

Wiesław BEDNAREK

Przemiany fosforu w glebie
oraz pobranie tego składnika przez kupkówkę pospolitą (*Dactylis glomerata* L.)
w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego
Cz. II. Pobranie fosforu

Transformations in the Soil and the Uptake of this Element by Cocksfoot
(*Dactylis glomerata* L.) in the Conditions of Differentiated Mineral Fertilization.
Part II. The Uptake of Phosphorus

Fosfor zastosowany do gleby z nawozami mineralnymi, w zależności od właściwości gleb ulega przemianom w różne związki fosforowe (6, 7, 9, 11, 12, 15, 16.). Związki te oddziałują w niejednakowy sposób na planowanie a także zawartość P w roślinach oraz pobranie tego składnika (1, 7, 16). W związku z tym istotne i potrzebne jest obserwowanie kierunków przemian jakim podlegają nawozy fosforowe stosowane w różnych warunkach glebowych i pod różne rośliny.

Celem przedstawionego opracowania było bliższe poznanie wpływu zróżnicowanego nawożenia mineralnego na plonowanie kupkówki pospolitej, zawartość i pobranie przez nią fosforu oraz określenie zależności pobrania P w okresie wegetacyjnym roślin od zawartości w brunatnej glebie lessowej ruchomych form i frakcji fosforu mineralnego.

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Podstawę badań stanowił materiał roślinny zebrany z doświadczeń polowych omówionych szczegółowo w I części pracy: Zawartość ruchomych form i frakcji fosforu mineralnego w glebie.

W uzyskanym z doświadczeń materiale roślinnym oznaczono:

- fosfor metodą wanadynianowo-molibdenową, po mineralizacji materiału roślinnego na mokro,
- suchą masę po wysuszeniu do stanu powietrznie suchego,
- pobranie fosforu jako iloczyn zawartości tego składnika w częściach nadziemnych kupkówki i plonu powietrznie suchej masy rośliny.

Ponadto oceniono metodą analizy wariancji, z zastosowaniem półprzedziałów ufności Tukey'a, wpływ nawożenia mineralnego na zawartość P, plonowanie i pobranie fosforu przez kupkówkę oraz określono związki tych elementów z zawartością w glebie różnych form i frakcji fosforu mineralnego. Obliczono też zależności występujące pomiędzy zawartością fosforu w częściach nadziemnych i korzeniach a pobraniem składnika przez

rośliny. Ponieważ nie stwierdzono istotnego wpływu nawożenia na zawartość fosforu w kupówce, nie podano odpowiednich tabel, zamieszczając jednak pewne wartości w omówieniu wyników.

W tabelach przedstawiono średnie wyniki z trzech lat i trzech pokosów oraz jedynie istotne półprzebiegi ufnosci.

WYNIKI I DYKUSIA

W rejonie doświadczenia średnia roczna temperatura i suma opadów w trzech kolejnych latach (1987, 1988, 1989) wynosiła odpowiednio: 6,1°C i 472,6 mm; 7,6°C i 507,6 mm oraz 9,0°C i 470 mm. Średnia temperatura wieloletnia (1951-1985) kształtowała się na poziomie 7,3°C a suma opadów – 558,1 mm.

Tab. 1. Plon suchej masy kupkówki pospolitej, t z ha
The yield of dry mass of common cocksfoot, t from ha

Nawożenie	P ₁			P ₂			P ₃			$\bar{x}$ z N
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	
N ₁	3,78	3,61	3,69	3,81	3,73	3,67	3,69	3,97	4,02	3,78
N ₂	4,68	4,91	4,81	4,66	4,72	4,70	4,88	4,96	5,03	4,82
N ₃	5,11	5,11	5,13	4,84	5,01	5,01	5,02	5,10	5,11	5,03
$\bar{x}$ z PK	4,52	4,54	4,55	4,44	4,42	4,46	4,53	4,68	4,72	
$\bar{x}$ z P	4,54			4,44			4,64			
$\bar{x}$ z K				4,50	4,55	4,58				
$\bar{x}$ NP	N ₁	3,70		3,74			3,89			
	N ₂	4,80		4,69			4,96			
	N ₃	5,12		4,89			5,08			
$\bar{x}$ NK	N ₁			3,76	3,77	3,80				
	N ₂			4,74	4,86	4,84				
	N ₃			4,99	5,01	5,08				
NIR (p=0,05), N=0,22										

Plonowaniem kupkówki pospolitej przedstawiono w tabelach 1 i 3. Analiza tych wyników wskazuje, że istotną rolę w przyroście suchej masy roślin odegrało tylko nawożenie azotem (tab 1). Nawożenie fosforem i potasem (oraz interakcyjne współdziałanie NPK) nie wywarło wpływu udowodnionego statystycznie na plonowanie kupkówki. Przyrost biomasy był istotnie mniejszy w kolejnych zbiorach, wzrastał natomiast w latach doświadczeń (tab 3).

Zawartość suchej masy w częściach nadziemnych roślin również zależała istotnie od nawożenia azotem. Zmniejszała się wyraźnie wraz ze wzrostem dawek N (z 23,2 do 20,0%), najwyższa była w drugim, a najniższa w pierwszym pokosie (tab. 3). Nawożenie fosforem

i potasem nie spowodowało zmian udowodnionych statystycznie w zawartości suchej masy w kupkówce.

Rola nawożenia mineralnego, szczególnie azotowego w przyroście plonów roślin użytkowych zielonych jest znana od dawna (3-5, 8, 10, 14, 17-20). Zwracał na nią uwagę Czuba i Murzyński (3, 4), Gorlach i Curyło (5), Mazur (10) oraz Stuczyński i Stuczyńska (17-19). Jednocześnie w warunkach intensywnego nawożenia mineralnego, w miarę upływu czasu, stwierdzono niekiedy pewną tendencję spadku plonowania runi łąkowej (5). Najwyższe plony, a także najkorzystniejszy skład chemiczny i wartość pokarmową miały trawy w momencie rozpoczęcia użytkowania w okresie początkowego kłoszenia i spręcie czterech, pięciu pokosów w odstępach pięciodobowych (8).

Tab. 2. Pobranie fosforu przez części naziemne kupkówki pospolitej (kg P z ha)
The uptake of phosphorus by the above-ground parts of common

Nawożenie	P ₁			P ₂			P ₃			$\bar{x}$ z N
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	
N ₁	13,0	12,1	11,9	13,5	12,6	12,3	12,7	13,7	13,5	12,8
N ₂	15,8	16,2	14,7	16,0	15,2	15,5	16,7	17,1	16,7	16,0
N ₃	16,4	16,9	16,2	16,5	16,8	16,7	17,0	17,2	16,7	16,7
$\bar{x}$ z PK	15,1	15,1	14,2	15,4	14,8	14,8	15,4	16,0	15,6	
$\bar{x}$ z P	14,8			15,0			15,7			
$\bar{x}$ z K				15,3	15,3	14,9				
$\bar{x}$ NP	N1	12,3		12,8						
	N2	15,6		15,6						
	N3	16,5		16,7						
$\bar{x}$ NK	N1			13,1	12,8	12,5				
	N2			16,2	16,1	15,6				
	N3			16,6	17,0	16,5				

NIR (p=0,05), N=1,4

Zawartość fosforu w kupkówce była bardzo wyrównana i utrzymywała się na poziomie 0,32-0,33% P (części nadziemne) i 0,15-0,16% P (korzenie). Nie zależała w sposób istotny od nawożenia mineralnego. Do podobnych wniosków doszli wcześniej Czuba i Murzyński, stwierdzając, że zróżnicowane dawki azotu i potasu nie miały istotnego wpływu na zawartość fosforu w roślinach (3,4) oraz Mazur i w s p. (10) a także autorzy innych prac (2, 14, 18, 19, 20).

Gorlach i Curyło (5) oraz Nowak (13) donoszą, że ze wzrostem nawożenia mineralnego zawartość fosforu w roślinach użytków zielonych istotnie wzrosła. Z kolei Stuczyński i wsp. doszli do wniosku, że intensywne nawożenie kupkówki azotem spowodowało zmniejszenie zawartości P (17). Opóźnienie zbioru pierwszego pokosu traw, wysokości dziesięciu centymetrów do kłoszenia, powodowało również liniowe obniżenie zawartości m.in. fosforu w roślinach (14).

Tab. 3. Plonowanie kupkówki pospolitej oraz pobranie fosforu w zależności od zebranego pokosu i lat doświadczeń

The yielding of common cocksfoot and the uptake of phosphorus depending on the cutting and the years of experiments

Pokosy	Plon zielonej masy t/ha	Plon s. m. t/ha	Pobranie kg/ha	% s. m.
I	32,0	4,99	18,6	15,6
II	19,2	4,58	13,5	25,1
III	17,7	4,06	13,5	23,8
NIR (p=0,05)	0,6	0,12	1,4	1,2
Lata				
1987	17,3	3,46	10,3	
1988	25,9	4,94	17,1	
1989	25,6	5,22	18,1	
NIR (p=0,05)	0,6	0,12	1,4	

Pobranie fosforu przez kupkówkę zależało istotnie od nawożenia azotem, które miało największy wpływ na przyrost plonu (tab. 2). Nawożenie fosforem i potasem nie odegrało roli udowodnionej statystycznie. Największą ilość tego składnika pobrały rośliny z plonem pierwszego pokosu i w trzecim roku doświadczeń (tab. 3). Czuba i Murzyński w wieloletnich doświadczeniach prowadzonych na użytkach zielonych również stwierdzili, że w miarę wzrostu dawek azotu (do 600 kg N/ha) wzrastały plony zielonej masy roślin oraz pobranie fosforu z gleby z około 42 do 103 kg P₂O₅ z ha. Zastosowana dawka 90 kg P₂O₅/ha nie pokrywała potrzeb pokarmowych roślin, nawet bez uwzględniania współczynnika wykorzystania P z gleby (3, 4).

Pobranie fosforu przez kupkówkę wykazywało istotne i dodatnie korelacje z zawartością tego składnika w częściach nadziemnych rośliny zbieranej w kolejnych pokosach (tab. 4). Natomiast nie stwierdzono podobnych zależności w odniesieniu do ilości P w korzeniach. Miles (11) rozpatrując podobne zależności również stwierdził, iż zawartość fosforu w *Agrostis canina* wykazuje istotne i dodatnie korelacje z plonem masy nadziemnej ($r=0,879$) i pobraniem tego składnika ($r=0,690$).

Plonowanie rośliny pierwszego zbioru wykazywało istotne i dodatnie korelacje z zawartością w glebie fosforu rozpuszczalnego w wodzie i chlorku wapniowym, drugiego zbioru z ilością w glebie oznaczonych ruchomych form fosforu (największe z P w H₂O) i mineralnych frakcji tego składnika (bez P-Ca). Nie stwierdzono wystąpienia omawianych

wcześniej zależności w trzecim pokosie (tab. 5). Zawartość fosforu w częściach nadziemnych kupkówki była w różny sposób uzależniona od ilości w glebie analizowanych ruchomych form i frakcji P. W pierwszym pokosie wykazywała dodatnie związki z koncentracją w glebie fosforanów wapniowych i żelazowych, w drugim – łatwo rozpuszczalnych, żelazowych i ruchomych form P (największe z P w H_2O), w trzecim z mineralnymi frakcjami fosforu oraz tym składnikiem oznaczonym w wodzie i chlorku wapniowym. Zawartość fosforu w korzeniach praktycznie nie wykazywała istotnych zależności z koncentracją form i frakcji P w pokosie pierwszym, w drugim – tylko z fosforami łatwo rozpuszczalnymi, glinowymi oraz fosforem oznaczonym w wyciągu mleczanowym, w trzecim – z P-Al oraz fosforem oznaczonym w chlorku wapniowym i wyciągu mleczanowym.

Tab. 4. Zależność pobrania fosforu przez kupkówkę pospolitą od zawartości P w częściach nadziemnych i korzeniach tej rośliny (n=81)

The relations between the uptake of phosphorus by common cocksfoot and the content of P in the above-ground parts and the roots of this plant (n=81)

Część rośliny	Współczynnik korelacji	Współczynnik regresji
I pokos		
Części nadziemne	0,441	35,740
Korzenie	*	*
II pokos		
Części nadziemne	0,852	65,212
Korzenie	*	*
III pokos		
Części nadziemne	0,793	54,456
Korzenie	*	*

Najliczniejsze związki pobrania fosforu przez kupkówkę z koncentracją w glebie analizowanych form i frakcji P wystąpiły w pokosie drugim i trzecim. Pobranie tego składnika wykazywało dodatnie i istotne korelacje przede wszystkim z zawartością w glebie fosforu oznaczonego w wodzie oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych, żelazowych i glinowych (tab. 5).

We wcześniejszym opracowaniu autor niniejszej publikacji stwierdził, że o plonie żęciicy wielokwiatowej w największym stopniu decydowała zawartość w glebie fosforu oznaczonego wg metody Egnera-Riehma oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych i glinowych (1). M o s k a l (12) również komunikuje, że zwyżka suchej masy części nadziemnych owsa uzyskana pod wpływem nawożenia wykazywała istotne i dodatnie korelacje z zawartością w glebie fosforu oznaczonego wg metody Egnera-Riehma ($r=0,834$) i wyciągu wodnym ($r=0,788$). Zawartość fosforu oraz jego pobranie przez żęcię wielokwiatową również było uzależnione od ilości w glebie fosforu oznaczonego wg metody Egnera-Riehma oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych i glinowych (1). Podobnego zdania są H a n o t i a u x i S a l m o n (6, 15), którzy twierdzą, że fosforany łatwo rozpuszczalne odgrywają zasadniczą rolę w mineralnym żywieniu roślin. K ę s i k

oraz Pietrasz - Kęsik (7) donoszą, iż przyswajalność frakcji fosforu dla roślin (owies, kukurydza, żyto) maleje w kolejności: fosforany łatwo rozpuszczalne, fosforany glinowe, żelazowe i wapniowe. Moskale (12) określił istotną zależność pomiędzy pobraniem P przez owies a zawartością w glebie fosforu oznaczonego wg metody Egnera-

Tab. 5. Zależność plonowania, zawartości fosforu w kupkowiec oraz pobrania tego składnika przez rośliny od występowania w glebie różnych form i frakcji P (n=81)
The relations between the yielding, content of phosphorus in common cocksfoot and the uptake of this element by plants and the occurrence of different P forms and fractions soil (n=81).

Forma P w glebie	Współczynniki korelacji				Współczynniki regresji			
	Plon	P w cz. nadziem- nych	P w korze- niach	Pobranie P	Plon	P w cz. nadziem- nych	P w korze- niach	Pobranie P
I pokos								
P- łatwo rozp.	*	*	*	*	*	*	*	*
P - Al	*	*	*	*	*	*	*	*
P - Fe	*	0,374	*	*	*	0,004	*	*
P - Ca	*	0,321	*	*	*	0,012	*	*
P wg Egnera- Riehma	- 0,221	*	*	*	-0,107	*	*	*
P w H ₂ O	0,440	*	-0,279	0,403	1,129	*	- 0,018	*
P w CaCl ₂	0,219	*	*	*	0,530	*	*	*
II pokos								
P- łatwo rozp.	0,278	0,245	0,257	0,320	0,700	0,036	0,008	3,608
P - Al	0,259	*	0,314	0,276	0,093	*	0,001	0,446
P - Fe	0,317	0,336	*	0,378	0,146	0,009	*	0,778
P - Ca	*	*	*	*	*	*	*	*
P wg Egnera- Riehma	0,276	0,277	0,263	0,330	0,143	0,008	0,002	0,768
P w H ₂ O	0,643	0,559	*	0,658	0,626	0,133	*	12,005
P w CaCl ₂	0,241	0,357	*	0,350	1,302	0,113	*	8,479
III pokos								
P- łatwo rozp.	*	0,427	*	0,226	*	0,056	*	2,044
P - Al	*	0,460	0,263	0,308	*	0,008	0,001	0,380
P - Fe	*	0,566	*	0,472	*	0,10	*	0,563
P - Ca	*	0,279	*	*	*	0,10	*	*
P wg Egnera- Riehma	*	*	0,302	*	*	*	0,002	*
P w H ₂ O	*	0,547	*	0,423	*	0,071	*	3,770
P w CaCl ₂	*	0,292	0,257	*	*	0,054	0,014	*

* brak istotnych zależności

Richma oraz wyciągu wodnym ($r=0,894$ i $0,850$). Mattin g l y i współautorzy (9) również znaleźli wysoką, dodatnią korelację pomiędzy pobraniem fosforu przez życie pierwszego pokosu a zawartością w glebie tego składnika oznaczonego w $0,5$ mol Na_2CO_3 ($r=0,920$). Korelacja pomiędzy fosforem pobranym przez trzy pokosy życicy o P ruchomym była jeszcze wyższa. Smith (16) udowodnił, iż pobieranie fosforu przez rośliny z frakcji nieorganicznych zależało od zastosowanego nawozu. Np. koniczyna nawożona tomasyną pobierała ten składnik głównie w postaci frakcji fosforanu wapniowego, nawożona superfosforatem - w formie frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych oraz glinowych.

Reasumując można stwierdzić, że:

- Plonowanie kupkówki (szczególnie drugiego pokosu) uzależnione było przede wszystkim od zawartości w glebie fosforu oznaczonego w wodzie i chlorku wapniowym oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych.

- Zawartość fosforu w częściach nadziemnych wykazywała istotne i dodatnie korelacje z zawartością w glebie drugiego i trzeciego pokosu szczególnie fosforu oznaczonego w wodzie i chlorku wapniowym oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych.

- Zawartość fosforu w korzeniach kupkówki wykazywała istotne i dodatnie związki głównie z ilością w glebie drugiego i trzeciego zbioru fosforu oznaczonego wg metody Egnera-Richma oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych i glinowych.

- Pobranie fosforu przez kupkówkę pospolitą charakteryzowało się przede wszystkim wystąpieniem dodatnich korelacji w drugim i trzecim pokosie z ilością w glebie fosforu oznaczonego w wodzie oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych, żelazowych i glinowych.

WNIOSKI

1. Plonowanie kupkówki pospolitej oraz pobranie fosforu przez tę roślinę wzrastało istotnie po zastosowaniu wzrastających dawek azotu. Nawożenie fosforem i potasem nie wywarło wpływu udowodnionego statystycznie na przyrost bimasy i pobranie P.

2. Zawartość fosforu w kupkówce pospolitej (części nadziemne i korzenie) była bardzo wyrównana i nie zależała w istotny sposób od zastosowanego nawożenia mineralnego.

3. Plonowanie, zawartość fosforu w roślinie oraz pobranie tego składnika przez kupkówkę pospolitą wykazywało istotne i dodatnie korelacje z ilością w glebie fosforu oznaczonego w wodzie i chlorku wapniowy oraz frakcji fosforanów łatwo rozpuszczalnych i glinowych.

PIŚMIENNICTWO

1. Bednarek W.: Pobranie fosforu przez życie wielokwiatową w zależności od zawartości mineralnych form tego składnika w glebie. Pol. J. Soil Sci., XX/2, 1987.
2. Bednarek W.: Zaopatrzenie w fosfor kupkówki pospolitej nawożonej zróżnicowanymi dawkami nawozów mineralnych. Symp. "Nawożenie a jakość plonów roślin pastewnych", Rzeszów, 11-13. IX. 1991.
3. Czuba R., Murzyński J.: Pobieranie fosforów przez roślinność łąkową w 9-letnich doświadczeniach ścisłych z wzrastającymi dawkami azotu i potasu. Prace Naukowe AE we Wrocławiu, nr 159, 1980.

4. Czuba R., Murzyński J.: Pobieranie fosforu przez roślinność użytków zielonych w warunkach wzrastających dawek NPK. *Prace Nauk., AE we Wrocławiu*, nr 58, 1974.
5. Gorlach E., Curyło T.: Wpływ różnych poziomów nawożenia NPK na plonowanie i skład mineralnych runi łąkowej w świetle 6-letnich doświadczeń. *Zesz. Post. Nauk Roln.*, z. 210, 1978.
6. Honotiaux G.: Etude de la dynamique du phosphore du sol par la methode du fractionnement. *ISSS, Aberdeen*, 1967.
7. Kęsik K., Pietraszak-Kęsik G.: Utilization of mineral phosphorus fractions from phosphorus-fertilized soils. *Roczn. Glebozn.*, t. 32, nr 3, 1981.
8. Krzywicki S.: Wpływ terminu i częstotliwości koszenia na plon i skład chemiczny intensywnie nawożonych traw w uprawie polowej. *Roczn. Nauk Roln.*, ser. A, t. 104, z. 1, 1979.
9. Mattingly G. E., Russel R. D., Jephcott B. M.: Experiments on cumulative dressing of fertilizers on calcareous soils in South-West England. II. Phosphorus uptake by ryegrass in the greenhouse. *J. Sci., Food and Agric.*, t. 14, 1963.
10. Mazur K., Olkowsk M., Mazur T.: Określenie wpływu nawożenia mineralnego na ilość i jakość paszy z trwałych użytków zielonych. *Mat. z symp. "Wpływ i nawożenie na jakość plonów"*, z. 2, Olsztyn, 1986.
11. Miles J.: A note on the relation between phosphorus supply and the abundance of *Agrostis canina* ssp. on a Southern English heath. *J. Ecology*, nr 2, 1974.
12. Moskal S.: Chemiczne i izotopowe metody oznaczania łatwo dostępnych dla roślin fosforanów w glebie. *Roczn. Nauk Roln.*, ser. A, t. 96, z. 1, 1969.
13. Nowak G.: Wpływ intensywnego nawożenia użytków zielonych na plonowanie i wartość pokarmową roślin. Zawartość form fosforu w runi intensywnie nawożonego pastwiska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 210, 1978.
14. Pawlus M., Rudnicki F., Sadowska B.: Wpływ terminów zbioru na skład chemiczny traw. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol.*, z. 33, 1984.
15. Salmon R. C.: Relations between intensity level and quantity of soil phosphate and its availability. *Soil Sci.*, t. 101, nr 6, 1966.
16. Smith A. N.: The of phosphorus by wheat and clover from four inorganic soil phosphate fractions after the addition of contrasting types of phosphatic fertilizer. *Plant and Soil*, t. 29, nr 1, 1969.
17. Stuczyński E., Stuczyńska J., Jakubowski S., Jasiński B.: Plonowanie i skład chemiczny kupkówki w zależności od nawożenia azotem i zaopatrzenia w wodę. *Pam. Puł.*, z. 44, 1971.
18. Stuczyński E., Stuczyńska J., Skołacki S.: Relacja kupkówki na różne poziomy nawożenia azotem i wilgotność gleby. *Pam. Puł.*, z. 39, 1970.
19. Stuczyńska J.: Wpływ nawożenia NPK na plonowanie i skład chemiczny kupkówki. *Pam. Puł.*, z. 58, 1973.
20. Woźniak L., Kruczek G., Szczurko W., Koniuczek J.: Wpływ nawożenia mineralnego na plonowanie i skład chemiczny siana. *Mat. z symp. "Wpływ nawożenia na jakość plonów"*. z. 2, Olsztyn 1986.

SUMMARY

Three-years long field studies on brown loess soil (pH in 1 mol KCl/dm³ - 4.9, P according to Egner-Riehm - 7.7 mg/100g; a fraction of easily soluble phosphates - 1.3, clays - 12.5, ferrous - 17.2, calcium ones - 11.6 mg P/100g) estimated the effect of differentiated mineral fertilization on the yielding of common cocksfoot, the content and the uptake of phosphorus, and determined the relations between P uptake in the plant's vegetative period and the content of moving forms and fractions of mineral phosphorus in the soil. It was found out that:

- The yielding of common cocksfoot and the uptake of phosphorus by this plant increased significantly after the application of increasing nitrogen doses. Phosphorus and potassium fertilizations had no statistically confirmed influence on the increase of biomass and P uptake.

- The yielding and the content of phosphorus in the plant and the uptake of this element by common cocksfoot showed significant and positive correlations with the quantity of phosphorus in the soil marked in the water and in calcium chloride as well as easily soluble and easily phosphate fractions.