego nawożenia fosforowego) pobraniem fosforu glebowego³.

Z kolei należałoby rozpatrzyć według jakich kryteriów — biorąc pod uwagę zawartość fosforu nawozowego w roślinach — można by oceniać zdolności różnych gatunków do wykorzystywania fosforu mączki fosforytowej. Jeżeli jako kryterium tej oceny przyjąć bezwzględne ilości fosforu pobrane przez plon roślin z nawozu (plon P_2O_5 nawozowego/wazon) wówczas decydujące znaczenie mogą mieć właściwości związane z takimi cechami gatunkowymi jak dynamika wzrostu (jedna dojrzała roślina łubinu posiada prawie trzykrotnie większą masę w porównaniu z rośliną gorczycy), zakresy wahań w procentach zawartości fosforu, długość okresu wegetacyjnego itp. Bardziej słuszne wydaje się powiązanie oceny roślin pod tym względem z właściwościami wynikającymi z cech morfologiczno-fizjologicznych, mających wpływ na rozpuszczanie fosforanów z mączki fosforytowej i ich pobieranie przez rośliny.

Opierając się na wynikach dotyczących zawartości w roślinach fosforu pochodzącego z nawozów, obliczono stosunek P_2O_5 pobranego przez plon roślin z mączki fosforytowej i superfosfatu:

$$K = \frac{P_2O_5 \text{ pobrany z mączki fosforytowej}}{P_2O_5 \text{ pobrany z superfosfatu}} = 1 : X$$

Wartości K podane są w tabeli 2. Wykazują one, że gorczyca, peluska, kukurydza i łubin pobierały z mączki fosforytowej przeciętnie biorąc połowę tej ilości fosforu, jaką pobrały z superfosfatu, podczas gdy w roślinach zbożowych fosfor pochodzący z mączki stanowił $1/3$ ilości

³ Dane dotyczące pobrania fosforu glebowego znajdują się w publikacji (14).

pobranych z superfosfatu. Pomijając łubin, ocena roślin na podstawie tego wskaźnika jest zgodna z reakcją plonów masy roślinnej.

Drugim wskaźnikiem, który może służyć dla porównania zdolności gatunkowych roślin do wykorzystywania fosforu z mączki fosforytowej, jest udział fosforu nawozowego w ogólnym pobraniu fosforu przez rośliny. Wskaźnik ten oblicza się na podstawie pomiarów radioaktywności w oparciu o zasadę rozcieńczenia izotopowego: % fosforu w roślinach pochodzącego z nawozu

$$\frac{\text{Aktywność właściwa fosforu w roślinach}}{\text{Aktywność właściwa fosforu w nawozie}} \times 100.$$

Obliczone wartości są porównywalne dla serii doświadczeń przeprowadzonych w tych samych warunkach (tj. na tej samej glebie, przy jednakowym poziomie nawożenia, wilgotności).

Słuszność tego wskaźnika można uzasadnić, opierając się na założeniu, że jeżeli w danych warunkach glebowych wprowadzimy określoną ilość fosforu nawozowego (mieszając go równomiernie z glebą) to z chemicznego punktu widzenia stosunek fosforu nawozowego do glebowego będzie jednakowy. Gdyby pomiędzy roślinami nie istniały różnice międzygatunkowe, to udział fosforu nawozowego w ogólnym pobraniu tego składnika (P naw./P ogól.) byłby u wszystkich roślin jednakowy. Tymczasem występuje zróżnicowanie. W doświadczeniach Frieda (6) cytowanych w przeglądzie literatury, rozklasyfikowanie roślin na lepiej i gorzej wykorzystujące fosforyty przeprowadzono w oparciu o ten właśnie wskaźnik. Rośliny motylkowe koniczyna i lucerna, ocenione ogólnie jako lepiej wykorzystujące fosforyty, zawierały odpowiednio 68,1 i 66,4% fosforu pochodzącego z mączki fosforytowej, podczas gdy rośliny trawiaste kupkówka, stokłosa i rajgras — 53,9—56,9%. W innych doświadczeniach proso zawierające 71,6% fosforu nawozowego oraz lucernę — 69,7%, zaliczono do lepiej wykorzystujących fosforyty, natomiast rajgras, buraki, owies i krotolarię, w których udział fosforu nawozowego wahał się w granicach 54,5—60,8% — zaliczono do gorzej wykorzystujących fosforyty. Bardzo duży udział fosforu nawozowego w tych doświadczeniach można tłumaczyć wysoką dawką nawozu 1000 f P₂O₅/akr. W innych doświadczeniach Frieda udział fosforu pochodzącego z mączki fosforytowej (w ogólnym pobraniu tego składnika) wynosił w przypadku gryki — 16,9%, prosa 3,9%.

W doświadczeniach Frieda i MacKenzie (5) nie wystąpiło większe zróżnicowanie pomiędzy wyką, lucerną i rajgrasem, które na glebie kwaśnej, nawożonej mączką fosforytową zawierały odpowiednio 81,6, 80,2 i 77,0% fosforu nawozowego.

W naszych doświadczeniach zróżnicowanie pomiędzy gatunkami roślin występuje również, chociaż różnice nie są zbyt duże. Niemniej jednak zgodne są z reakcją plonów masy roślinnej.

W doświadczeniach 1961 (tabela 2) gorczyca i peluszką, zaliczone do lepiej wykorzystujących mączkę fosforytową, zawierały odpowiednio — 18,6 i 16,3% fosforu nawozowego, podczas gdy udział fosforu nawozowego u roślin zbożowych wynosił 13,8—13,1%, a u łubinu — 10,5%.

W 1963 r. przeprowadzono krótkotrwałe doświadczenia (rośliny sprzętano po 4 tygodniach wzrostu) z trzema gatunkami, przy 2 poziomach nawożenia. W doświadczeniach tych chodziło o stwierdzenie, czy zróżnicowanie roślin na podstawie omawianego wskaźnika wystąpi również u bardzo młodych roślin, co świadczyłoby o powiązaniu z właściwościami morfologiczno-fizjologicznymi gatunków. Uzyskane dane przytoczone w tabeli 3 wykazują, że zróżnicowanie to istnieje z zachowaniem takiej samej kolejności, jak u roślin starszych (po 8 lub 9-tygodniowym okresie wzrostu). Wystąpiły natomiast różnice w ogólnym poziomie zawartości fosforu spowodowane wysokością dawki, jednakże dla każdego poziomu nawożenia (niższego i wyższego) kolejność roślin jest taka sama.

Na podstawie analiz chemicznych i radiometrycznych, dotyczących zawartości w roślinach wapnia ogółem i pobranego z mączki fosforytowej (tabela 4) można stwierdzić, że udział wapnia pochodzącego z mączki fosforytowej w roślinach był nieznaczny — wahał się w granicach 1,35—2,65%. Wyniki te wskazują, że w warunkach przeprowadzonych doświadczeń (na glebie niekwaśnej, zasobnej w ten składnik) wprowadzony z mączką fosforytową wapń nie miał znaczenia nawozowego. Natomiast w doświadczeniu z łubinem na glebie kwaśnej stanowił już 11,3% wapnia pobranego ogółem przez rośliny.

Przedstawione dane, wyłączając z tej oceny łubin, wykazują, że rośliny odznaczające się lepszym wykorzystaniem fosforu z mączki fosforytowej — gorczyca i peluszką, pobierały znacznie więcej wapnia ogółem, a także z mączki fosforytowej w porównaniu z roślinami zbożowymi, gorzej reagującymi na nawożenie mączką. Wyniki te są w pewnym stopniu zgodne z poglądami badaczy (1, 16, 17), że zróżnicowanie w zdolnościach roślin do wykorzystywania trudno dostępnych związków fosforu z fosforytów mogą się wiązać z intensywnością pobierania wapnia. Nie pozwalają jednak na wyciągnięcie wniosków odnośnie mechanizmu rozpuszczania fosforanów występujących w mączce i pobierania ich przez rośliny. Zagadnienie to wymagałoby przeprowadzenia specjalnych badań, które przy zastosowaniu nowoczesnych metod badawczych mogłyby bliżej naświetlić między innymi skład i charakter wydzielin korzeniowych.

LITERATURA

1. Bauer F. C.: Soil Sci. t. 12, s. 21—42, 1921.
2. Boratyński K., Turina Z.: Zeszyty Naukowe WSR, Wrocław, Rolnictwo 12, s. 1—38, 1960.
3. Cook G. W.: Agriculture, t. 62, nr 1, 1955.
4. Cook G. W.: Emp. J. Experim. Agric., t. 24, s. 295—306, 1956.
5. Fried M., Mac Kenzie A.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. t. 14, s. 226—231, 1949.
6. Fried M.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. t. 17, s. 357—59, 1953.
7. Kossowicz P.: Zurn. Opyt. Agr. t. 5, 1904.
8. Larsen S., Gunary D.: Nature, t. 189, s. 691, 1961.
9. Lasota T.: Praca doktorska, Zakład Fizjologii Roślin SGGW, 1960 r.
10. Musierowicz A., Koter M., Wondrausch A.: Roczniki Nauk Roln. t. 53, s. 51—75, 1949.
11. Otsuka: Soil Sci. a. Plant Nutrition, 1962.
12. Prianisznikow D.: Die Phosphorsäure, nr 1, s. 1—23, 1934.
13. Prianisznikow D.: Agrochimija. Moskwa 1952.
14. Śmierzchalska K.: Roczniki Nauk Roln., t. 87-A-2, s. 331—356, 1963.
15. Śmierzchalska K.: Roczniki Nauk Roln., t. 90-A-1, 1965.
16. Truog E.: Science, t. 41, s. 616—618, 1915.
17. Truog E.: Agric. Exper. Stat Res. Bull., t. 41, 1916.