

PRZEMIANA AZOTU I FOSFORU W ORGANIZMIE ZWIERZĘCYM W ZALEŻNOŚCI OD ZAWARTOŚCI AZOTU I FOSFORU W DIECIE

A. WIERNY, J. OKOŃSKI

Zakład Doświadczalny Instytutu Zootechniki w Grodźcu Śląskim

W badaniach nad potrzebami pokarmowymi ludzi i zwierząt dużo uwagi poświęca się składnikom mineralnym pożywienia, a spośród tych czołowe miejsce zajmuje fosfor. Tak duże zainteresowanie tym składnikiem jest chyba w pełni zrozumiałe, zważywszy na rolę jaką on spełnia w przemianie materii organizmu.

Badania nad przemianą fosforu w organizmie zwierząt rozpoczęto w naszym zakładzie w 1958 r. W pierwszym doświadczeniu, które przeprowadzono na prosiątach w ciągu 2 miesięcy po odsadzeniu ich od maciory, przy pomocy metody znaczonych atomów ^{32}P , przebadano wpływ dwóch różnych dawek fosforu w diecie na jego resorbcję w przewodzie pokarmowym oraz na retencję tego pierwiastka w kościach, wątrobie, krwi i mięśniach. Grupa pierwsza otrzymywała dziennie 5 g, a druga 15 g fosforu ogólnego.

Na podstawie uzyskanych wyników można było stwierdzić lepszą resorbcję fosforu w przewodzie pokarmowym u prosiąt otrzymujących w diecie mniejsze ilości tego składnika. Większa retencja ^{32}P w badanych tkankach u prosiąt z wymienionej grupy w porównaniu ze zwierzętami żywionymi paszą bogatszą w fosfor, wskazuje niedwuznacznie na nasilenie przemiany fosforu w organizmie zależnie od zawartości tego składnika w pożywieniu.

Następne doświadczenie, które przeprowadzono na powyższy temat, różniła się tym, że okres żywienia prosiąt różną zawartością fosforu przedłużono do 4 miesięcy. Otrzymane wyniki pokrywały się z danymi uzyskanymi z doświadczenia pierwszego.

Celem kolejnego doświadczenia przeprowadzonego na 6 grupach 2-miesięcznych prosiąt było zbadanie wpływu 6 różnych dawek fosforu

w diecie na stopień jego retencji w kościach, krwi, wątrobie, sercu i nerce oraz na czas półobrotu ^{32}P w kości czołowej u tych zwierząt. Średnio w okresie doświadczenia trwającego 2 miesiące prosięta z grupy I otrzymywały dziennie w dawce pokarmowej 1,6 g fosforu ogólnego, z grupy II — 2,8 g, III — 5,6 g, IV — 10,2 g, V — 19,4 g i VI — 28,6 g. Stosunek ilościowy P i Ca w dawkach pokarmowych, podobnie jak w doświadczeniu poprzednim, wynosił 1 : 1.

Uzyskane wyniki wykazały, że największą retencję ^{32}P w badanych tkankach miały prosięta z grupy I i II — otrzymujące najmniejsze dawki fosforu w diecie. U prosiąt z grupy III w porównaniu ze zwierzętami z grupy I i II zaobserwowano prawie czterokrotnie mniejszą retencję ^{32}P w tych tkankach. Natomiast u prosiąt z grupy IV, V, VI stwierdzono jeszcze mniejsze, stopniowo malejące, ilości ^{32}P odłożonego w ich tkankach, ale różnice w stopniu retencji tego izotopu nie były tak znaczne jak pomiędzy I, II i III grupą zwierząt.

Czas półobrotu ^{32}P w kości czołowej u prosiąt z grupy III ustalono na około 170 godzin, z grupy IV na około 150 godzin, z grupy V na około 130 godzin i z grupy VI na około 110 godzin. U zwierząt z grupy I i II czas półobrotu fosforu w kości czołowej musiał być dużo dłuższy niż 170 godzin, skoro w ciągu tego okresu czasu nie stwierdzono spadku aktywności właściwej ^{32}P w badanej kości.

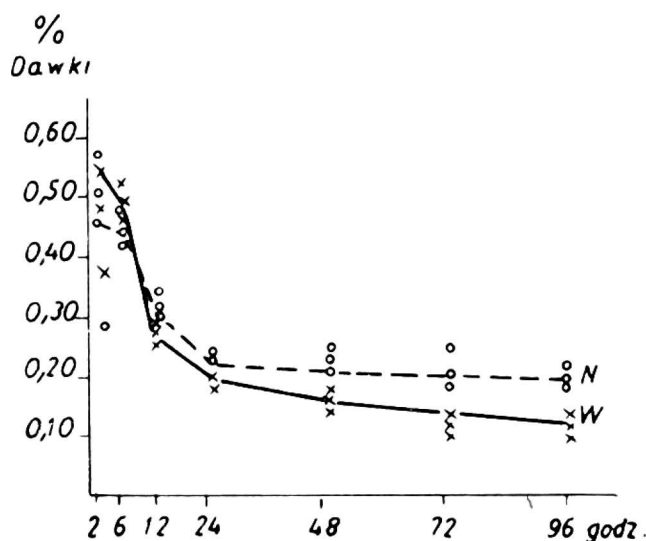
Wyniki uzyskane z doświadczeń przeprowadzonych w naszym zakładzie na rosnących prosiętach, jak również dane z literatury (2, 3, 4, 5, 7, 10) wskazywały na to, że zawartość fosforu w diecie ma wpływ na nasilenie jego przemiany w organizmie zwierzęcym. Można było z dużą dozą prawdopodobieństwa wnioskować, że mechanizm regulujący szybkość przemiany fosforu w organizmie oparty jest na zasadzie sprzężenia zwrotnego. Dzięki temu mechanizmowi zwierzę może w określonych granicach adaptować się do pobierania różnych ilości fosforu z pokarmem. Jeżeli dieta zawiera nadmiar fosforu w stosunku do aktualnego zapotrzebowania zwierzęcia, to następuje szybsze wydalanie tego składnika z organizmu. Odwrotnie natomiast przedstawia się ten proces przy niedoborze fosforu w diecie.

W świetle tych badań interesujące było zagadnienie, czy w wyniku zwiększonego spożycia przez zwierzę fosforu nasila się również przemiana takich związków biologicznych w organizmie, które zawierają w swoim składzie ten pierwiastek. Szczególnie interesowała nas przemiana kwasów rybonukleinowych i białek w wątrobie. W tym celu podjęto dalsze badania nad nasileniem przemiany fosforu ogólnego i nieorganicznego, kwasów rybonukleinowych oraz nukleoproteidów w wątrobie szczura w zależności od zawartości fosforu w diecie.

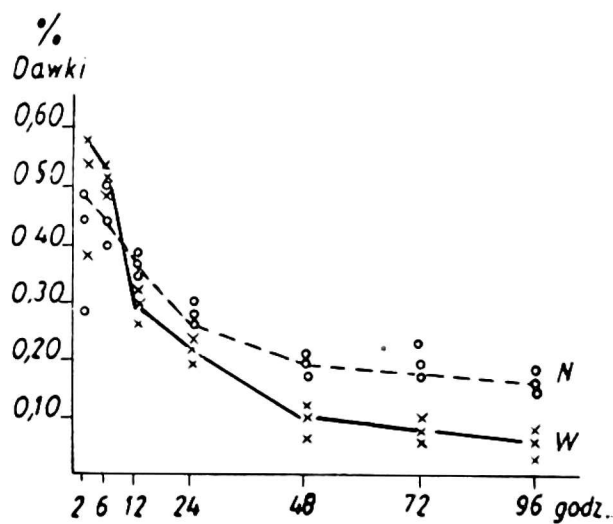
Na powyższy temat przeprowadzono dwa odrębne doświadczenia. Doświadczenie pierwsze przeprowadzono na 3-miesięcznych szczurach samicach szczepu Wistar. Średni ciężar szczura na początku doświadczenia wynosił 105 g. 54 sztuki szczurów podzielono na dwie grupy po 27 sztuk w każdej. Zwierzęta z obydwóch grup żywiono dietą jednakową pod względem zawartości wszystkich niezbędnych składników pokarmowych oprócz fosforu. Jedna grupa szczurów (N) otrzymywała dietę zawierającą 0,2% fosforu, a drugą grupę (W) żywiono dietą w której zawartość fosforu wynosiła 1%. Zawartość wapnia w dietach równała się zawartości fosforu. Zawartość białka ogólnego w dietach dla obydwóch grup wynosiła 9%.

Po upływie 3 tygodni od rozpoczęcia żywienia szczurów tymi dietami zadano im dootrzewnowo po 40 μC ^{32}P w postaci $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$, po czym z każdej grupy zabijano kolejno po 3 zwierzęta w odstępach 2, 6, 12, 24, 48, 72 i 96 godzin licząc od czasu zadania izotopu. W wyizolowanych uprzednio z wątroby próbkach fosforu ogólnego i nieorganicznego (1, 6)¹, kwasów rybonukleinowych (11) i nukleoproteidów (8, 9) oznaczono aktywność właściwą ^{32}P . Aktywność właściwą badanych składników wątroby wyrażono w procentach dawki ^{32}P . Wyniki zilustrowano na wykresach 1, 2, 3 i 4.

Należy tu podkreślić znamieny fakt, że zwierzęta otrzymujące dietę z niską zawartością fosforu (grupa N) w ciągu 3 tygodni przyrosły prze-



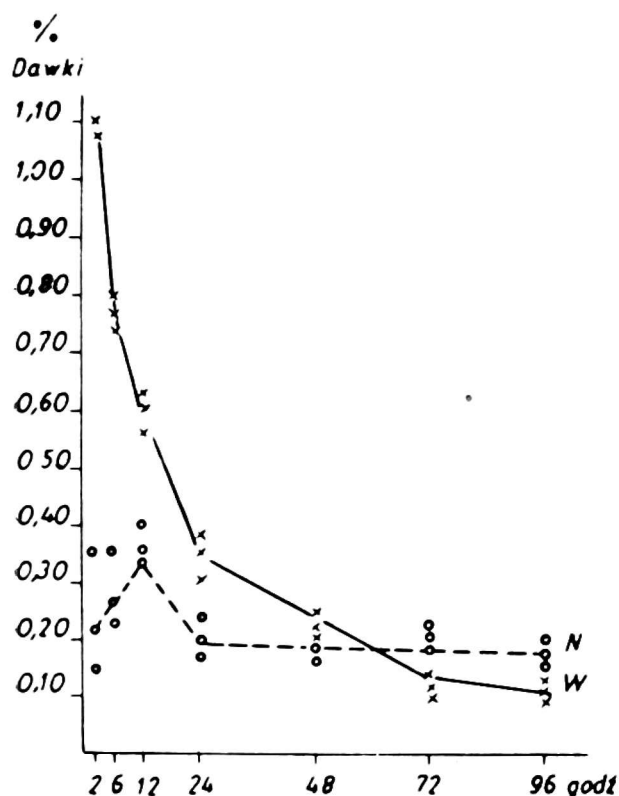
Rys. 1. Aktywność właściwa fosforu ogólnego wątroby szczurów żywnych dietą z niską (N) i wysoką (W) zawartością fosforu (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ fosforu ogólnego)



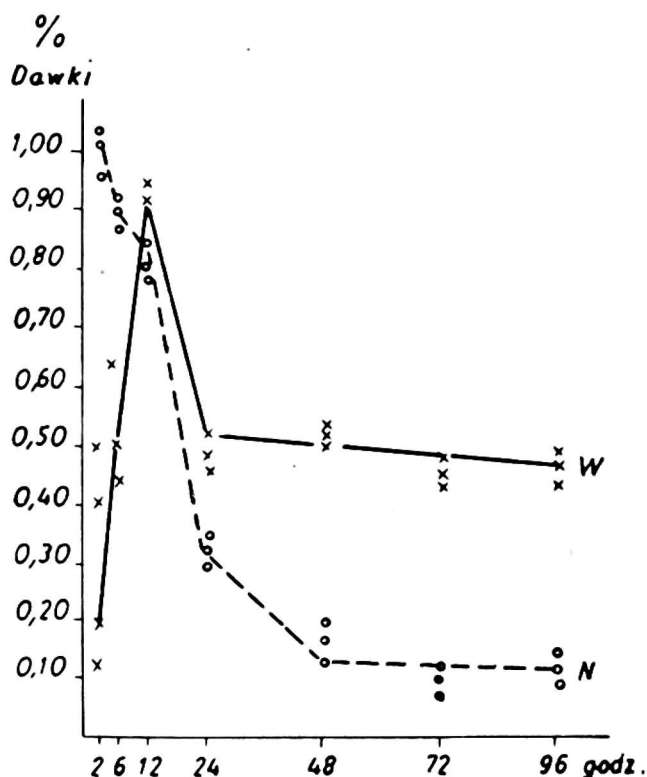
Rys. 2. Aktywność właściwa fosforu nieorganicznego wątroby szczurów żywnych dietą z niską (N) i wysoką zawartością fosforu (W) (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ fosforu nieorganicznego)

¹ Odnośniki cyfrowe dotyczą źródła literatury z opisem metody zastosowanej do oznaczania poszczególnych składników wątroby.

ciętnie o 22%, natomiast szczury żywione dietą z wysoką zawartością fosforu (grupa W) zmniejszyły swoją żywą wagę średnio o 30%. Ten wynik skłonił nas do oznaczenia u 6 sztuk szczurów z każdej grupy zawartości fosforu i azotu ogólnego w całych tuskach zwierząt. Okazało się, że szczury z grupy „W” miały w tuskach znacznie mniej azotu ogólnego niż zwierzęta z grupy przeciwstawnej. Nie stwierdzono nato-



Rys. 3. Aktywność właściwa kwasów rybonukleinowych wątroby szczurów żywionych dietą z niską (N) i wysoką (W) zawartością fosforu (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ kwasów rybonukleinowych)



Rys. 4. Aktywność właściwa nukleoproteidów wątroby szczurów żywionych dietą z niską (N) i wysoką (W) zawartością fosforu (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ nukleoproteidów)

miast żadnej różnicy pomiędzy grupami w zawartości fosforu ogólnego w tuskach badanych zwierząt. Na tej podstawie obliczono, że ilościowy stosunek fosforu do azotu ogólnego w całych tuskach szczurów z grupy „N” przedstawiał się jak 1 : 0,7, a dla szczurów z grupy „W” jak 1 : 0,6. Różnica ta jest statystycznie istotna.

Analizując uzyskane wyniki można było wnioskować, że zwiększona zawartość fosforu w diecie dla szczurów z grupy „W” spowodowała nasilenie przemiany fosforu, kwasów rybonukleinowych i białek w organizmie tych zwierząt. Na skutek nasilenia przemiany tych składników w organizmie wzrosło zapotrzebowanie zwierząt na białko pokarmowe. Ponieważ przy tym tempie przemiany białek stosowana dieta nie pokrywała zapotrzebowania szczurów z grupy „W” na białko, przeto zwierzęta szybciej zużywały białka swojego organizmu w wyniku czego

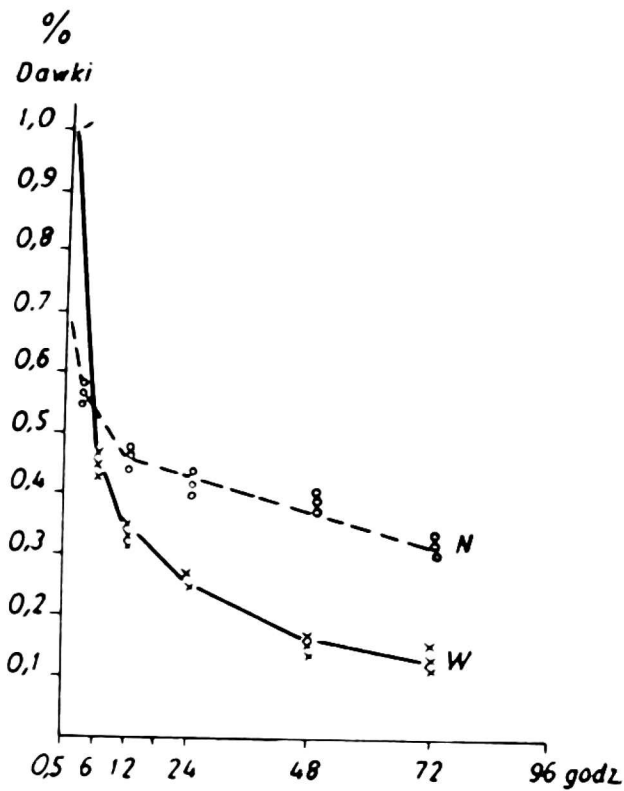
stopniowo spadały na wadze. W tym świetle zrozumiałym wydaje się fakt, że po upływie 3 tygodni żywienia szczurów dietą z wysoką zawartością fosforu włączanie ^{32}P do nukleoproteidów wątroby u tych zwierząt było dużo wolniejsze niż u szczurów z grupy „N”.

Podjęcie dalszych badań miało na celu rozstrzygnięcie, czy w wyniku zwiększenia ilości białka, w stosunku do tych wartości fosforu, jakie znajdowały się w dietach stosowanych w doświadczeniu poprzednim, zapobiegnie się spadkowi żywej wagi u szczurów otrzymujących karmę bogatszą w fosfor. Poza tym zamierzano przebadać wpływ zwiększonej ilości białek pokarmowych w diecie na przemianę fosforu ogólnego i nieorganicznego, kwasów rybonukleinowych oraz nukleoproteidów w wątrobie szczurów otrzymujących z pokarmem zróżnicowane ilości fosforu.

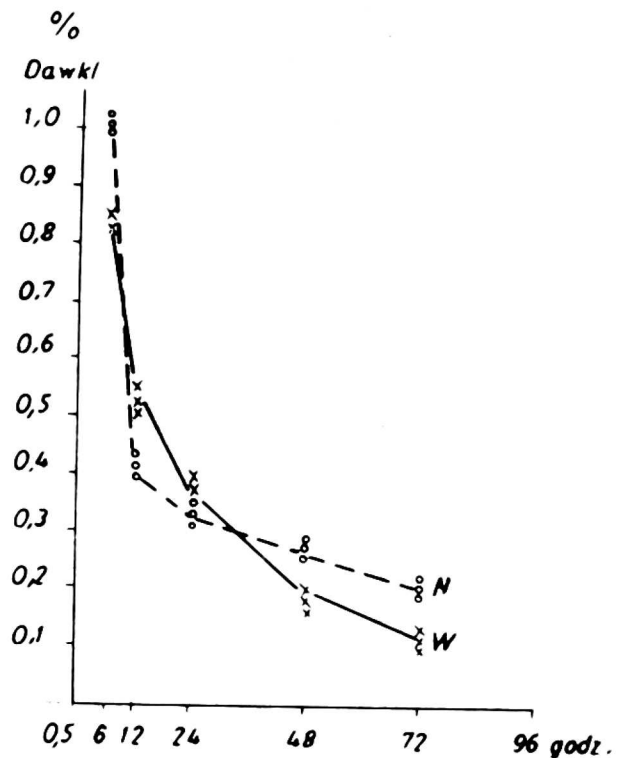
Doświadczenie na ten temat przeprowadzono również na 3 miesięcznych szczurach samicach szczepu Wistar. 60 sztuk wybranych do doświadczenia szczurów podzielono na 2 grupy po 30 sztuk w każdej. Średnia żywa waga szczura, podobnie jak w doświadczeniu poprzednim wynosiła 106 g. Dieta dla szczurów z obydwóch grup zawierała 13,2% białka ogólnego. Różnica polegała tylko na zawartości fosforu w diecie. Tak samo jak w doświadczeniu poprzednim, jedna grupa szczurów (N) otrzymywała dietę zawierającą 0,2%, a druga grupa (W) — 1% fosforu ogólnego.

W czwartym tygodniu trwania doświadczenia wszystkim szczurom zadano dootrzewnowo po 40 μC ^{32}P w postaci $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$, po czym z każdej grupy zabijano kolejno po 3 zwierzęta w odstępach 0,5, 1, 2, 6, 12, 24, 48 i 72 godzin licząc od czasu zadania izotopu. W wyizolowanych z wątroby próbkach fosforu ogólnego i nieorganicznego, kwasów rybonukleinowych i nukleoproteidów oznaczano aktywność właściwą ^{32}P . Wyniki przedstawiono na wykresach 1a, 2a, 3a i 4a. Oprócz tego u 6 sztuk z każdej grupy szczurów w całych tuskach oznaczono zawartość fosforu i azotu ogólnego.

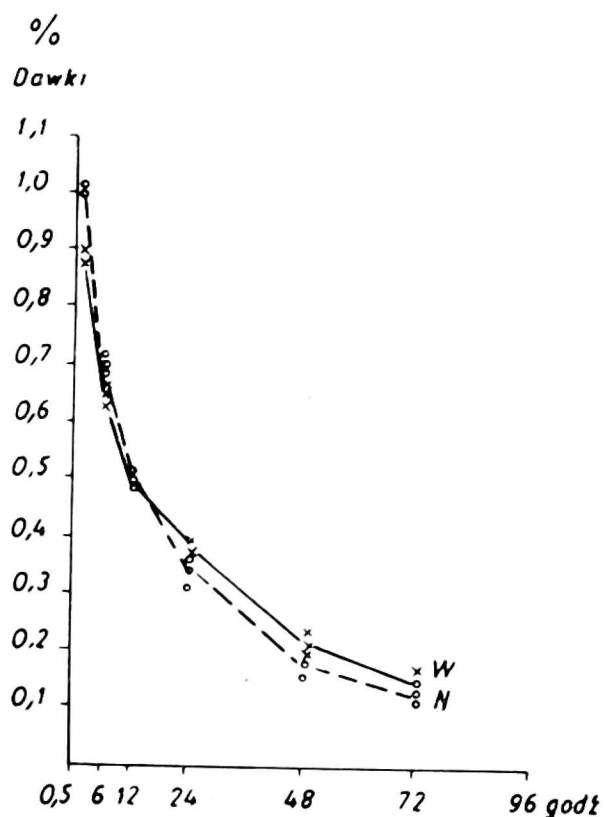
Analizując całe tuszki szczurów na zawartość fosforu i azotu ogólnego nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupami „N” i „W”. Istotnym wskaźnikiem są tu również przyrosty wagowe zwierząt. W czasie trwania omawianego doświadczenia, zwierzęta otrzymując dietę z większą zawartością fosforu (grupa W) przyrosły średnio o 8%, natomiast szczury żywione dietą z niską zawartością fosforu (grupa N) zwiększyły swoją żywą wagę o 18%. Przyrost wagi u szczurów z grupy „W” nie był jednak statystycznie istotny ($P = 0,11$) w przeciwieństwie do przyrostu żywej wagi szczurów żywionych dietą z niską zawartością fosforu, u których stwierdzono istotność tej różnicy ($P = 0,002$). Znaczącym jednak pozostaje fakt, że pod wpływem zwiększenia ilości



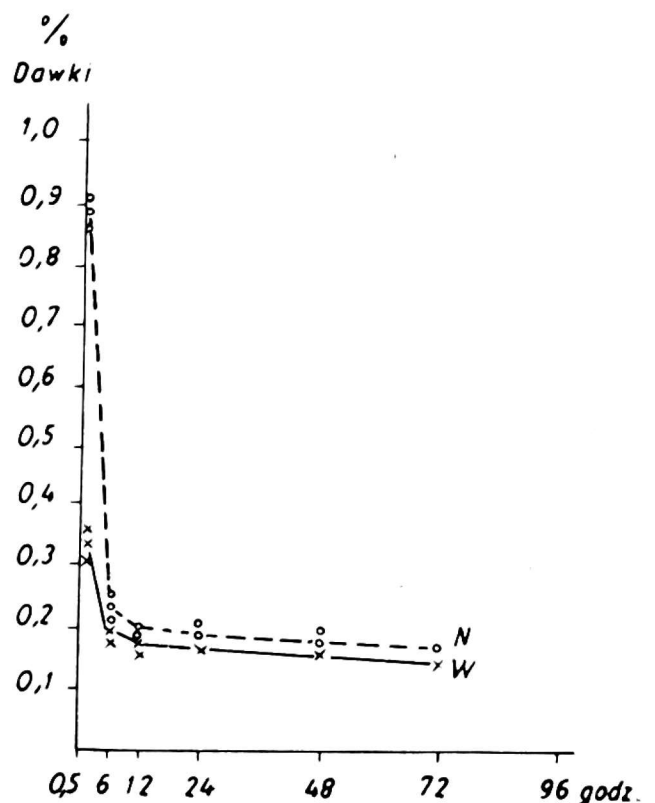
Rys. 1a. Aktywność właściwa fosforu ogólnego wątroby szczurów żywionych dietą z niską (N) i wysoką (W) zawartością fosforu (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ fosforu ogólnego)



Rys. 2a. Aktywność właściwa fosforu nieorganicznego wątroby szczurów żywionych dietą z niską (N) i wysoką zawartością fosforu (W) (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ fosforu nieorganicznego)



Rys. 3a. Aktywność właściwa kwasów rybonukleinowych wątroby szczurów żywionych dietą z niską (N) i wysoką (W) zawartością fosforu (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ kwasów rybonukleinowych)



Rys. 4a. Aktywność właściwa nukleoproteidów wątroby szczurów żywionych dietą z niską (N) i wysoką (W) zawartością fosforu (w procentach dawki $^{32}\text{P}/1000 \mu\text{g}$ nukleoproteidów)

białka w pożywieniu udało się zapobiec tak znacznemu spadkowi ciężaru ciała, jaki miał miejsce u szczurów z grupy „W” w doświadczeniu poprzednim. Również i w tym doświadczeniu wykazano, że nasilenie przemiany fosforu w wątrobie u badanych szczurów zależało od zawartości tego składnika w diecie. Bogatsza w białko dieta, którą zastosowano do żywienia szczurów w tym doświadczeniu przypuszczalnie pokrywała zapotrzebowanie szczurów z obydwóch grup na ten składnik i zwierzęta nie musiały w takim stopniu zużywać białek swego organizmu do zabezpieczenia procesów przemiany materii. Skutkiem tego nie udało się wykazać istotnych różnic w nasileniu przemiany fosforu w kwasach rybonukleinowych i nukleoproteidach w wątrobie badanych szczurów.

W n i o s k i

1. Nasilenie przemiany fosforu w organizmie zwierzęcym zależy od jego zawartości w pożywieniu.

2. W zależności od zawartości fosforu w diecie nasila się przemiana tych związków biologicznych organizmu, które zawierają w swoim składzie ten pierwiastek.

3. Tempo przemiany materii w organizmie zwierzęcym może być narzucone nadmiarem fosforu w stosunku do innych składników odżywczych zawartych w pożywieniu.

4. Zawartość fosforu w dawkach pokarmowych dla zwierząt winna być dopasowana do ilości białka. Nadmiar fosforu w stosunku do białka, szczególnie w tych wypadkach, gdy dieta jest uboga w azot białkowy, może się okazać dla zwierząt szkodliwy.

PIŚMIENNICTWO

1. Allport Noel L.: Analiza kolorymetryczna, PZWL, Warszawa, 1956.
2. John W., Cramer, Elba Iris Porrata-Doria and Harry Steenbock: Arch. Biochem. Biophys., **60**, 58 (1956).
3. Henry K. M., Kon S. K.: Biochem. J., **41**, 169 (1957).
4. Henry K. M., Kon S. K.: Brit. J. Nutr., **7**, 147 (1953).
5. Henry K. M., Kon S. K., Todd P. E., Toothill J. and Tomlin D. A.: Acta Biochem. Pol., **2—3**, 167 (1960).
6. Hoppe Seyler Tierfelder: Handbuch der Physiologisch und Pathologisch Chemischen Analyse, Berlin, 1955, III/I.
7. Malm O. J.: Calcium Requirement and Adaptation in Man, Oslo, Oslo University Press, 1958.
8. Schmidt G., Thannhauser S.: J. Biol. Chem., **161**, 83 (1945).
9. Schneider W. C.: J. Biol. Chem., **164**, 747 (1946).
10. Svensson S. A.: Nature, **179**, 972 (1957).
11. Wecker E., Schäfer W.: Z. Naturforsch., **12b**, 415 (1957).