

GOSPODARKA ŻELAZEM U PROSIĄT SSĄCYCH

MARIA KOTARBIŃSKA

Katedra Żywienia Zwierząt SGGW
Kierownik: prof. dr Fr. Abgarowicz

Składniki mineralne są niezbędne dla prawidłowego przebiegu wszystkich procesów życiowych. I tak np. badane przez nas żelazo, wchodząc w skład hemoglobiny, mioglobiny i enzymów oddechowych warunkuje ich czynności związane z transportem, magazynowaniem i wymianą tlenu.

Metabolizm żelaza w organizmie różni się od metabolizmu innych elementów mineralnych zarówno w zakresie resorbcji i zużycia jak i wydalania (43, 57). Na podstawie wyników prac Mc. Canca i Widdowsona (54), Granicka (26, 27), Hahna i wsp. (32, 33, 35) Laurella (52), Cartwrighta i wsp. (13, 14) i wielu innych, gospodarkę żelazem w organizmie zwierzęcym można ogólnie scharakteryzować jako wyjątkowo oszczędną.

Tak więc i rola żelaza koncentrująca się wokół podstawowej dla życia przemiany gazowej pomiędzy organizmem, a środowiskiem zewnętrznym jak i specyfika jego metabolizmu wskazują na to, że wszelkie trudności w gospodarce tym składnikiem mogą prowadzić do poważnych zaburzeń w przemianie materii (19).

Jako przykład posłużyć może „niedokrwistość prosięcia” opisana po raz pierwszy w 1925 r. przez Govana i Crichtona (16).

Według Domańskiego niedokrwistość u prosiąt zaliczana jest obecnie do najliczniej reprezentowanych zaburzeń przemiany materii u prosiąt ssących (19). Rezultatem zaś tych zaburzeń, jak to podają Anderssen (3), Balbierz (4), Gdovin (23), Chorst cyt. (23) i inni są masowe upadki prosiąt lub obniżenie ich produktywności.

Według danych z literatury niedokrwistość u prosiąt powstaje często na tle niedoborów żelaza.

Świadczą o tym wyniki licznych prac, wskazujące na bardzo rzadkie przypadki niedokrwistości u prosiąt korzystających z dostępu do ziemi, czerwonej gliny lub pastwiska np.: Gass i Lubnikowa (22),

Kraczkowski i Zalewski (49), Redkin (59), Żebrowski i Kossakowski (73).

Potwierdza to również mała zawartość żelaza w mleku loch, na co jeden z pierwszych zwrócił uwagę Bung cyt. (15), a potem wykazali Braude (11), Habersang (31), Davidson (17) i inni.

Istotnych dowodów dostarczył Radeff (58), stwierdzając, że zarówno ciężarne maciory, jak i same prosięta w czasie życia płodowego posiadają ograniczone możliwości gromadzenia żelaza w wątrobie. Według Radeffa prosięta rodzą się z bardzo małymi zasobami tego składnika w organizmie.

Ciekawy eksperyment przeprowadził Chichtan (16), który już w 1924 r. wykazał, że żywiąc prosięta samym mlekiem, można u nich wywołać niedokrwistość i skutecznie ją zlikwidować dodatkiem żelaza.

Eksperyment Chichtana został następnie potwierdzony wynikami szeregu prac, w których autorzy podając prosiętom żelazo, uzyskiwali na ogół korzystne kształtowanie się poziomu hemoglobiny w krwi np. Anderssen (3), Balbierz (4, 5), Behrens (7), Bieguszewski z Chudym (9), Domański i Jaśkowski (18), Gdovin (23), Grim (28), Hart i wsp. (36), Pleva (56), Radeff (58), Sidor (65) i inni.

Mimo to zagadnienie niedoborów żelaza u prosiąt ssących nadal pozostawia wiele niejasności. Z innych prac bowiem wynika, że zapotrzebowanie i wykorzystanie Fe do syntezy hemoglobiny u prosiąt uzależnione jest również od licznych ubocznych czynników, których wpływ na proces syntezy Hb, w pewnych granicach, jest niezależny od zasobów Fe w organizmie.

I tak np. Satiago Löque (62) stwierdził u prosiąt przypadki niskiego poziomu hemoglobiny i małej ilości Fe ogólnego w krwi, obok dużej ilości Fe w surowicy i narządach wewnętrznych, deponujących ten składnik. Chorst cyt. (23) oraz Domański i Jaśkowski (18) zwrócili uwagę na współzależność pomiędzy poziomem żywienia macior i prosiąt, a ilością hemoglobiny w krwi prosiąt. Supniewski (68) wskazuje na rolę białka i witamin w procesie syntezy Hb. Bush i wsp. (10) wywołali sztucznie niedokrwistość u rosnących świń przy pomocy różnych niedoborów pokarmowych. Autorzy ci stosując Fe^{59} wykazali jednocześnie, w jaki sposób poszczególne z tych niedoborów burzyły ustalony porządek krążenia żelaza w organizmie. Czajkowski z Balbierzem (15) obserwowali różny wpływ mieszanki mineralnej, zawierającej Fe na ilość Hb w krwi w zależności od mniej lub bardziej korzystnych warunków klimatycznych pomieszczenia, w których przebywały prosięta.

Inni autorzy np. Bordoge, Hamilton i wsp. cyt. (15), Redkin (59) wykazali związek pomiędzy ilością Hb w krwi prosiąt a porą roku,

nasłonecznieniem, przebiegiem pogody itp. Podobnie Alexandrowicz i wsp. (2) uzyskali wzrost zawartości hemoglobiny w krwi prosiąt bez podawania im Fe, a jedynie zwiększając prosiętom przy pomocy balkonów przestrzeń środowiskową.

W świetle tych danych, nasunęło się pytanie, czy zagadnienie niedoborów Fe u prosiąt ssących, wyjaśniane często w oparciu o hemoglobinę nie jest zbyt upraszczane?

Dlatego też podjęto doświadczenia, których głównym celem było równoległe prześledzenie kształtowania się poziomów żelaza w krwi, w wątrobie i śledzionie w czasie wzrostu prosiąt. Doświadczenia przeprowadzono przy tym w warunkach żywienia i pielęgnacji prosiąt, zapewniających w miarę naszych wiadomości i możliwości prawidłowe krążenie żelaza w organizmie. Takie ujęcie badań pozwoliło na przestudiowanie zarysu gospodarki żelazem u prosiąt ssących.

W referacie uwzględnione zostaną wyniki następujących doświadczeń:

Z prac własnych:

1. Porównanie gospodarki żelazem u prosiąt ssących dokarmianych żelazem i pozostających bez dodatku tego składnika (45).

2. Porównanie gospodarki żelazem u prosiąt ssących dokarmianych FeCl_2 , FeSO_4 i ich kombinacją z wit. C (45) (oba tematy wykonane zostały w ramach pracy doktorskiej) ponadto:

3. Badania nad żelazem u prosiąt korzystających z zielonego okólnika (46), oraz

4. Zmienność białek surowicy krwi w zależności od tempa wzrostu prosiąt i poziomu hemoglobiny w ich krwi (47).

Wykorzystane zostaną również wyniki z pracy magisterskiej inż. R. Rytelewskiego pt. „Wpływ FeCl_2 , FeSO_4 i ich kombinacji z wit. C na zawartość hemoglobiny, czerwonych ciałek i indeksu barwnego w krwi prosiąt ssących” (61).

Doświadczenia wykonano w R. Z. D. Kociszew pow. Grójec. Obserwację przeprowadzono łącznie na 112 prosiętach w wieku 3—49 dni, pochodzących z 4 miotów jesiennych i 6 miotów wiosennych, od 6 macior siostr rasy w. b. Doświadczenia zostały wykonane w warunkach racjonalnego żywienia macior i jednakowego dokarmiania wszystkich prosiąt od 3 tygodnia ich życia, odpowiednimi paszami naturalnymi — stosując przy tym zasadę żywienia dowoli.

Zwierzęta doświadczalne utrzymywane były w zagrodach szalaszowych wyposażonych w 1 okólnik z betonową nawierzchnią i 2 okólniki przemienne porośnięte lucerną z trawami, z których korzystały maciory i 28 sztuk prosiąt. Pozostałe prosięta przebywały wyłącznie na okólnikach z betonową nawierzchnią. Wśród nich 28 sztuk do 3 tygodnia życia pozostawiono wyłącznie na mleku matki, 28 sztuk do 4 tygodnia życia

dokarmiano żelazem, a następnie 28 sztuk dokarmiano w tym samym czasie żelazem i witaminą C.

Podział prosiąt na grupy ilustruje tabela 1.

Tabela 1

Grupy doświadczalne

Grupy doświadczalne		Li- czeb. szt.	Układ płci ♀/♂	Rodzaj dokarmiania	Dawka dzienna szt.	
Nr	Nazwa				Fe	C
		mg				
0	Kontrolna	28	14/14	—	—	—
I	Żelazowa	14	7/7	FeCl ₂	12	—
II		14	7/7	FeSO ₄	12	—
III		14	6/8	FeCl ₂ + wit. C	12	60
IV		14	7/7	FeSO ₄ + wit. C	12	60
V	Okólnikowa	28	16/12	Ziemia	—	—

Podział prosiąt na grupy 0, I, II, III i IV został dokonany drogą losowania w ramach każdego miotu, a jedynie grupa V stanowiła 3 pełne samodzielne mioty.

Krew do oznaczeń zawartości żelaza i suchej masy w krwi oraz ilości żelaza i białek w surowicy krwi pobierano z *vena cava cranialis* 5-krotnie od każdego prosięcia (48, 40). Krew w małych ilościach do oznaczeń ilości Hb i Ec uzyskiwano z ucha 7-krotnie od każdego prosięcia (50).

Ubój prosiąt w celu wypreparowania wątrób i śledzion przeprowadzono z wykrwawieniem na 1/2 ilości prosiąt w 28 dniu ich życia, a na pozostałych prosiętach w 49 dniu ich życia. Wątroby, przed wypreparowaniem przepłukiwano roztworem fizjologicznym przez *vena portae*.

Żelazo ogólne w krwi, Fe w surowicy, wątrobie i śledzionie, Fe w mleku loch i paszach oraz w roztworach wodnych FeCl₂ i FeSO₄ oznaczano ilościowo fotokolorymetrycznie, stosując mineralizację próbek na sucho, ekstrakcję kwasem solnym i barwienie α -bipirydyną wg metody barwienia podanej przez Kitzesa i wsp. (44).

Żelazo hemoglobinowe — obliczano z ilości hemoglobiny oznaczanej fotokolorymetrycznie wg met. Huga i wsp. (39).

Żelazo nie-hemoglobinowe w krwi wyliczano sposobem zastosowanym również przez Huga i wsp., a mianowicie ze stosunku przyrostu Fe ogólnego do przyrostu Fe hemoglobinowego w krwi.

Białko w surowicy krwi oznaczano refraktometrycznie, a procentowy układ frakcji białkowych, przy pomocy elektroforezy bibułowej wg metody podanej przez Jencks'a i wsp. (41).

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie, przy zastosowaniu

w większości wypadków trójkierunkowej analizy zmienności obejmującej zmienność grupową, zmienność wieku, oraz zmienność miotów. Zmienność miotów, dotycząca ewentualnych różnic spowodowanych indywidualnym wpływem matek i różnymi terminami oproszeń, przy zastosowanym podziale prosiąt na grupy w ramach każdego miotu — okazała się jednak statystycznie nieistotną.

* *
* *

Na podstawie otrzymanych przez nas wyników omówione zostaną następujące zagadnienia:

I. Charakterystyka gospodarki żelazem u prosiąt ssących.

II. Porównanie u prosiąt ssących resorpcji i wykorzystania do syntezy Hb, żelaza z różnych źródeł, oraz wpływ wit. C na resorpcję i wykorzystanie do Hb, żelaza z FeCl_2 i FeSO_4 .

III. Związek pomiędzy gospodarką żelazem a wzrostem prosiąt oraz niektórymi wskaźnikami ich interieru.

I. CHARAKTERYSTYKA GOSPODARKI ŻELAZEM U PROSIĄT SSĄCYCH

W literaturze niewiele jest danych, dotyczących dokładnej ilościowej lokalizacji Fe w organizmie zwierzęcym. Orientacyjnie przyjmuje się zazwyczaj podział podany przez Granicka (27), wg którego 60—70% żelaza stanowi Fe hemoglobinowe, 3—5% Fe — to Fe mioglobiny, mniej niż 1% żelaza znajduje się w enzymach oddechowych, około 15% Fe magazynują narządy wewnętrzne (głównie wątroba, śledziona i szpik kostny), a około 0,1% Fe krąży jako Fe transportowe w surowicy krwi.

Według danych z literatury pierwszeństwo w pokryciu zapotrzebowania na Fe, posiadają komórki i tkanki, a dopiero reszta żelaza w organizmie wykorzystywana jest do syntezy i utrzymania stałego krążenia hemoglobiny w krwi (43).

Normalnie pomiędzy ilością żelaza krążącego w surowicy krwi, a ilością żelaza zdeponowanego w narządach wewnętrznych zachowuje się równowaga (6, 26, 69). Są też prace, których wyniki sugerują dodatnią korelację pomiędzy ilością żelaza w surowicy krwi, a ilością żelaza hemoglobinowego w krwi. Zgodnie bowiem z obowiązującą ostatnio teorią regulacji resorpcji Fe wg Granicka (24) niski poziom Fe w surowicy, powinien występować równolegle do małej ilości hemoglobiny w krwi. Wskazują na to wyniki Schade'go o wsp. (64), którzy udowodnili, że

uwalnianie Fe z kompleksów białkowych transportujących Fe w surowicy — może zachodzić jedynie w warunkach sprzyjających redukcji. Z poglądem tym nie zgadza się jednak J. Aleksandrowicz, który w „Hematologii Klinicznej” (1) podaje, że Fe w surowicy krwi nie stoi w żadnym związku z ilością hemoglobiny w krwi, na co wskazują z kolei wyniki prac Dubacha i wsp. (20), Cartwrighta i wsp. (12) oraz Gublera i wsp. (29).

Pierwotnie sądzono, że w krwi znajduje się jedynie Fe hemoglobinowe i Fe transportowe w surowicy (69). Hugh i wsp. (39) wykazali jednak, że przy doustnym podawaniu Fe, wzrost Fe ogólnego często przewyższał wzrost Fe hemoglobinowego w krwi. Ponieważ różnica ta przekraczała możliwości wiązania Fe przez surowicę, autorzy wyciągnęli wniosek, że w krwi znajdują się również Fe nie-Hb w ilości około 3—17% Fe Hb. Przypuszczenie Huga i wsp. zostało potwierdzone na rosnących świniach przez Jensena i wsp. (42). Autorzy ci przy pomocy Fe⁵⁹ stwierdzili mianowicie, że w pierwszym dniu przechodzenia Fe⁵⁹ do czerwonych ciałek krwi tylko 20% Fe zostało włączone do Hb, 80% zaś występowało jako Fe nie-Hb. Stosunek ten ulegał zmianie w miarę dojrzewania erytrocytów, ustalając się po 4 dniach w proporcjach 90% Fe Hb do 10% Fe nie-Hb. Jensen i wsp. (42) prześledzili ponadto czas krążenia żelaza u rosnących świń. Według ich obserwacji Fe⁵⁹ wprowadzone do surowicy zniknęło z niej po 6 godzinach, przechodząc głównie do wątroby i szpiku kostnego. Po 4 dniach 92% Fe⁵⁹ przeszło do erytrocytów z którymi krążyło w krwi przez 62 dni co pokrywa się z wynikami Busha i wsp. (10) uzyskanymi przy pomocy znakowanej glicyny.

Pozostaje jeszcze pytanie jakimi ilościami żelaza dysponują prosięta? Z wyników uzyskanych przez Radeffa (58) wiadomo, że prosięta w dniu urodzenia zawierają żelaza mało, ogółem około 25 mg (w tym 13 mg Fe Hb, 6,4 mg w wątrobie i 0,08 mg w śledzionie). U prosiąt zaś w wieku 1—56 dni procentowa zawartość Fe w krwi waha się w szerokich granicach, co ilustruje tab. 2.

Wykazana w tabeli 2 duża rozpiętość wyników, dotyczących zawartości Fe hemoglobinowego i ogólnego w krwi prosiąt ssących tłumaczona jest powszechnie tzw. zmiennością wieku, oraz wpływem różnych czynników środowiska, wśród których wzięliśmy pod uwagę możliwości dodatkowego pobierania żelaza. W naszych doświadczeniach bowiem gospodarce żelazem badano u prosiąt, z których: prosięta grupy kontrolnej w ciągu 49 dni życia pobrały (łącznie z mleka matki i pasz) około 390 mg Fe, prosięta z grupy żelazowej pobrały w tym czasie około 691 mg Fe, a prosięta okólnikowe pobrały (z mleka matki i pasz) około 387 mg Fe, ponadto dowolnie ryły w ziemi na okólniku.

Tabela 2

Zawartość Fe w krwi u prosiąt

Rodzaj żelaza	Jednostki miary	Zawartość		wg Autora
		od	do	
Żelazo ogólne	mg%	25,2	36,9	Koch (65)
Żelazo hemoglobinowe	mg%	8,5	56,1	Z przeliczeń ilości Hb 1g Hb = 3,4 mg Fe Andersen (3) i Balbierz (15)
Żelazo w surowicy	γ%	95	295	Jensen i wsp. (42)
		137	277	Todenhofer (69)
		66	780	Riqqert (60)

Studia nad gospodarką żelazem u wyżej wymienionych prosiąt oparto o procentową zawartość żelaza w surowicy krwi Fe ogólnego, hemoglobinowego i nie-hemoglobinowego w krwi, oraz Fe w wątrobie i śledzionie, śledząc ich zmiany w czasie wzrostu prosiąt.

Wyniki doświadczenia zestawiono w tabeli 3 i zilustrowano na wykresach 1, 2, 3.

Tabela 3

Ilość Fe w krwi, w wątrobie i śledzionie

Grupa	Rodzaj żelaza	Jednost. miary	Wiek prosiąt w dniach						
			3	10	21	28	35	49	φ
Kontrolna	Fe w surowicy	γ%	—	119	88	133	150	150	128
	Fe ogólne w krwi	mg%	—	18,8	24,6	25,7	26,6	29,6	25,0
	Fe Hemoglob.	mg%	30,2	24,7	27,9	30,7	31,3	34,1	30,1
	Fe w wątrobie	mg%	—	—	—	5,1	—	6,4	5,7
	Fe w śledzion.	mg%	—	—	—	10,3	—	—	10,3
Żelazowa	Fe w surowicy	γ%	—	327	374	243	109	211	262
	Fe ogólne w krwi	mg%	—	26,0	32,1	34,9	31,8	35,3	32,0
	Fe Hemoglob.	mg%	29,8	28,3	35,1	36,8	36,4	36,6	34,2
	Fe w wątrobie	mg%	—	—	—	9,1	—	6,6	7,9
	Fe w śledzion.	mg%	—	—	—	14,1	—	—	14,1
Okólnikowa	Fe w surowicy	γ%	—	220	250	243	270	1,74	232
	Fe ogólne w krwi	mg%	—	24,2	30,1	32,3	34,1	35,7	31,3
	Fe Hemoglob.	mg%	26,7	22,8	31,3	36,0	37,8	37,8	32,8
	Fe w wątrobie	mg%	—	—	—	7,9	—	6,6	7,2
	Fe w śledzion.	mg%	—	—	—	13,1	—	—	13,1

Z tabeli 3 widać, że:

1. U prosiąt kontrolnych przeciętne poziomy Fe w krwi i narządach wewnętrznych były niskie. U prosiąt pozostałych obu grup (żelazowej

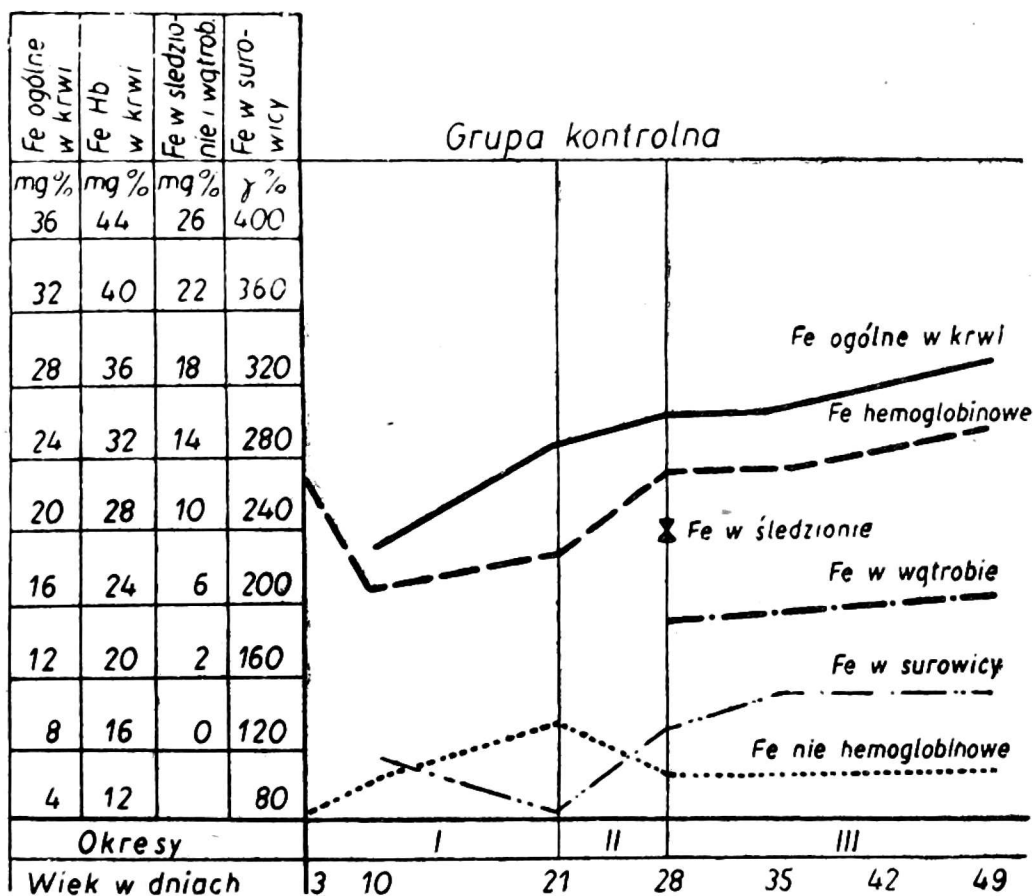
Tabela 4

Różnice międzygrupowe w ilości Fe w porównaniu do prosiąt kontrolnych

Rodzaj żelaza	Grupa Żelazowa			Grupa Okólnikowa		
	Poziom			Poziom		
	∅	Krytyczny	Maksymalny	∅	Krytyczny	Maksymalny
Fe w surowicy	+100%	+24%	+149%	+82%	+98%	+80%
Fe ogólne w krwi	+28%	+38%	+20%	+25%	+30%	+21%
Fe hemoglobin.	+17%	+14%	+8%	+9%	-8%	+11%
Fe nie-hemoglob.	+11%	—	+24%	+14%	+6,5%	+34%
Fe w wątrobie	+35%	—	+77%	+25%	—	+52%
Fe w śledzionie	—	—	+38%	—	—	+17%

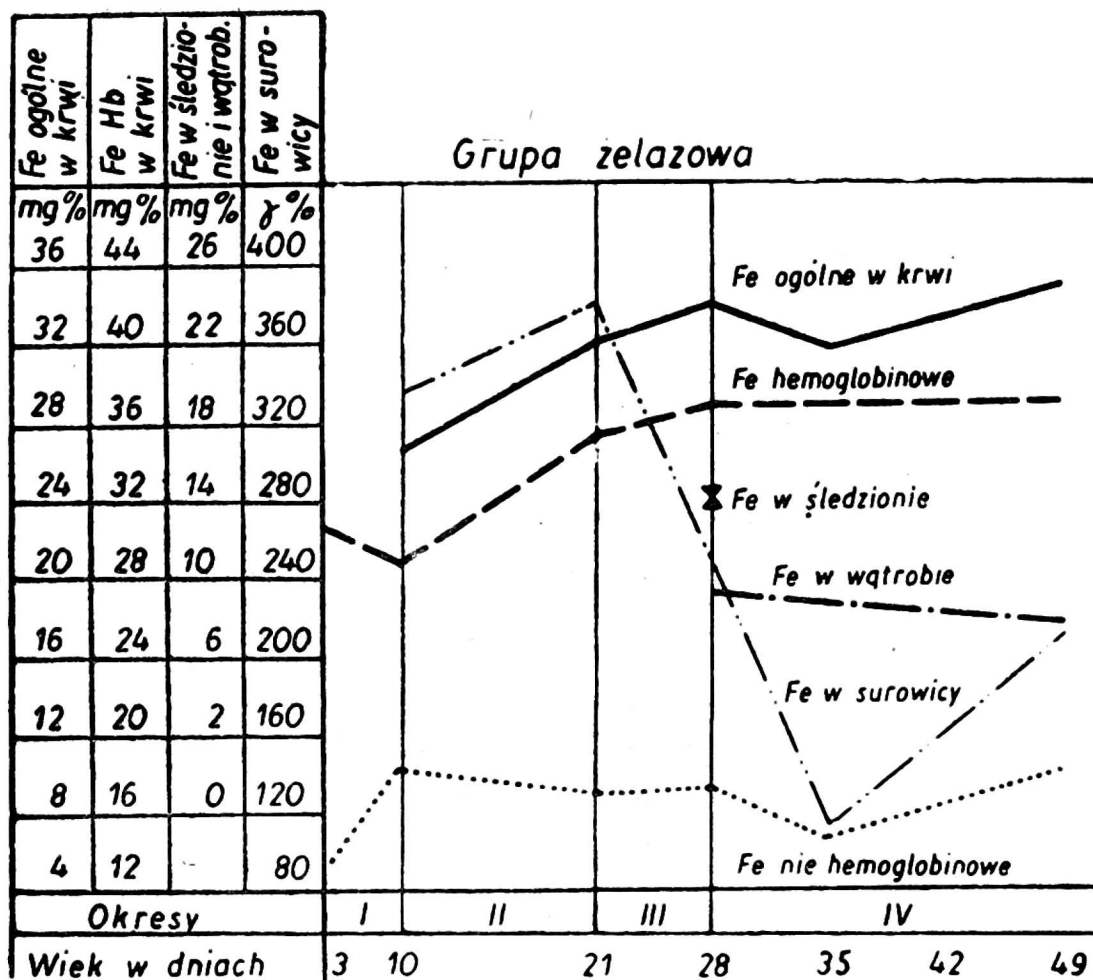
i okólnikowej) stwierdzono i statystycznie potwierdzono wyższą zawartość Fe w krwi, wątrobie i śledzionie, co ilustruje tabela 4.

2. Prosięta dokarmiane żelazem, w porównaniu do prosiąt „okólnikowych” zawierały nieco więcej Fe w surowicy i w narządach wewnętrznych, a tyle samo Fe ogólnego w krwi. U prosiąt tych ponadto zaznaczył

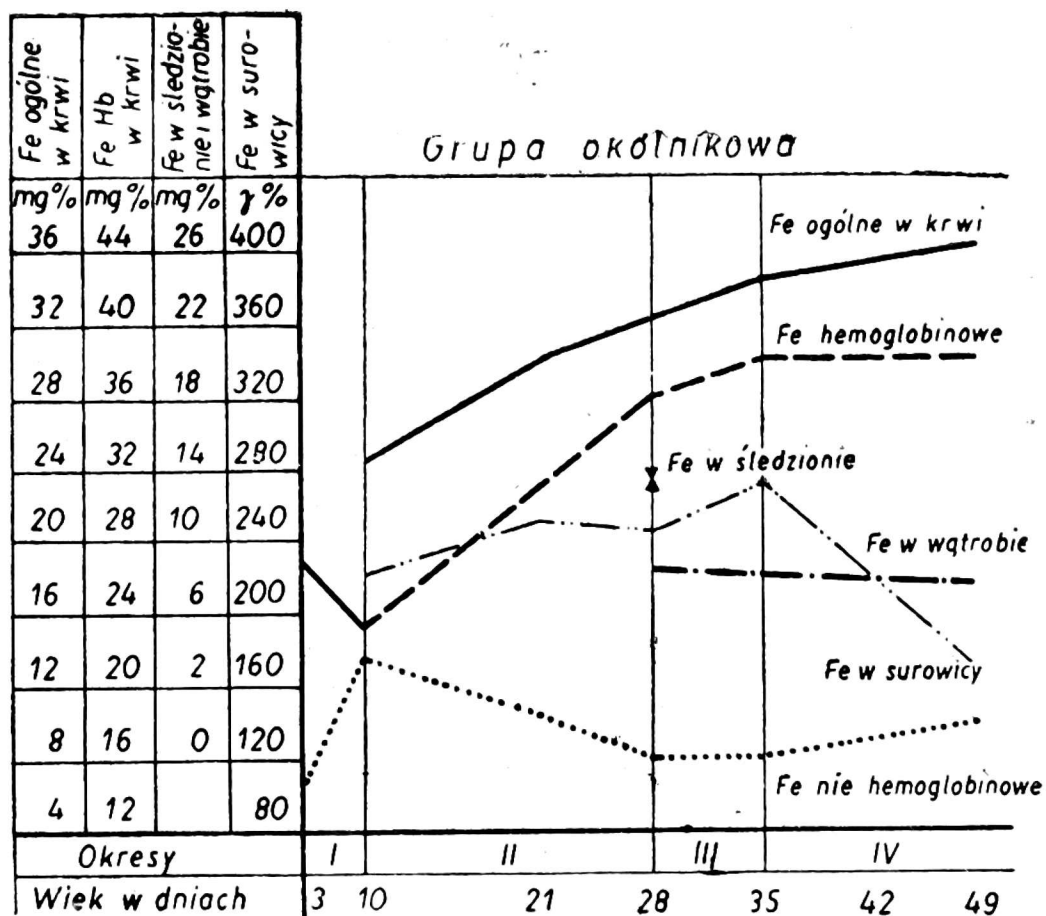


Wykres 1. Zmiany poziomów żelaza w czasie wzrostu prosiąt

się początkowo silniejszy wzrost ilości Fe Hb, a mniejszy Fe nie-Hb w krwi — niż w krwi u prosiąt okólnikowych. Różnica ta jednak zatarła się pomiędzy obu grupami w miarę upływu czasu.



Wykres 2. Zmiany poziomów żelaza w czasie wzrostu prosiąt



Wykres 3. Zmiany poziomów żelaza w czasie wzrostu prosiąt

3. Badane przez nas poziomy Fe w krwi i narządach wewnętrznych zmieniały się w miarę wzrostu i rozwoju prosiąt wszystkich grup.

Jeżeli porównać między sobą wykresy 1, 2, 3 — to można zauważyć na nich, że zmianom poziomu Fe Hb towarzyszą wszędzie podobne zmiany poziomów Fe ogólnego i nie-Hb w krwi.

Zmiany te u prosiąt wszystkich grup zachowały tę samą kolejność następowania po sobie, sugerując tym samym możliwość wyróżnienia pewnych charakterystycznych okresów, a mianowicie:

Okresu I, w którym zawartość: Fe Hb obniża się lub utrzymuje się na niskim poziomie, Fe nie-Hb wzrasta, a Fe w surowicy obniża się, ale reakcja surowicy* na podawane doustnie Fe- jest silna.

Okresu II, w którym zawartość: Fe Hb silnie wzrasta, Fe ogólnego w krwi wzrasta wolniej aniżeli zawartość Fe Hb, Fe nie-Hb obniża się, a Fe w surowicy podnosi się, przy czym reakcja surowicy na podawane doustnie Fe- nadal jest silna.

Okresu III, w którym zawartość: Fe Hb dalej wzrasta, ale już znacznie wolniej, Fe ogólnego w krwi wzrasta w tym samym tempie co zawartość Fe Hb, Fe nie-Hb utrzymuje się na tym samym poziomie, zaś Fe w surowicy podnosi się dalej, ale reakcja surowicy na podawanie doustnie Fe- jest już słabsza.

Okresu IV, w którym zawartość: Fe Hb stabilizuje się na względnie stałym poziomie, Fe ogólnego w krwi dalej wzrasta, Fe nie-Hb wzrasta ponownie, a zawartość Fe w surowicy wykazuje tendencję wyrównawczą u prosiąt wszystkich grup.

Tabela 5

Czas trwania poszczególnych okresów gospodarki Fe u prosiąt z poszczególnych grup

Prosięta z grupy	Okresy w gospodarce żelazem			
	I	II	III	IV
	Wiek prosiąt w dniach			
Kontrolnej	3—21 (21) Dni	21—28 (7) Dni	28—49 (21) Dni	—
Żelazowej	3—10 (10) Dni	10—21 (11) Dni	21—28 (7) Dni	28—49 (21) Dni
Okólnikowej	3—10 (10) Dni	10—28 (18) Dni	28—35 (7) Dni	35—49 (14) Dni

* Wzrost poziomu Fe w surowicy w 6—8 godzin po doustnym podaniu Fe (1).

Jak już wspomniano, wymienione wyżej okresy następowały po sobie kolejno u prosiąt wszystkich grup, ale długość trwania poszczególnych okresów podlegała silnej i potwierdzonej statystycznie zmienności grupowej, co ilustruje tabela 5.

Z wykresów 1, 2 i 3 widać ponadto, że:

a) prosięta wszystkich grup, na przełomie okresu I i II zawierały w krwi stosunkowo dużo Fe nie-Hb. Dlatego też można, jak się wydaje, sądzić, że przejście z okresu I do okresu II warunkowane jest koniecznością nagromadzenia w krwi prosiąt pewnej ilości Fe nie-Hb,

b) u prosiąt, które na przełomie okresu I i II zawierały w krwi najwięcej żelaza nie-Hb (grupa okólnikowa) — najdłużej też trwał okres II i odwrotnie u prosiąt, które w tym czasie zawierały najmniej Fe nie-Hb — (grupa kontrolna) okres II był najkrótszy, sugerując, że wzrost ilości Fe Hb w krwi prosiąt zależy bezpośrednio od ilości Fe nie-Hb nagromadzonego w krwi w poprzednim okresie,

c) prosięta wszystkich grup na przełomie okresu II i III zawierały w krwi mało Fe nie-Hb — stąd można przypuszczać, że obniżenie ilości Fe nie-Hb w krwi prosiąt powoduje zwolnienie wzrostu zawartości Fe Hb w krwi aż do wystąpienia jej stabilizacji,

d) u prosiąt (z obu grup z żelazem) w okresie IV zaznaczyła się ponowna tendencja do gromadzenia Fe nie-Hb w krwi, przy czym żelazo to stanowiło w tym okresie rezerwę konieczną do utrzymania stałego poziomu Fe Hb w krwi. Przemawiają za tym wyniki uzyskane od prosiąt grupy żelazowej. Prosięta te bowiem, po zakończeniu dokarmiania ich łatwoprzyswajalnym Fe w 28 dniu, utrzymały dalej stały poziom Fe Hb, kosztem przejściowego obniżenia ilości Fe nie-Hb w krwi.

Podsumowując omówione wyżej wyniki, dotyczące charakterystyki gospodarki żelazem u prosiąt ssących, można stwierdzić, co następuje:

1. W badanej przez nas gospodarce żelazem u prosiąt ssących zarysowały się charakterystyczne okresy następujące po sobie kolejno w miarę wzrostu i rozwoju prosiąt.

2. W pierwszym okresie gospodarki żelazem dominował proces gromadzenia Fe nie-Hb w krwi, w drugim okresie przeważał proces wzrostu ilości Fe Hb, w trzecim okresie wystąpiła równowaga pomiędzy wzrostem zawartości Fe ogólnego i Fe hemoglobinowego, a w czwartym okresie nastąpiła stabilizacja poziomu Fe Hb obok równoczesnej tendencji do ponownego gromadzenia Fe nie-Hb w krwi.

3. Natężenie zmian zachodzących w poszczególnych okresach oraz czas trwania tych okresów zależne były od zasobów żelaza jakimi dysponowały prosięta.

4. Istnieje ponadto możliwość, że w gospodarce żelazem u prosiąt ssących specyficzną rolę odgrywa Fe nie-Hb w krwi, stanowiące począt-

kowo czynnik konieczny do wzrostu ilości Fe Hb, a następnie rezerwę Fe niezbędną do utrzymania stałego poziomu Fe Hb w krwi.

(Wniosek ten jednak, wobec braku bezpośredniej metody oznaczania Fe nie-Hb w krwi, wymaga jeszcze dodatkowych badań).

* * *

II. PORÓWNANIE U PROSIĄT SSĄCYCH RESORBCJI I WYKORZYSTANIA DO SYNTEZY Hb ŻELAZA Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ, ORAZ WPŁYW WITAMINY C NA RESORBCJĘ I WYKORZYSTANIE DO Hb ŻELAZA Z FeCl_2 I Z FeSO_4

Resorbpcji Fe przez organizm zwierzęcy poświęcono stosunkowo dużo badań. Już w r. 1937 M c. C a n c e i W i d o w s o n (54) stwierdzili, że wchłanianie Fe z przewodu pokarmowego regulowane jest odpowiednio do bieżących potrzeb organizmu. Hahn i wsp. (32) oraz Granick (24) wykazali zwiększanie się resorbpcji Fe w miarę wzrostu zapotrzebowania, udowadniając ponadto, że istnieje próg wysycenia komórek błony śluzowej jelit, powyżej którego Fe nie dalej wchłaniane. Jednocześnie G a b r i o i S a l o m o n (21) przy doustnym podawaniu Fe zaobserwowali wzrost ilości ferrytyny w błonie śluzowej jelit.

W oparciu o wyżej wymienione i im podobne prace ustalono, że rolę regulatora wchłaniania Fe spełnia specyficzny kompleks białkowy apoferrytyna — ferrytyna znajdujący się w błonie śluzowej jelit (S t e w a r t 67) głównie zaś w okolicy dwunastnicy (Granick 27). Możliwości wiązania Fe przez apoferrytynę błony śluzowej jelit bezpośrednio zależą od szybkości uwalniania i przechodzenia do krwi żelaza z ferrytyny. Ten zaś z kolei proces regulowany jest wg Granicka (24) przez poziom Fe w surowicy krwi, oraz przez ilość hemoglobiny warunkującej środowisko procesów oksydo-redukcyjnych w krwi.

W tym świetle, resorbpcja Fe z przewodu pokarmowego (jeżeli pominąć stany anormalne) może mieć miejsce zasadniczo tylko przy aktualnym niedoborze Fe w organizmie. W organizmie prosiąt ssących takie warunki istnieją. Deficyt Fe u prosiąt ssących wynosi bowiem wg Domańskiego i Jaśkowskiego około 7,8 mg Fe dziennie/szt. (18). Według naszych wyliczeń, opartych głównie o wyniki doświadczenia, deficyt ten u prosiąt w wieku 10—21 dni wydaje się być jeszcze większy. Tabela 6.

Gdyby zaś przy naszych obliczeniach przyjąć zużycie mleka przez prosięta wg S t a h l a (66), wynoszące 0,737 l dzn/szt., a zawartość Fe w mleku loch wg Braudego (11) tzn. 179‰ Fe — teoretycznie obliczony deficyt Fe u prosiąt ssących wzrósłby jeszcze do około 11 mg Fe dz/szt.

Tabela 6

Deficyt Fe u prosiąt ssących w wieku 10—21 dni

Bilans Fe	Wiek prosiąt	Żywa waga	Ilość krwi*)	Zawartość hemoglobiny w krwi		Ilość żelaza hemoglobinowego
	dni		kg	1 kg ż. w. = = 80 ml krwi	g %	g
Zapotrzebów.	21	5,76	460,8	11,0	50,69	172,35
	10	2,19	175,2	7,5	13,14	44,68
	11	+3,57	+285,6	+3,5	+37,55	+127,67
Pokrycie	Ilość wypitego mleka (21 — W10) × 3 = 10,71 l. Zawartość Fe w mleku — 192 γ %					20,56
Deficyt.	Za okres 11 dni na sztukę Dziennie na prosię					107,17 ±10,0

*) Aleksandrowicz (1)

Jednocześnie, sądząc po wynikach licznych prac, w których poszczególne autorzy stosowali przy dokarmianiu prosiąt różne źródła Fe, począwszy od ziemi i gliny, poprzez chlorki i siarczany żelaza, aż do związków farmakologicznych bogatych w Fe (jak ferronat-C, nikofor, fezofer) — można wnioskować, że prosięta ssące dobrze resorbują i wykorzystują do syntezy Hb podawane im żelazo (4, 5, 7, 9, 15, 16, 18, 22, 28, 31, 49, 56, 58, 59, 65, 73).

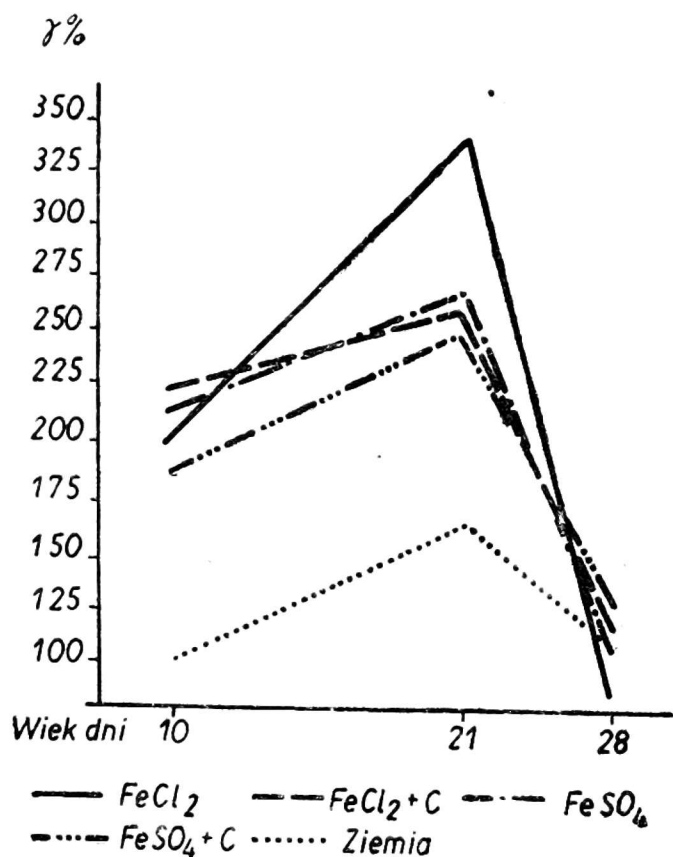
Wniosek taki jednak pozostawia pewne niejasności. Teoretycznie bowiem żelazo wiązane jest przez apoferrytynę błony śluzowej jelit jako $FeCl_2$ (1, 69). Ewentualna redukcja żelaza, jak to wykazali Tompsett (70) (*in vivo*), a Bergeim i wsp. (8) (*in vitro*) oraz przekształcenie żelaza na $FeCl_2$ — przeprowadzane są przy udziale HCl soku żołądkowego. W myśl tej teorii, prosięta ssące, wobec udowodnionych u nich fizjologicznych niedoborów HCl (38, 51) powinny napotykać na trudności przy resorbowaniu żelaza podawanego im w połączeniach wymagających przekształcenia.

Resorbcja żelaza zależy ponadto od szeregu dodatkowych czynników znajdujących się w treści pokarmowej (37, 43, 57). Do czynników stymulujących wchłanianie Fe należą różne związki o właściwościach oksydo-redukcyjnych, jak glutation, cysteina czy kwas askorbinowy (65, 71). Można się było spodziewać, że korzystny wpływ witaminowy C na resorbację Fe w warunkach niedoboru HCl w soku żołądkowym prosiąt ssących powinien być wzmożony.

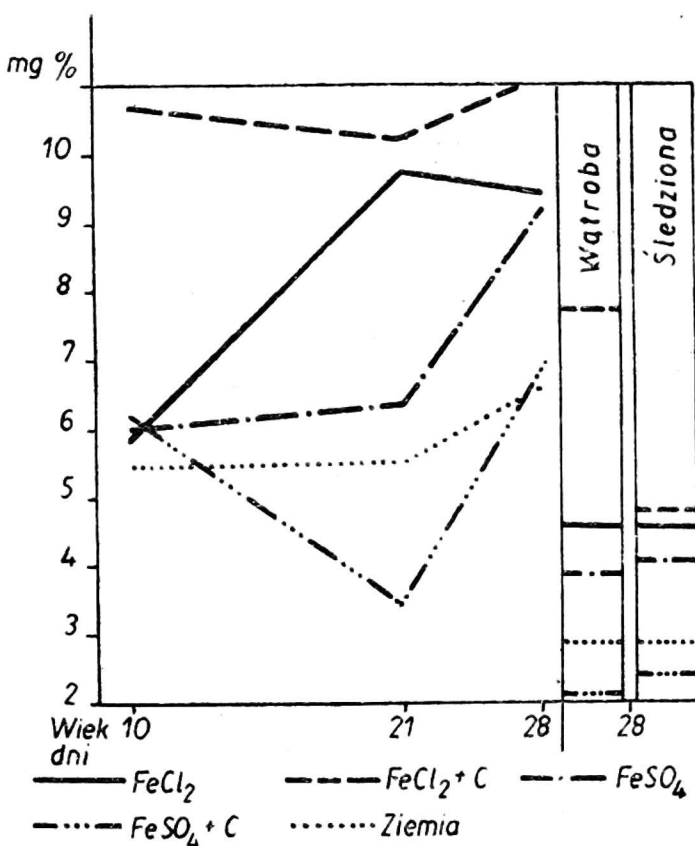
W naszych doświadczeniach porównywaliśmy resorbację i wykorzystanie do syntezy Hb, żelaza podawanego prosiętom jako $FeCl_2$ i $FeSO_4$

z żelazem pobieranym wraz z ziemią. Ponadto porównano resorbcję i wykorzystanie do Hb żelaza z FeCl_2 i FeSO_4 w kombinacji z wit. C.

W celu zbadania resorbcji żelaza przez prosięta jako wskaźniki przyjęto (w porównaniu do prosiąt kontrolnych):



Wykres 4. Wzrost zawartości Fe w surowicy krwi prosiąt dokarmianych Fe, Fe z wit. C i okólnikowych w porównaniu do prosiąt kontrolnych



Wykres 5. Wzrost zawartości Fe ogólnego w krwi prosiąt dokarmianych Fe, Fe z wit. C i okólnikowych w porównaniu do prosiąt kontrolnych

1. Wzrost zawartości Fe w surowicy krwi, tzw. reakcję surowicy krwi, oznaczaną w 6 godzin po doustnym podaniu Fe.

2. Wzrost zawartości Fe ogólnego w krwi.

3. Wzrost zawartości Fe w wątrobie i śledzionie w 28 dniu, to znaczy w dniu zakończenia dokarmiania prosiąt Fe.

Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 7 i zilustrowano na wykresach 4 i 5.

Z tabeli 7 widać, że:

1. Wzrost zawartości żelaza w surowicy krwi wystąpił u prosiąt wszystkich grup, przy czym był on przeciętnie wyższy u prosiąt dokarmianych Fe i Fe z wit. C, a mniejszy u prosiąt „okólnikowych”.

2. W czasie wzrostu prosiąt, zwyżka Fe w surowicy krwi u wszystkich grup była największa 21 dnia, mniejsza 10 dnia, a najmniejsza 28 dnia życia prosiąt.

Tabela 7

Wzrost zawartości żelaza u prosiąt w porównaniu do grupy kontrolnej

Grupa	Rodzaj dodatkowego źródła Fe	Lokalizacja Fe	Wiek prosiąt w dniach				
			10	21	28	∅	
I	FeCl ₂	Surowica γ %	+204	+340	+94	+213	
II	FeSO ₄		+216	+271	+108	+198	
III	FeCl ₂ + wit. C		+223	+267	+116	+202	
IV	FeSO ₄ + wit. C		+188	+265	+124	+192	
V	Ziemia		+101	+162	+110	+124	
I	FeCl ₂	Pełna krew mg %	+5,8	+9,8	+9,4	+8,5	
II	FeSO ₄		+6,0	+6,4	+9,2	+7,2	
III	FeCl ₂ + wit. C		+10,7	+10,3	+11,2	+10,7	
IV	FeSO ₄ + wit. C		+6,2	+3,5	+6,7	+5,5	
V	Ziemia		+5,5	+5,5	+6,6	+5,9	
I	FeCl ₂	Narządy wen. mg %		Wątroba	4,5	4,5	Śledziona
II	FeSO ₄				3,8	4,0	
III	FeCl ₂ + wit. C				7,7	4,7	
IV	FeSO ₄ + wit. C				1,9	2,3	
V	Ziemia				2,8	2,8	

Wzrost zawartości Fe w surowicy krwi u prosiąt korzystających z dodatkowych źródeł żelaza, wobec statystycznego jego potwierdzenia wykazuje wyraźnie wystąpienie resorbcji Fe. Nie upoważnia on jednak do oszacowania i porównania wielkości resorbcji Fe z ziemi, FeCl₂, FeSO₄ i ich kombinacji z wit. C, gdyż nie uwzględnia ewentualnych różnic w szybkości wchłaniania Fe z poszczególnych połączeń.

Orientacyjną ocenę wielkości resorbcji Fe można, jak się wydaje, przeprowadzić na podstawie jej następstw, między innymi w oparciu o wzrost zawartości Fe ogólnego w krwi. Z tabeli 7 widać, że wzrost zawartości Fe ogólnego wystąpił również w krwi prosiąt wszystkich grup, przy czym zaznaczyły się tu wyraźne różnice międzygrupowe, a mianowicie:

Największą zwyżkę ilości Fe ogólnego w krwi stwierdzono w grupie III, nieco mniejszą u prosiąt z grupy I, mniejszą u prosiąt z grupy II, jeszcze mniejszą u prosiąt z grupy V, a najmniejszą u prosiąt z grupy IV. Tak więc, uwzględniając kolejno od największego do najmniejszego wzrost Fe ogólnego w krwi — jako pierwsze należy wymienić prosięta dokarmiane FeCl₂ z wit. C, potem FeCl₂ i FeSO₄, następnie prosięta korzystające z ziemi, na okólniku, a na końcu prosięta otrzymujące FeSO₄ z wit. C.

Warto przy tym podkreślić, że różnice międzygrupowe dotyczyły nie

tylko przeciętnego wzrostu Fe ogólnego w krwi, lecz także wystąpiły one w poszczególnych dniach. I tak: o ile u prosiąt dokarmianych FeCl_2 z wit. C, oraz u prosiąt okólnikowych wzrost ilości Fe ogólnego w krwi w poszczególnych dniach był statystycznie jednakowy, o tyle u prosiąt otrzymujących FeCl_2 — był on mniejszy 10 dnia, a większy 21 i 28 dnia, u prosiąt z FeSO_4 był większy 28 dnia, a mniejszy 10 i 21 dnia, a u prosiąt z FeSO_4 i wit. C okazał się większy 10 i 28 dnia, a najmniejszy 21 dnia, wskazując na to, że przy resorbcji Fe z różnych źródeł pewną rolę odgrywa również i wiek prosiąt.

Wzrost zawartości Fe w wątrobie i śledzionie prosiąt w 28 dniu ich życia okazał się podobny do wzrostu zawartości Fe ogólnego w krwi. Był on bowiem największy u prosiąt dokarmianych FeCl_2 z wit. C, nieco mniejszy u prosiąt z FeCl_2 , mniejszy u prosiąt z FeSO_4 , jeszcze mniejszy u prosiąt „okólnikowych”, a najmniejszy — statystycznie nieistotny u prosiąt dokarmianych FeSO_4 z wit. C.

Wydaje się, że to podobieństwo wyników pomiędzy wzrostem zawartości Fe ogólnego w krwi, a wzrostem zawartości Fe w narządach wewnętrznych prosiąt, korzystających z dodatkowych źródeł żelaza daje już pewne podstawy do przeprowadzenia porównawczej oceny intensywności resorbcji Fe z badanych źródeł.

Wnioski, jakie się nasuwają na podstawie omawianych wyników można w skrócie przedstawić następująco:

1. Prosięta w wieku 3—28 dni resorbowały z przewodu pokarmowego żelazo, zarówno pobierane wraz z ziemią jak i z FeCl_2 i FeSO_4 oraz z ich kombinacji z witaminą C.

2. Prosięta w wieku 3—10 dnia, a więc b. młode, silniej resorbowały żelazo z FeCl_2 z wit. C, a jednakowo z ziemi, FeCl_2 , FeSO_4 i FeSO_4 z wit. C.

3. Prosięta w wieku 10—21 dni, a więc w okresie największego deficytu Fe, silniej resorbowały Fe z FeCl_2 aniżeli z FeSO_4 i z ziemi. Dodatek witaminy C w tym okresie poprawił wchłanianie Fe z FeCl_2 , natomiast wyraźnie pogorszył jego resorbcję z FeSO_4 .

4. U prosiąt w wieku 21—28 dni, a więc już nieco starszych, resorbcja Fe z FeSO_4 i ziemi wyrównała się z resorpcją Fe z FeCl_2 . Dodatek witaminy C w tym okresie nadal poprawił resorpcję Fe z FeCl_2 , natomiast nie zwiększył jej z FeSO_4 .

5. Ogólnie, prosięta ssące w wieku 3—28 dni najlepiej wchłaniały z przewodu pokarmowego Fe z FeCl_2 z wit. C, dobrze resorbowały Fe z FeCl_2 , nieco słabiej z FeSO_4 i z ziemi, a najslabiej wchłaniały Fe z FeSO_4 z wit. C.

* * *

*

W celu zbadania wykorzystania żelaza do syntezy hemoglobiny przez prosięta poszczególnych grup, jako wskaźniki przyjęto (podobnie jak poprzednio w porównaniu do prosiąt kontrolnych):

1) Wzrost zawartości Fe hemoglobinowego w krwi,

2) Procentowy wzrost Fe nie-hemoglobinowego w krwi.

Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 8 i zilustrowano na wykresie 6.

Z tabeli 8 widać, że:

1) do 28 dnia wzrost zawartości Fe Hb w krwi prosiąt korzystających z dodatkowych źródeł Fe był największy u prosiąt dokarmianych FeCl_2 z wit. C, nieco mniejszy u prosiąt z FeCl_2 i FeSO_4 , jeszcze mniejszy u prosiąt dokarmianych FeSO_4 z wit. C, a najmniejszy u prosiąt „okólnikowych”.

2) wzrost ilości Fe nie-Hb w krwi prosiąt poszczególnych grup w okresie 3—28 dni, okazał się najwyższy u prosiąt dokarmianych FeCl_2 z wit. C, nieco mniejszy u prosiąt „okólnikowych”, mniejszy u prosiąt otrzymujących FeSO_4 z wit. C, jeszcze mniejszy u prosiąt z FeSO_4 , a najmniejszy u prosiąt otrzymujących FeSO_4 z wit. C.

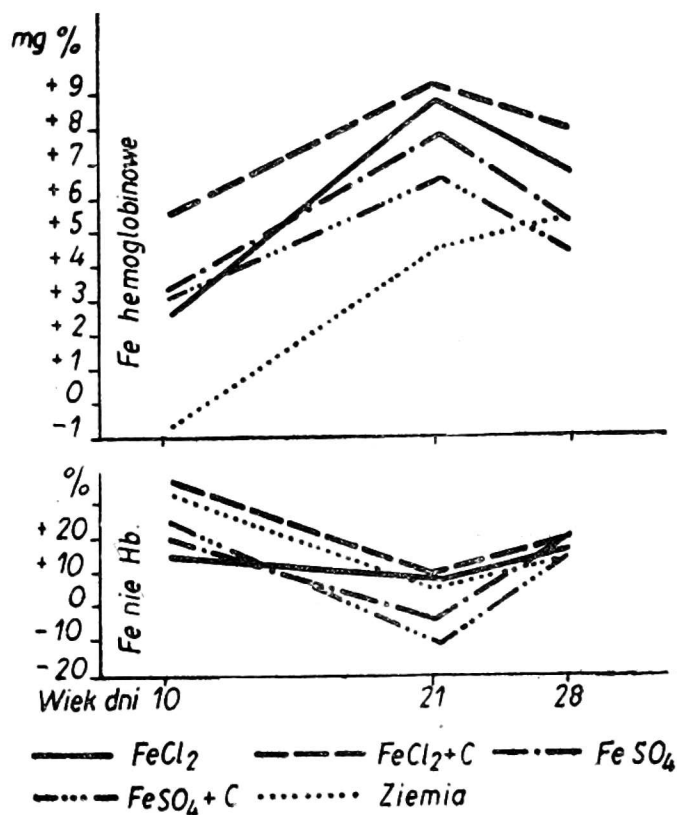
3) u prosiąt dokarmianych FeCl_2 z wit. C, FeCl_2 oraz „okólnikowych” — wyższa zawartość Fe nie-Hb w krwi utrzymała się przez cały okres doświadczenia, podczas gdy u prosiąt otrzymujących FeSO_4 i FeSO_4 z wit. C — nie stwierdzono jej w 21 dniu życia prosiąt.

Tak więc, omówione wyżej różnice międzygrupowe, dotyczące wzrostu Fe Hb i nie-Hb w krwi nasuwają następujące wnioski:

1. Bezwzględny wzrost zawartości Fe Hb w krwi prosiąt ssących, spowodowany dodatkiem żelaza, okazał się tym większy, im intensywniejsza była resorpcja żelaza z poszczególnych źródeł.

2. Przy dokarmianiu prosiąt Fe i Fe z wit. C, procentowe wykorzystanie żelaza do syntezy Hb, okazało się jednak nieco lepsze z tych źródeł, z których żelazo było słabiej resorbowane.

3. U prosiąt korzystających z dostępu do ziemi, wykorzystanie żelaza



Wykres 6. Wzrost zawartości Fe hemoglobinowego i Fe nie-hemoglobinowego w krwi prosiąt dokarmianych Fe, Fe z wit. C i okólnikowych w porównaniu do prosiąt kontrolnych

Tabela 8

Wzrost zawartości Fe Hb i Fe nie-Hb w krwi w porównaniu do grupy kontrolnej

Grupa	Rodzaj dodatkowego źródła Fe	Rodzaj żelaza w krwi	Wiek prosiąt w dniach			
			10	21	28	ϕ
I	FeCl ₂	Fe hemoglob. mg %	+2,3	+8,8	+6,7	+6,0
II	FeSO ₄		+3,3	7,8	+5,1	+5,4
III	FeCl ₂ z w. C		+5,5	+8,2	+8,0	+7,6
IV	FeSO ₄ z w. C		+3,1	+6,7	+4,4	+4,7
V	Ziemia		+1,9	+4,4	+5,3	+2,6
I	FeCl ₂	Fe ogólne w krwi	+87%	+93%	+83%	88%
II	FeSO ₄		+80%	+104%	+80%	88%
III	FeCl ₂ z w. C		+63%	+92%	+82%	79%
IV	FeSO ₄ z w. C		+78%	+112%	+88%	93%
V	Ziemia		+66%	+93,5%	+88%	82%
I	FeCl ₂	Fe nie-Hb %	+13%	+7%	+17	12%
II	FeSO ₄		+20%	-4%	+20	12%
III	FeCl ₂ z w. C		+37%	+8%	+18	21%
IV	FeSO ₄ z w. C		+22%	-12%	+12	7%
V	Ziemia		+34%	+6,5%	+12	17,5%

do syntezy Hb w pierwszych 3 tygodniach życia było słabsze, aniżeli u prosiąt dokarmianych Fe i Fe z wit. C.

4. Ilości żelaza zresorbowane przez prosięta z FeCl₂ FeCl₂ z wit. C i z ziemi przez cały okres doświadczenia przewyższały bieżące możliwości wykorzystania Fe do syntezy Hb.

5. Ilości żelaza zesorbowane przez prosięta FeSO₄ i FeSO₄ z wit. C, pomiędzy 10—21 dniem, były mniejsze od bieżących możliwości wykorzystania Fe do syntezy Hb.

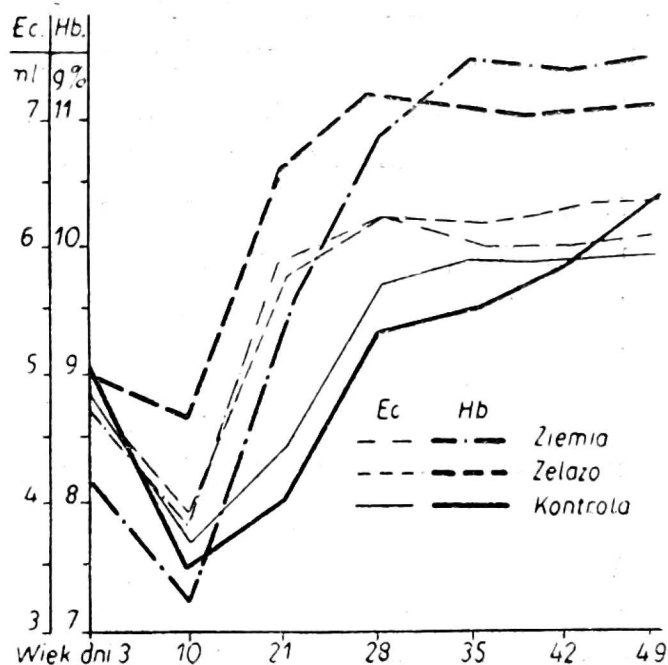
* *
*

III. ZWIĄZEK POMIĘDZY GOSPODARKĄ Fe A WZROSTEM PROSIĄT ORAZ NIEKTÓRYMI WSKAZNIKAMI ICH INTERIERU

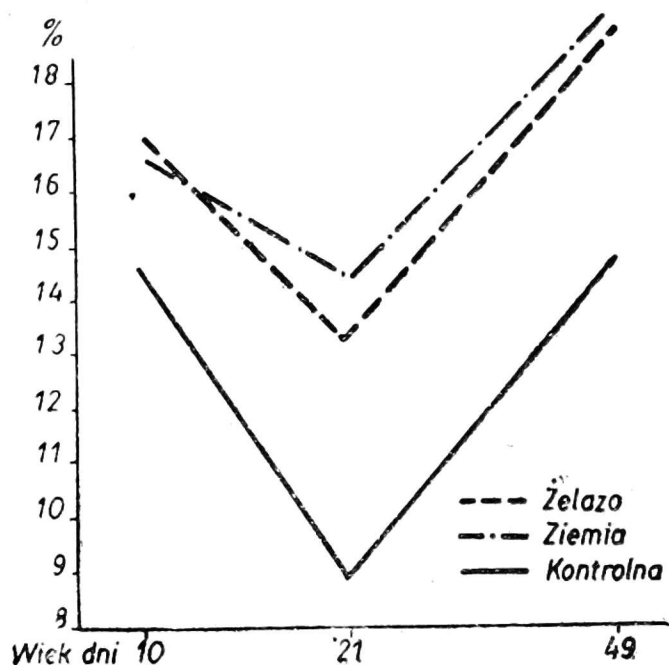
Wzrost prosiąt w porównaniu do innych ssaków jest niezmiernie szybki. Według Berge'a cyt. (66) prosięta w ciągu pierwszych dwóch tygodni życia zwiększają wagę 3-krotnie, a w okresie ośmiu tygodni ssania — mogą ją zwiększyć nawet dwudziestokrotnie. Do licznych czynników warunkujących tempo wzrostu prosiąt zaliczana jest również zawartość hemoglobiny w ich krwi (2, 18, 22). W naszych doświadczeniach w celu zbadania związków, jakie zachodzą pomiędzy gospodarką żelazem

a wzrostem i rozwojem prosiąt ssących przeprowadzono równolegle do badań nad Fe kilka obserwacji uzupełniających, a mianowicie:

1. Oznaczenia ilości hemoglobiny, erytrocytów i wskaźnika S. H. E. $g \times 10^{-12}$.



Wykres 7. Zawartość hemoglobiny (w g%) i erytrocytów (mlj. w 1 mm^3) krwi prosiąt dokarmianych Fe, okólnikowych i kontrolnych



Wykres 8. Procentowy udział γ globulin w białku surowicy krwi prosiąt dokarmianych Fe, okólnikowych i kontrolnych

2. Oznaczenia zawartości suchej masy w krwi, wątrobie i śledzionie.
3. Oznaczenia zawartości białka i frakcji białkowych w surowicy krwi

4. Cotygodniowy rejestr żywej wagi prosiąt.

Uzyskane wyniki zestawiono w tabelach 9, 10, 11, 12 i zilustrowano na wykresie 7, 8, 9.

Po statystycznym opracowaniu wyników okazało się, że prosięta korzystające z dodatkowych źródeł żelaza w porównaniu do prosiąt kontrolnych zawierały:

1. Hemoglobiny w krwi przeciętnie więcej o 13,5% (wykres 6).

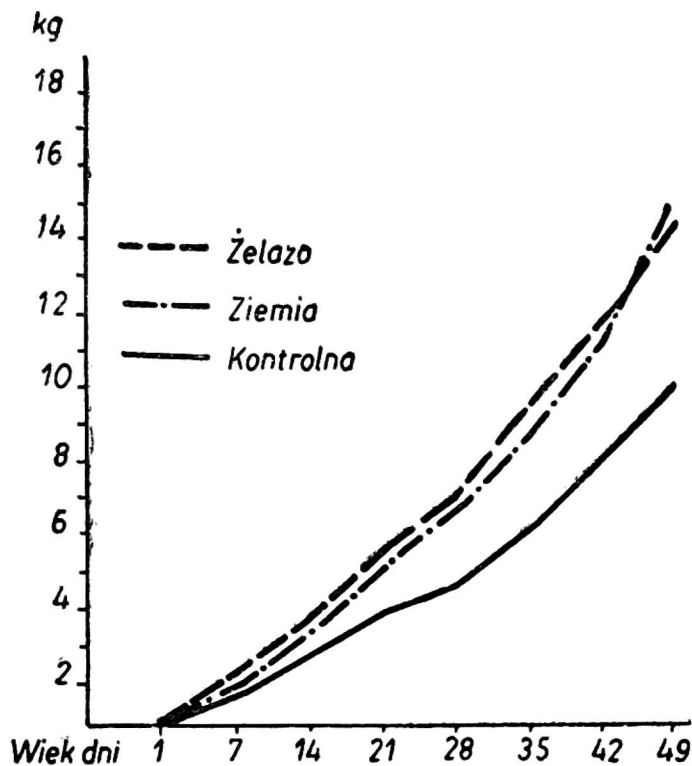
2. Suchej masy w krwi w 28 dniu więcej o 3 g% (co stanowi 21% zawartości s. m. w krwi prosiąt kontr.).

3. Albumin w białku surowicy krwi w 10 i 21 dniu życia mniej o 4,2% (co stanowi 9,5% udziału albuminu w białku surowicy prosiąt kontrolnych).

4. γ globulin w białku surowicy krwi przeciętnie więcej o 4,1%, co stanowi 32,5% udziału γ globulin w białku surowicy prosiąt kontrolnych (wykres 8).

Statystycznie nie potwierdzono natomiast różnic międzygrupowych, dotyczących przeciętnych zawartości: erytrocytów w 1 mm^3 krwi, suchej masy w 100 g wątroby i śledziony, białka w surowicy krwi, a w nim udziału α globulin i β globulin w 21 dniu.

Do różnic częściowo potwierdzonych statystycznie, ale tylko pomiędzy niektórymi grupami i nie wykazujących bliższych współzależności



Wykres 9. Żywa waga prosiąt dokarmianych Fe, okólnikowych i kontrolnych

z gospodarką żelazem, należały: zawartość białka w surowicy krwi w 10 dniu życia prosiąt oraz udział β globulin w białku surowicy krwi w 10 i 49 dniu życia prosiąt.

Statycznie nie analizowano międzygrupowych różnic dotyczących wskaźnika S. H. E. $\text{g} \times 10^{-12}$. Wskaźnik ten u prosiąt korzystających z dodatkowych źródeł Fe okazał się przeciętnie tylko nieznacznie wyższy niż u prosiąt kontrolnych.

Wymienione wyżej różnice bardzo wyraźnie odbiły się na tempie wzrostu prosiąt. Prosięta korzystające z dodatkowych źródeł żelaza wykazały bowiem

przyrosty wagowe przeciętnie o 106 g większe — osiągając w 49 dniu życia żywą wagę wyższą o 47% od wagi prosiąt kontrolnych (wykres 9).

Wzrost dziennych przyrostów żywej wagi prosiąt z poszczególnych grup z Fe praktycznie był taki sam, a jedynie u prosiąt dokarmianych FeSO_4 z wit. C — okazał się on nieco mniejszy, co ilustruje tabela 12.

Omówione w skrócie wyniki, dotyczące obserwacji uzupełniających wskazują na to, że u prosiąt pozostających w dobrych warunkach żywienia i pielęgnacji można było zaobserwować, co następuje:

1. Dodatni wpływ dokarmiania prosiąt żelazem lub swobodnego dostępu do ziemi na ilość hemoglobiny w krwi.

2. Brak bliższej współzależności pomiędzy dokarmianiem prosiąt Fe, lub dostępem do ziemi, a ilością E_c w 1 mm^3 krwi.

3. Korzystny wpływ dokarmienia prosiąt żelazem na zawartość suchej masy w krwi, natomiast brak współzależności pomiędzy gospodarką żelazem a ilością suchej masy w wątrobie i śledzionie.

4. Stwierdzono ponadto możliwość występowania bliższych związków

Tabela 9

Hb. Ec. i S. H. E. w krwi prosiąt

Wiek w dniach	Hemoglobina g %			Erytrocyty mlj/lm ³			S. H. E. g × 10		
	Gr. Kontrol.	Gr. Żelazow.	Gr. Okólnik	Gr. Kontrol.	Gr. Żelazow.	Gr. Okólnik	Gr. Kontrol.	Gr. Żelazow.	Gr. Okólnik
3	9,1	9,0	8,1	4,8	4,8	4,8	19,0	18,5	17,1
10	7,5	8,6	7,2	3,6	3,8	3,7	20,0	22,8	20,0
21	8,1	10,6	9,5	4,4	5,7	5,9	18,5	18,8	16,1
28	9,3	11,2	10,9	5,7	6,2	6,2	16,2	18,1	17,5
35	9,5	11,0	11,5	5,8	6,2	6,0	16,4	18,0	19,5
42	9,8	10,9	11,3	5,8	6,3	6,0	16,8	17,5	18,9
49	10,3	11,1	11,5	5,9	6,4	6,1	17,4	17,2	19,0
⊙	9,1	10,4	10,0	5,15	5,64	5,79	17,7	18,4	18,2

Tabela 10

Sucha masa w krwi, wątrobie i śledzionie prosiąt

Wiek w dniach	s. m. krwi g %			s. m. wątroby g %			s. m. śledziony g %		
	Gr. Kontrol.	Gr. Żelazow.	Gr. Okólnik	Gr. Kontrol.	Gr. Żelazow.	Gr. Okólnik	Gr. Kontrol.	Gr. Żelazow.	Gr. Okólnik
28	14,5	17,7	17,3	26,5	27,2	26,5	20,8	21,4	21,3
49				28,3	28,0	28,0	20,6	21,6	22,1
⊙	14,5	17,7	17,3	27,4	27,6	27,3	20,7	21,5	21,7

między gospodarką żelazem a udziałem albuminowej oraz γ globulino-
wej frakcji w białku surowicy krwi—wskazującą na celowość dalszych
badań w tym kierunku.

5. Stwierdzono również istnienie związku pomiędzy gospodarką żela-
zem a wzrostem żywej wagi u prosiąt.

Wyniki z obserwacji uzupełniających upoważniają, jak się wydaje, do
wysunięcia na zakończenie kilku uwag praktycznych. Potwierdzają one
celowość dokarmiania żelazem prosiąt ssących, przebywających w wa-
runkach alkierzowych lub pozbawionych dostępu do ziemi.

Jeżeli przyjąć przy tym za słuszne omówione poprzednio zmiany, jakie
zachodzą w gospodarce żelazem w miarę wzrostu i rozwoju prosiąt, na-
leżało by również wskazać na konieczność możliwie jak najwcześniejszego
dokarmiania prosiąt ssących Fe — ponieważ tylko wczesne dokarmienie
tym składnikiem umożliwi prosiątom skrócenie okresu, w którym dominu-
je proces gromadzenia Fe nie-Hb i szybkie przejście do okresu, w którym
dominuje wzrost ilości Fe Hb w krwi.

Tabela 11

Białka w surowicy krwi prosiąt

Wiek w dniach	Białko g %			Albuminy %			α Globl. %			β B. Globl. %			γ Globl. %		
	Kontrol.	Żelazo	Okólnik	Kontrol.	Żelazo	Okólnik	Kontrol.	Żelazo	Okólnik	Kontrol.	Żelazo	Okólnik	Kontrol.	Żelazo	Okólnik
10	4,8	5,2	5,6	46,2	41,1	44,1	19,8	20,9	18,8	19,6	20,8	20,1	14,4	17,2	17,0
21	5,0	5,2	5,0	50,8	46,5	45,4	20,2	20,1	19,6	20,1	20,1	20,5	8,9	13,3	14,5
49	5,4	5,6	5,4	47,4	46,2	45,9	21,0	20,4	20,7	17,4	14,6	14,1	14,5	18,8	19,3
⊙	5,1	5,3	5,3	48,1	44,6	45,2	20,3	20,5	19,7	19,0	18,5	18,2	12,6	16,4	16,9

Tabela 12

Wzrost prosiąt

Wiek w dniach	Żywa waga			Grupa	Rodzaj dodatkowego źródła żelaza	Dzienny przyrost z. w.	Wzrost dziennych przyrostów w porównaniu do prosiąt kontrolnych
	Kontrol.	Żelazo	Okólnik				
7	1,7	2,1	2,0	I	FeCl ₂	305 g	+ 108 g
14	2,8	3,8	3,5				
21	4,0	5,6	5,4	II	FeSO ₄	298 g	+ 101 g
28	4,9	6,9	6,9	III	FeCl ₂ z w. C	315 g	+ 118 g
35	6,4	9,1	9,0				
42	8,2	11,6	11,1	IV	FeSO ₄ z w. C	279 g	+ 82 g
49	10,2	14,9	15,1				
-49	9,1	13,8	14,0	V	Ziemia	315 g	+ 118 g

Na podstawie wyników naszych doświadczeń, trudno jest wykazać, czy zastosowana przez nas dawka Fe wynosząca — około 12 mg Fe⁺⁺ na dzień i sztukę, oraz okres dokarmiania Fe trwający od 3 do 28 dnia życia prosiąt, były minimalne, optymalne czy też maksymalne? Można natomiast z całą pewnością twierdzić w oparciu o poziom Hb w krwi i tempo wzrostu prosiąt, że w naszych doświadczeniach najlepsze wyniki dał FeCl₂ z wit. C, bardzo dobre FeCl₂ i okólnik porośnięty lucerną z trawami, całkiem dobre wyniki uzyskano przy dokarmianiu prosiąt FeSO₄, natomiast wyraźnie słabsze przy stosowaniu FeSO₄ z wit. C. Na czym polegał ujemny wpływ dodatku witaminy C do FeSO₄ — tego narazie nie potrafimy wytłumaczyć pozostawiając zagadnienie do wyjaśnienia.

LITERATURA

1. Aleksandrowicz J.: Hematologia kliniczna. Warszawa 1955.
2. Aleksandrowicz S., Folejewski W., Szykowski A.: Stosowanie balkonów pomostów dla prosiąt ssących. Roczn. Nauk Roln. Se. B. 66, 81, 1953.
3. Anderssen V.: Anämie der Saugferkel und ihre Bedeutung für das Ferkelsterben. Dtsch. Tierarzt. Wschr. 39, 747, 1931.
4. Balbierz H.: Zapobieganie niedokrwistości u prosiąt osesków Med. Wet. 1, 4L, 1955.
5. Balbierz H.: Badania nad poziomem hemoglobiny i erytrocytów u prosiąt osesków po podaniu mieszanki mineralnej. Weterynaria. Wrocław 1—2, 117, 1955.
6. Baranowski T.: Chemia Fizjologiczna t. 2. Warszawa 1957.
7. Behrens H.: Anämie der Saugferkel. Dtsch. Tierarztl. Wschr. 61, 133, 1954.
8. Bergeim O.; Kirch R. R.: Reduction of iron in human stomach J. Biol. Chem. 177, 591, 1949.
9. Bieguszewski H., Chudy J., Iwańska S.: Zawartość Hb i erytrocytów w krwi prosiąt w wychowie sztucznym. Acta Physiol. Pol. 8, 282, 1957.
10. Bush J., Jensen W. N., Aschenbrucker H., Cartwright G. E., Wintrobe M. M.: The kinetics of iron from metabolism in swine with various experimentally induced anemias. J. Exptl. Med. 103, 161, 1956.
11. Braude P., Foot A. S.: Effect of feeding green food to the pregnant sow on the incidence of piglet anemia. The Veter. Jowin. 3, 1946.
12. Cartwright G. E., Wintrobe M. M., Humphreys S.: Studies on anemia in swine due to pirodoxine deficiency, together with data on phenylhydrazine anemia J. Biol. Chem. 1953, 171, 1944.
13. Cartwright G. E., Huguley C. M., Ashenbrucker H., Fay J., Wintrobe M. M.: Studies on free erythrocyte protoporphyrin, plasma iron and plasma copper in normal and anemic subject. Blood, 3, 501, 1948.
14. Cartwright G. E., Wintrobe M. M.: Studies on iron — binding capacity of serum. J. Clin. Invest. 28, 86, 1949.
15. Czajkowski Z., Balbierz H.: Wstępne badania nad wpływem środowiska hodowlanego na ilość hemoglobiny i erytrocytów u prosiąt. Zootechnika II, 7. W. S. R. Wrocław, 75, 1956 r.
16. Czichan A.: Mineral Requirement of farm animal live stock. Journ. Jan. 25, 1924.
17. Davidson S. P., Tullerton H. W., Howie J. W., Croll J. M., Orr J. B., Godden W.: Observations on nutrition in relation to anaemia. Brit. Med. J. 685, 1933.
18. Domański E., Jaśkowski L.: Wpływ żywienia próśnych macior oraz dożywiania miotów na przebieg krzywej hemoglobiny u prosiąt. Med. Wet. 5, 301, 1950.
19. Domański E.: Nauka i praktyka weterynaryjna, a postęp w zootechnice. Przegl. Hod. 7, 7, 1951.
20. Dubach R., Calendar S. T. E., Moore C. V.: Studies in iron transportation and metabolism, absorption of radioactive iron in patients with fever and with anemias of varied etiology. Blood 3. 526, 1948.
21. Gabrio W. B., Salomon K. J.: Distribution of total ferritin in intestine and mesenteric lymph nodes of horses after iron feeding. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 75, 124, 1950.
22. Gass, Lubnikowa: Wlianie żelaza krasnoj gliny na rozwitcie porosiat. Probl. Żywnotnowodstwa 3, 1935.

23. Gdovin T: K fizjologickej a patologickej anemie prasiatok. *Veterin. Casop.* 4, 1, 6, 1955.
24. Granick S.: Ferritin, increase of protein apoferritin in gastrointestinal mucosa as direct response to iron feeding, function of ferritin in regulation of iron absorption. *J. Biol. Chem.* 164, 737, 1946.
25. Granick S.: Protein apoferritin and ferritin in iron feeding and absorption. *Science* 103, 107, 1946 r.
26. Granick S.: Iron and porphyrin metabolism in relation to red, blood cell. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 48, 657, 1947.
27. Granick S.: Iron metabolism and hemochromatosis *Bull. N. Y. Acad. Med.* 25, 405, 1949.
28. Grim: Deficientni wyžiwa prasnic ve vztahu k žiwotności selat. *Veterinarstvi* 2, 49, 1954.
29. Gubler C. J., Cartwright G. E., Wintrobe M. M.: Effect of pirodoxine deficiency on absorption of iron by rat. *J. Biol. Chem.* 178, 989, 1949.
30. Gubler C. J., Cartwright G. E., Wintrobe M. M.: Hemin, chromoproteine in copper- deficient and irondeficient swine. *Fed. Proc.* 15, 553, 1956.
31. Habersang M.: Zawartość żelaza i miedzi w mleku świń. Wpływ podawania soli mineralnych i znaczenie tego dla prosiąt. *Med. Wet.* 8, 501, 1954.
32. Hahn P. F., Bale W. F., Lawrence E. O., Whipple G. H.: Radioactive iron and its metabolism in anemia. Its absorption, transportation and utilization. *J. Exptl. Med.* 69, 739, 1939.
33. Hahn P. F., Bale W. F., Hettig R. A., Kamen M. D., Whipple H. H.: Radioactive iron and its excretion in urine bile and feces. *J. Exptl. Med.* 70, 443, 1939.
34. Hahn P. F., Bale W. F., Ross J. F., Balfour W. M., Whipple G. H.: Radioactive iron absorption by gastro-intestinal tract. *J. Exptl. Med.* 78, 169, 1943.
35. Hahn P. F., Ross J. F., Bale W. F., Whipple G. H.: Utilization of iron and rapidity of hemoglobin formation in anemia due to blood loss. *J. Exptl. Med.* 71, 731, 1940.
36. Hart E. B., Elvehjem C. A., Steenbock H., Bohstedt C., Fargo J. M.: A study of the anemia of young pigs and its prevention. *J. Nutr.* 2, 277, 1930.
37. Hegsted D. M., Finch C. A., Kinney T. D.: The influence of diet on iron absorption. *J. Exptl. Med.* 90, 147, 1949.
38. Hoffman H.: Przedwczesne wydzielanie pod wpływem histaminy wolnego kwasu solnego w soku żołądkowym u prosiąt w okresie ssania. *Acta. Physiol. Pol.* 8, 355, 1957.
39. Hugh W., Josephs: Determination of iron in small amonuts of serum and whole Blood with the use of thiocyanate. *J. Lab. Clinic. Med.* 44, 63, 1954.
40. Hütten H., Preuss F.: Blutennahme beim Schwein. *Berl. Münch. Tierärztl.* 66, 89, 1953.
41. Jencks W. P., Jetton M. R., Durrum E. L.: Paper Elektrophoresis as a Quantitative Method. *Biochemical. Journal* 60 (2) 205—215, 1955.
42. Jensen W. N., Bush J. A., Ashenbrucker, H. Cartwright G. B., Wintrobe M. D.: The kinetics of iron metabolism in normal growing swine. *J. Exptl. Med.* 103, 145, 1956.
43. Kirkpatrick H. F. W.: Iron metabolism. *Biochemistry and Physiol. of Nutrition.* II, 398, M. York 1953.
44. Kitzes G., Elvehjem C. A., Schuette H. A.: The determination of blood plasma iron. *J. Biol. Chem.* 115, 2, 1944.

45. Kotarbińska M.: Studia nad gospodarką żelazem u prosiąt ssących. Prac. Dokt. S. G. G. W. Warszawa 1958.
46. Kotarbińska M.: Badania nad żelazem u prosiąt ssących korzystających z zielonego okólnika. Nie publikowane 1957.
47. Kotarbińska M.: Zmienność białek w surowicy krwi u prosiąt ssących. Nie publikowane. 1957.
48. Kowalczyk T., Sorensen D. K., Glättli H. R.: Zur Technik der Entnahme von Blutproben aus der Vena cava cran des Schweines. Schweiz. Arch. f. Tier 93, 628, 1951.
49. Kraczkowski H., Zalewski W.: Wpływ wychowu okólnikowego na wzrost wagi żywej, zdrowotność oraz zmiany we krwi prosiąt. Annal. Universit. Mariae Curie Skłodowska X, 7, 1956.
50. Kudriawcew A.: Kliniczne badania krwi zwierząt domowych (tłum. z ros.) Warszawa, 1951.
51. Kwasnickij A.: Fizjologia pischzewarenija u świnię Sielchozgiz. 1951.
52. Laurell C. B.: Studies on the transportation an methabolism of iron. Acta. Physiol. Scand. Supp. 46, 14, 1947.
53. Laurell C. B.: What is function of transferring in plasma? Blood 6, 183, 1951.
54. McCance R. A., Widdowson E. M.: Absorption and excretion of iron. Lancet 2, 680, 1937.
55. Fillar G.: Der Gehalt an Hemoglobin, Leukocyten und Erythrocyten beim gesunden Hausschwein unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter und Gewicht. Tierärz. Hsh. Hannover. D/V 3, 1953.
56. Pleva J.: Pokus o ovplyvnenie fizjologickej anemie cicajucych prosiat ferromatom C. Veterein Casop. 4, 96, 1955.
57. Foksova M.: Metabolismus mineralnich latek. Biologie vyžyvy ssajicich nladat. Praha. 1957.
58. Radeff T.: O zasobovani organizmu novorodenych zwierat železom. Polnohosp. 4, 376, 1956.
59. Redkin A. P.: Swinowodstwo, Moskwa 1952.
60. Riggert F. W.: Über Eisenuntersuchungen bei Saugferkeln. Tierärztl. Hsch. Hannover. D/V 132, 1954.
61. Rytelowski R.: Wpływ $FeCl_2$, $FeSO_4$ i ich kombinacji z witaminą C na poziom hemoglobiny, zawartość czerwonych ciałek krwi i indeks barwny krwi u prosiąt ssących. Prac. Dypl. S. G. G. W., Warszawa, 1957.
62. Santiago-Lüque J. M.: Hematologia niedokrwistości prosiąt (streszcz. tłum. z włosk.) Med. Wet. 1, 59, 1955.
63. Saurbier E.: Der Gehalt an Hämoglobin, Leukocyten und Erythrocyten, sowie die Zusammensetzung des weissen Blutbildes bei einseitig ernährten Schweinen. Insug. Diss. Tierärztl. Hannover, 1954.
64. Schade A. L., Reinhart R. W., Levy H.: Carbon dioxide and oxygen in complex formation with iron and siderophilin the iron — binding component of human plasma. Arch. Biochem. 20, 170, 1949.
65. Sidor W.: Studium anemie prasiat a jej ovplyvnovanie preparatami želaza a miedzi. Polnohospodarstvo 3, 478, 1956.
66. Stahl W. Neue Formen in der Ferkelaufzucht. Züchtungskunde 29, 444, 1957.
67. Stewart W. B., Yuile C. L., Claiborne H. A., Snowman R. T., Whipple G. H.: Radioiron absorption in anemic dogs; fluctuations in mucosal block and evidence for gradient of absorption in gastrointestinal tract. J. Exptl. Med. 92, 375, 1950.

68. Supniewski J.: Rola żelaza w ustroju zwierzęcym. *Farm. Pol.* 7, 197, 1951.
69. Todenhöfer H.: Untersuchungen über den Eisengehalt des Blutserums von Schwein. Inaug. Diss. Tierärztl. Hannover, 1953.
70. Tompsett S. L.: Factors influencing absorption of iron and copper from alimentary tract. *Biochem. J.* 34, 961, 1940.
71. Totterman L. E.: Vitamin C and iron metabolism. *Acta. Med. Scand.* 134, suppl. 230, 153, 1949.
72. Wahl: Anämie und Ferkelgrippe. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 35, 385, 1954.
73. Żebrowski Z., Kossakowski J.: Wpływ krzyżowania świń rasy wielkiej białej i puławskiej na płodność i rozwój prosiąt ssących. *Roczn. Nauk. Roln.* (w druku) 1958.