



El fósforo asume un importante papel al condicionar las prestaciones productivas de los animales.

La retención de fósforo en los cerdos en crecimiento

Giovanni Bittante. Maurizio Ramanzin. Stefano Schiavon

La integración mineral de las dietas a suministrar a los cerdos en crecimiento debe prestar particular atención al contenido en fósforo. Este elemento es, en efecto, necesario tanto para la «construcción» del aparato esquelético de los animales, como porque es un constituyente fundamental de los nucleótidos, de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos, moléculas que están en la base de todos los procesos vitales celulares. El fósforo se halla también implicado en los mecanismos de control del apetito y en la eficiencia de utilización de la dieta y asume, por tanto, un importante papel al condicionar las prestaciones productivas de los animales y los resultados económicos de la explotación.

La importancia que el fósforo tiene modulando la respuesta productiva de los cerdos al variar los diferentes prin-

cipios nutritivos de la ración ha estimulado a diversos autores a realizar investigaciones con el fin de comprobar la importancia del depósito corporal de fósforo en los cerdos y establecer las necesidades minerales capaces de mantener las máximas prestaciones productivas de los animales (1, 8, 11, 18, 29).

Este objetivo debe ser hoy analizado a la luz de la necesidad de maximizar no sólo la cantidad de producto obtenible por cada animal individual, sino también la rentabilidad neta de explotación.

La revisión de los criterios de formulación de las integraciones de las dietas destinadas a los cerdos en crecimiento tiene en cuenta de modo particular los contenidos de fósforo, como consecuencia de la especial atención que es necesario prestar a los problemas derivados de la evacuación de los efluentes de las porquerizas en el medio ambiente. En efecto, este elemento es considerado responsable, junto con el nitrógeno (22), de los fenómenos de eutrofización que afec-

tan al Mar Adriático y a muchos ambientes lacustres, aunque su responsabilidad efectiva es evaluada a la luz de recientes y profundos estudios (24, 33, 34).

Presupuesto fundamental para una nueva definición de las necesidades de fósforo de los animales es el estudio de la retención y de la excreción del mineral durante el ciclo de producción del cerdo de matadero y de industria.

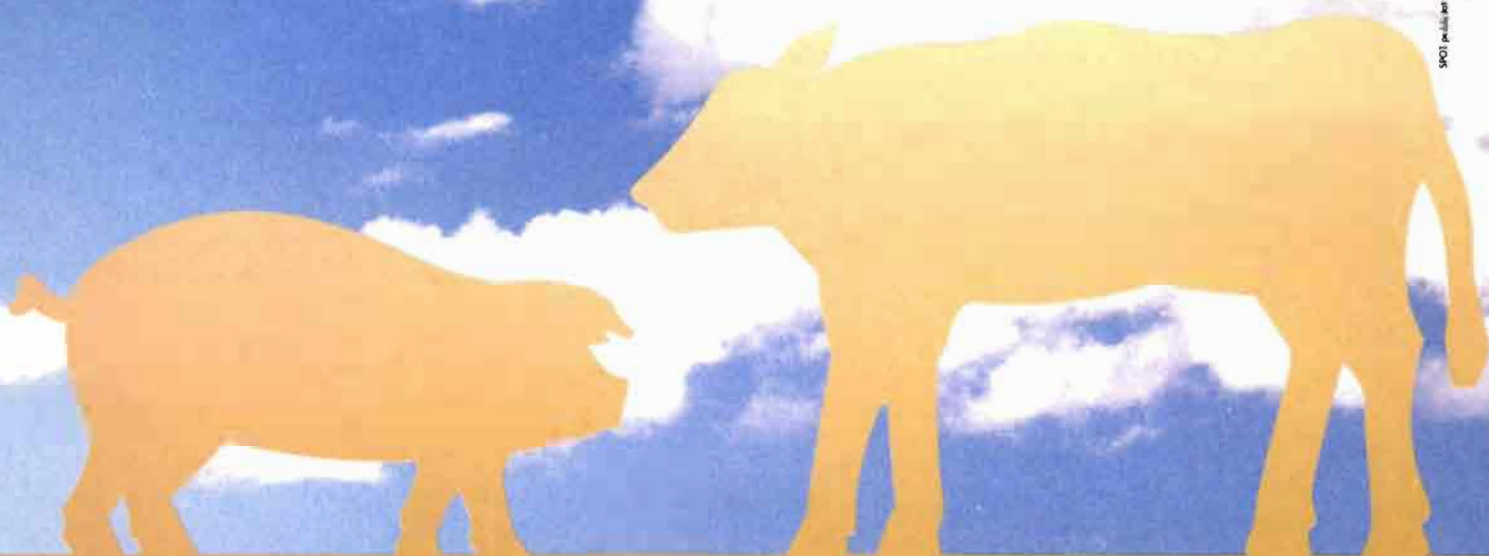
En la presente investigación se han examinado los datos de composición química del cuerpo de cerdos en crecimiento hasta ahora publicados en las principales revistas científicas, con particular atención al contenido de fósforo, con el objetivo de estudiar su variabilidad y de identificar ecuaciones de estimación extensibles también a nivel técnico-aplicativo.

MATERIAL BIBLIOGRAFICO DISPONIBLE

Se ha efectuado una investigación bibliográfica de los trabajos experi-

Investigación efectuada con la financiación del Ente de Desarrollo Agrícola del Véneto, Departamento de Investigación y Experimentación, en el marco del proyecto «Estudio de las técnicas alimentarias capaces de reducir la producción de deyecciones en los cerdos».

PARA PROBLEMAS RESPIRATORIOS EN CERDOS Y TERNEROS, INYECTABLES



SPOT Publishing 0771 31 10 90

▶ **SEPTIBRON**

▶ **TOSCALM**

▶ **ESTREPTOTYL**

▶ **TRIMACROL GAN**



s.p. veterinaria, s.a.

mentales en los que figuraban las composiciones químicas medias corporales de grupos de cerdos sacrificados en diferentes pesos vivos. Se han considerado las principales revistas científicas internacionales y hemos dispuesto de reseñas bibliográficas, en particular la de Jongbloed (18). Del material recogido se han excluido los estudios en los que los animales eran objetos de particulares tratamientos que podían alterar los normales procesos de retención y excreción de fósforo, como por ejemplo el suministro de dietas acidógenas o alcalógenas (17), o en los que los datos analíticos aportados no se referían a los cuerpos completos de los cerdos, sino sólo a canales o a partes individuales de éstas (19, 33).

La escasa disponibilidad de informaciones sobre la composición corporal de cerdos con peso vivo superior a los 110 kg, ya encontrada en un trabajo anterior relativo al contenido de nitrógeno (5), ha sugerido la exclusión del único dato relativo al contenido de fósforo en cerdos de 130 kg (37). Asimismo, dada la particular composición química de los lechones al nacimiento (5, 10), no se han considerado las investigaciones y los datos relativos a

los lechones neonatos hasta los dos días de vida (2, 4, 6, 12, 15, 23, 27, 36, 38). Las fuentes bibliográficas así seleccionadas aparecen en el **cuadro I**. Buena parte de estas averiguaciones han sido ya utilizadas por Jongbloed (18) en su monografía para un trabajo similar a la presente investigación, pero que se ha diversificado, tanto por las variables consideradas como por la metodología seguida para la elaboración de los datos.

La ausencia de trabajos utilizables advertida en los últimos años hay que achacarla sobre todo al hecho de que los estudios sobre el fósforo son realizados preferentemente mediante balances ingesta-excreta, pero estos datos no se pueden considerar con el fin del estudio de la retención del fósforo, porque proporcionan resultados claramente diferentes respecto a la determinación directa mediante sacrificio comparativo.

A este respecto se señala que Nielsen (32) encontró, con experiencias de balance ingesta-excreta, contenidos corporales de fósforo mayores del 39% respecto a los hallados mediante la determinación directa sobre los mismos animales sacrificados al fin de la

prueba, y análogamente Jongbloed (18) considera que entre las dos técnicas de estudios puede haber diferencias incluso superiores al 20%.

En el **cuadro I** se presentan para cada uno de los estudios seleccionado el número y el sexo de los animales utilizados, los grupos de sacrificio y los intervalos de peso vivo y de edad tomados en consideración por los diferentes autores. Se trata, como se puede ver, de 19 investigaciones con 62 grupos de sacrificio para un total de 723 animales analizados.

Los animales utilizados en las diversas experiencias pertenecían a razas y cruzamientos diversos que habían recibido generalmente dietas a base de cereales, diversificadas tanto por los aportes energéticos como por los proteicos y con contenidos de fósforo y de calcio variables respectivamente entre el 0,4 y el 1,5% y el 0,3 y el 1,2% de la materia seca.

ELABORACION ESTADISTICA DE LOS DATOS DISPONIBLES

Los datos han sido sometidos a análisis de la regresión utilizando el paquete estadístico SPSS (31).

Las variables examinadas han sido: la cantidad de fósforo corporal expresada en gramos y en porcentaje del peso vivo (variables dependientes); el peso vivo, el peso vivo metabólico, el peso vivo neto y la edad al sacrificio (variables independientes).

En el caso del peso vivo y del peso vivo neto se han utilizado también los valores cuadráticos y logarítmicos, mientras que para la edad se han calculado también los valores elevados al cuadrado.

El peso vivo metabólico se ha obtenido elevando el peso vivo tanto a la potencia 0,569 como a la 0,75 (9, 20).

Por medio del análisis estadístico se han calculado:

- Los coeficientes de correlación entre el contenido de fósforo corporal (expresado en gramos y en porcentajes sobre el peso vivo) y los valores medios, cuadráticos y logarítmicos del peso vivo (kg), así como los valores del peso metabólico y los valores medios y cuadráticos de la edad (días).
- Las regresiones lineales, cuadráticas

Cuadro I

Fuentes bibliográficas y características principales de los grupos experimentales de cerdos utilizados en cada estudio

Fuentes	Animales (n)	Sexo		Grupos de sacrificio (n)	Pesos de sacrificio (kg)		Edad de sacrificio (kg)	
		C	H		de	a	de	a
Spray y Widdowson, 1950	41	C	H	6	1,5	76,0	1	168
Weninger e Funk, 1953a, b	73	C	H	5	1,0	130,0	—	—
Berge e Indrebo, 1954	25	C	H	6	1,3	14,7	1	56
Mollgaard, 1955	5	C	H	1	19,3		61	
Freese, 1958	9	C	H	4	1,2	6,7	1	29
Blair y Coll, 1963	10	C	H	2	1,5	17,4	1	56
Manners y McCrea, 1963	12	C	H	4	1,5	5,6	1	14
Blair e Benzie, 1964	24	C	H	1	11,3		—	
Oslage, 1964	52	C	H	5	25,2	110,3	89	208
Gunther <i>et al.</i> , 1966/67	26	C	H	2	1,0	6,0	1	21
Gunther <i>et al.</i> , 1967/68	50	C	H	1	16,4		56	
Mudd <i>et al.</i> , 1969a	34	C	H	7	1,2	90,6	1	—
Mudd <i>et al.</i> , 1969b	24	C	H	2	23,0	41,0	—	—
Gunther y Rosin, 1970/71	60	C	H	3	20,0	100,0	65	182
Nielsen, 1972	80	C	H	1	85,0		—	
Muller y Kirchgessner, 1974	70	C	H	2	3,9	11,0	14	40
Moinizadeh, 1975	47	C	H	2	24,9	98,7	75	192
Becker, 1976	10	C	H	1	7,8		21	
Rymarz <i>et al.</i> , 1982	65	—	H	7	17,1	110,3	77	210
	723			62				

C = Machos castrados. H = Hembras.

- y alométricas entre fósforo corporal (g) y peso vivo (kg).
- Las regresiones lineales entre fósforo corporal (g) y peso metabólico (kg).
- Las regresiones lineales, cuadráticas y alométricas entre fósforo corporal (g) y peso vivo neto (kg).
- Las regresiones lineales y cuadráticas entre fósforo corporal (g) y edad (días).
- Las regresiones múltiples lineales y de tipo cuadrático entre fósforo corporal (g), peso vivo (kg) y/o edad (días).

La elaboración se ha diferenciado de la de la citada investigación de Jongbloed (18) en que en esta última se han calculado sólo las ecuaciones cuadráticas y alométricas de los contenidos de fósforo corporal respecto al peso vivo y al peso vivo neto y, sobre todo, los valores de los pesos vivos y de los relativos contenidos de fósforo corporal se han reagrupado en clases que diferían por lo menos en 2,5 kg o en el 11% del peso vivo medio de los animales, con el resultado de reducir la variabilidad de los datos.

Tal artificio hace, sin embargo, que las funciones de Jongbloed dependan de los valores medios de cada clase y sean poco sensibles a las variaciones de peso dentro de la clase. Dado que las categorías en los pesos más elevados resultan muy amplias (por ejemplo en torno a los 100 kg la clase puede variar en 11 kg) y puesto que los datos disponibles se caracterizan por una preponderancia de cerdos ligeros, las categorías en torno a los 100 kg presentan valores medios nivelados hacia abajo. En consecuencia, las informaciones de los sujetos más pesados influyen marginalmente en la estimación de las funciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

El cuadro II establece los coeficientes de correlación simple (r) del contenido de fósforo corpóreo en los cerdos, expresado en gramos y en porcentajes del peso vivo, con las diversas medidas del peso y de la edad de los animales. Los coeficientes de correlación entre peso del fósforo corporal y peso del animal diversamente expresado son resultados, como era de espe-



El contenido de fósforo corporal después del nacimiento y hasta los 110 kg se mantiene casi constante.

rar, positivos y estadísticamente significativos, tratándose en realidad de correlaciones especiales entre una parte y el todo, pero se observa que éstos han sido siempre muy elevados (superiores a 0,987), con la parcial excepción de los relativos a las relaciones cuadráticas con el peso vivo y el peso vivo neto.

Muy elevadas han resultado también las relaciones entre el contenido del fósforo corporal y la edad de los animales ($r = +0,975$) y la edad al cuadrado ($r = +0,985$).

Por el contrario, cuando el contenido de fósforo corporal se ha expresado como porcentaje sobre el peso

vivo, las correspondientes relaciones no han resultado significativamente diferentes de cero, indicando así que el porcentaje de fósforo corpóreo puede considerarse casi constante, aunque su valor negativo sugiere una tendencia a la reducción durante el crecimiento (fig. 1).

A este respecto se observa que en los lechones de peso inferior a los 2 kg el contenido medio porcentual de fósforo ha resultado superior (0,62%) al hallado en el intervalo de peso 2-110 kg (0,50%). Por el contrario, se ha registrado un comportamiento opuesto para el contenido medio porcentual de nitrógeno de los lechones al

Cuadro II

Coeficientes de correlación entre fósforo corporal (en gramos y en porcentaje sobre el peso vivo), peso vivo, peso metabólico, peso vivo neto y edad

	Fósforo corpóreo			
	Contenido total		Contenido porcentual	
	r	p	r	p
PV	+0,993	$\leq 0,001$	-0,063	n.s.
PV ²	+0,946	$\leq 0,001$	-0,143	n.s.
LnPV	+0,996	$\leq 0,001^*$	+ 0,037	n.s.
PV ^{0,569}	+0,993	$\leq 0,001$	-0,017	n.s.
PV ^{0,775}	+0,987	$\leq 0,001$	-0,036	n.s.
PVN	+0,991	$\leq 0,001$	-0,239	n.s.
PVN ²	+0,941	$\leq 0,001$	-0,328	n.s.
LnPVN	+0,997	$\leq 0,001^*$	-0,061	n.s.
Edad	+0,975	$\leq 0,001$	-0,104	n.s.
Edad ²	+0,985	$\leq 0,001$	-0,150	n.s.

PV = peso vivo (kg). PV² = cuadrado del peso vivo. LnPV = Logaritmo neperiano del peso vivo. PVN = peso vivo neto (kg). PVN² = cuadrado del peso vivo neto. LnPVN = logaritmo neperiano del peso vivo neto. Edad = edad al sacrificio (d). Edad² = Cuadrado de la edad al sacrificio.

* La correlación se refiere a los contenidos de fósforo corpóreo expresados en términos logarítmicos.

Doble ayuda para la economía porcina

Tanto la parvovirus como el mal rojo constituyen dos graves riesgos para la economía de la reproducción porcina.

RHÔNE MÉRIEUX aporta la doble solución a los problemas que ambas afecciones pueden representar.



PARVORUVAX vacuna asociada contra la parvovirus y el mal rojo

Parvoruvax es una vacuna bivalente, inactivada, adyuvada con hidróxido de aluminio, destinada a la protección de los cerdos reproductores contra la parvovirus y el mal rojo.



Parvoruvax posee alto grado de inocuidad y ha demostrado una actividad muy satisfactoria frente a cada una de las valencias del parvovirus y el mal rojo.

Todos los ensayos han demostrado su buena tolerancia tanto en el plano local como en el general.

Parvoruvax aporta una doble protección para mejorar la rentabilidad porcina.



LABORATORIOS RHÔNE MÉRIEUX

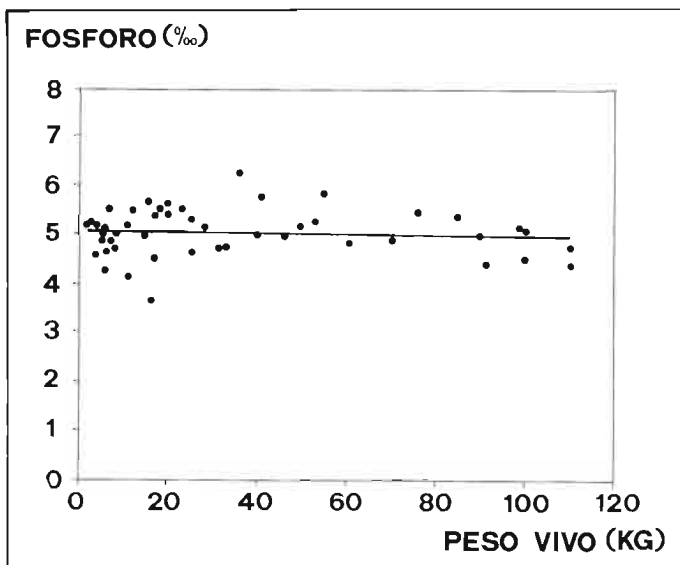


Fig. 1. Contenido de fósforo corporal en los cerdos en crecimiento (g/kg).

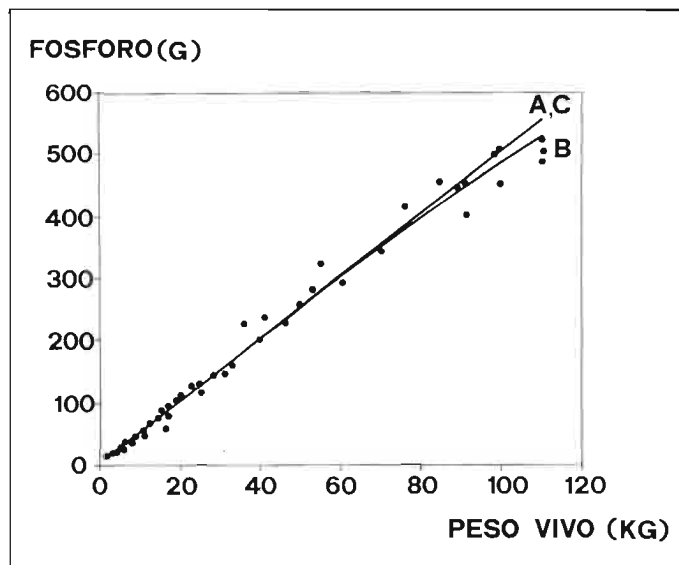


Fig. 2. Contenido total de fósforo corporal en los cerdos en crecimiento en función del peso vivo. A) regresión lineal. B) regresión cuadrática. C) regresión alométrica.

nacimiento respecto al de los animales de más peso.

En el cuadro III figuran las ecuaciones para la estimación del fósforo corporal en los cerdos en función del peso vivo, obtenidas con funciones lineales (n. 1, 2, 3), cuadráticas (n. 4, 5) y alométricas (n. 6, 7, 8, 9, 10) del peso vivo (fig. 2) y con funciones lineales del peso metabólico (n. 11, 12) obtenidas en la bibliografía. Todos los modelos han proporcionado coeficientes de determinación altísimos ($r^2 = 0,974 - 0,995$).

La simple ecuación lineal (n. 2) permite obtener una buena precisión de

estimación del fósforo corporal, porque la desviación standard residual es de apenas $\pm 19,7$ g, que, expresados en términos porcentuales sobre el contenido medio estimado de fósforo corporal a 100 kg, equivalen al $\pm 4\%$.

Dado que el valor de la intersección es asimismo tan bajo ($+ 5,5$ g) que no es significativamente diferente de cero, la regresión de primer grado que pasa por el origen (n. 1) no ha presentado tampoco sustanciales modificaciones en los índices de variabilidad. Estas relaciones sugieren, análogamente a lo observado para el contenido de nitrógeno corporal (5) que, al menos en el intervalo de peso entre 2 y 110 kg, el

contenido de fósforo retenido sería casi constante e igual a unos 5 g por cada kilo de incremento de peso vivo, con una variabilidad que aunque referida no a animales individuales, sino a medias de grupos de una decena de cabezas, aparece más bien limitada.

La ecuación lineal (n. 3) de Fandrejewski y Rymarz (11) muestra incrementos de fósforo corporal superiores, equivalentes a unos 5,7 g/kg de crecimiento. Tal dato se refiere a una edad única de 13 semanas y a un número más bien limitado de sujetos (23 individuos), de los cuales once eran machos enteros no considerados en la presente investigación.

Cuadro III

Ecuaciones de estimación del fósforo corporal (g) en los cerdos en función del peso vivo (kg)

Fuentes	Animales	Peso vivo (kg)	Ecuaciones	$\pm$ d.s.r.	r^2
1. Presente estudio	643	2-110	$P = +4,94 \text{ PV}$	$\pm 19,9$	0,985
2. Presente estudio	643	2-110	$P = +5,5 + 4,86 \text{ PV}$	$\pm 19,7$	0,986
3. Fandrejewski, 1986	23	(13 semanas)	$P = -17,6 + 5,72 \text{ PV}$	—	0,828
4. Presente estudio	643	2-110	$P = -8,1 + 5,95 \text{ PV} - 0,0105 \text{ PV}^2$	$\pm 17,4$	0,989
5. Jongbloed, 1987	562	5-110	$P = -1,9 + 5,59 \text{ PV} - 0,0057 \text{ PV}^2$	$\pm 14,3$	0,991
6. Presente estudio	643	2-110	$P = +4,98 \text{ PV}^{1,003*}$	$\pm 19,4$	0,993
7. Spray y Widdowson, 1950	41	1-76	$P = +5,21 \text{ PV}^{0,996}$	—	—
8. Oslage, 1964	52	20-110	$P = +4,75 \text{ PV}^{0,996}$	—	—
9. Mudd <i>et al.</i> , 1969a	24	23-90	$P = +5,69 \text{ PV}^{0,996}$	—	—
10. Jongbloed, 1987	562	5-110	$P = +5,09 \text{ PV}^{1,000**}$	$\pm 16,5$	0,995
11. Presente estudio	643	2-110	$P = -40,1 + 16,31 \text{ PV}^{0,75}$	$\pm 19,5$	0,986
12. Presente estudio	643	2-110	$P = -97,6 + 40,59 \text{ PV}^{0,569}$	$\pm 27,0$	0,974

* La desviación estándar residual se ha obtenido de la transformación del dato logarítmico en número real. Se ha utilizado, como magnitud de referencia, el contenido de fósforo corporal a 40 kg de peso vivo. Esta transformación da lugar a una distribución asimétrica. La desviación estándar residual se ha calculado como media del valor positivo y del negativo obtenidos con la transformación. Se trata por tanto de un dato indicativo que tiene el único fin de hacer posible la comparación de la variabilidad de las funciones alométricas con las de otro tipo.

** La desviación estándar residual (g) referida a un peso vivo de 40 kg se ha calculado utilizando las funciones de regresión con la d.s.r. expresada en términos logarítmicos y con el peso vivo propuesto por el autor.

Las funciones de segundo grado (n. 4 y 5) permiten obtener sólo pequeñas y no significativas reducciones de las desviaciones standard residuales respecto a las estimaciones hechas con las ecuaciones anteriores. Los componentes cuadráticos han resultado siempre de escasa importancia, aunque el valor obtenido en el presente estudio ($-0,0105 \text{ g/kg}^2$) ha resultado casi el doble respecto al valor calculado por Jongbloed ($-0,0057 \text{ g/kg}^2$), a causa de la particular elaboración de los datos por él utilizada.

También las ecuaciones alométricas (n. 6, 7, 8, 9) sugieren la existencia de proporciones casi constantes entre contenidos de fósforo corporal y peso vivo, porque en todos los casos los coeficientes de alometría no han evidenciado diferencias significativas respecto a la unidad. Tampoco se han encontrado sustanciales diferencias con respecto a los contenidos medios porcentuales de fósforo corporal propuestos por los diversos autores, que han oscilado entre los $4,75 \text{ g/kg}$ (n. 8) y los $5,69 \text{ g/kg}$ (n.9), con un valor intermedio de la ecuación obtenida en el presente estudio de $4,98 \text{ g/kg}$ (n. 6). Estas diferencias se explican en parte por las diversas razas, intervalos de peso y número de animales considerados en cada estudio.

Las relaciones (n. 11 y 12) entre el

fósforo retenido por el cerdo durante el crecimiento y el peso metabólico reducen por el contrario su precisión de estimación a medida que el exponente de la variable independiente se aleja de la unidad, como se puede observar en los valores de los coeficientes de determinación y de las desviaciones standard residuales, evidenciando así que estos modelos se adaptan mal a representar la retención de fósforo durante el crecimiento.

El empleo del peso vivo neto en lugar del simple peso vivo bruto no ha aportado ninguna mejora en la estimación del contenido corporal de fósforo en los cerdos en crecimiento y más bien la ha empeorado ligeramente (cuadro IV). Asimismo, las relaciones calculadas entre peso vivo neto y contenido de fósforo corporal confirman cuanto se ha observado hasta ahora sobre la relación constante de este elemento con el peso corporal.

También en este caso, a pesar de que las desviaciones standard residuales y los coeficientes de determinación de las funciones de diverso tipo muestran una variabilidad ligeramente más acentuada respecto a la registrada para el peso vivo, no se han observado alejamientos acentuados de la linealidad, ni para las ecuaciones obtenidas en el presente trabajo, ni para las propuestas por la bibliografía.

Las ecuaciones lineales alcanzan, en efecto, un buen grado de precisión de las estimaciones (la encontrada en el presente estudio (n. 14) está marcada por una d.s.r. igual a $\pm 24,1 \text{ g}$) que se reduce relativamente poco utilizando ecuaciones de segundo grado (n. 18, d.s.r. = $\pm 19,9$) o alométricas (n. 21, d.s.r. = $\pm 18,5$).

Es interesante observar que de los coeficientes angulares de las ecuaciones calculadas por Mudd y otros (27) para diversos intervalos de peso vivo (n. 15, 16, 17) se deduce que la retención de fósforo por kilo de crecimiento manifiesta una tendencia a la reducción durante el crecimiento, en razón previsiblemente de las mayores exigencias del organismo para la construcción de los tejidos esqueléticos y musculares durante las primeras fases de vida.

Dado los altos contenidos en fósforo y el crecimiento no simultáneo de estos tejidos respecto a los tejidos adiposos durante el desarrollo (13), es presumible que las relaciones entre los contenidos en fósforo y el peso corporal diferentemente expresado se modifiquen relativamente poco (como se ha demostrado en la presente investigación) durante el período de crecimiento magro de los cerdos, es decir hasta los 100-110 kg, y que sólo posteriormente, durante el engrasamiento,

Cuadro IV

Ecuaciones de estimación del fósforo corporal (g) en los cerdos en función del peso vivo neto (kg)

Fuentes	Animales	Peso vivo (kg)	Ecuaciones	± d.s.r.	r ²
13. Presente estudio	340	2-110	P = +5,2 PVN	±25,2	0,978
14. Presente estudio	340	2-110	P = +15,1 + 5,00 PVN	±24,1	0,981
15. Mudd <i>et al.</i> , 1969a	14	(nacimiento)	P = -0,4 + 6,27 PVN	± 0,5	0,846
16. Mudd <i>et al.</i> , 1969a	12	(8 semanas)	P = -21,0 + 7,41 PVN	± 7,5	0,792
17. Mudd <i>et al.</i> , 1969a	8	23-90	P = +40,2 + 4,94 PVN	±30,8	0,960
18. Presente estudio	340	2-110	P = -10,1 + 6,64 PVN - 0,0156 PVN ²	±19,9	0,988
19. Mudd <i>et al.</i> , 1969	24	23-90	P = -65,2 + 9,99 PVN - 0,0500 PVN ²	±16,2	0,980
20. Jongbloed, 1987	340	5-110	P = -2,31 + 5,88 PVN - 0,0070 PVN ²	±14,3	0,996
21. Presente estudio	340	2-110	P = +5,56 PVN ^{0,992*}	±18,5	0,993
22. Rymarz <i>et al.</i> , 1982 (1+2+3)	65	16-107	P = +5,21 PVN ^{1,003**}	±12,4	0,990
23. Rymarz <i>et al.</i> , 1982 (1)	22	28-107	P = +5,72 PVN ^{0,993**}	±13,0	0,990
24. Rymarz <i>et al.</i> , 1982 (2)	22	16-103	P = + 5,24 PVN ^{0,988**}	±13,6	0,994
25. Rymarz <i>et al.</i> , 1982 (3)	21	18-100	P = 4,70 PVN ^{1,029**}	± 9,4	0,996

* La desviación estándar residual se ha obtenido de la transformación del dato logarítmico en número real. Se ha utilizado, como magnitud de referencia, el contenido de fósforo corporal a 40 kg de peso vivo. Esta transformación da lugar a una distribución asimétrica. La desviación estándar residual se ha calculado como media del valor positivo y del negativo obtenidos con la transformación. Se trata, por tanto, de un dato indicativo que tiene el único fin de hacer posible la comparación de la variabilidad de las funciones alométricas con las de otro tipo.

** Las desviaciones estándar residuales se han calculado conociendo los coeficientes de variabilidad y utilizando los contenidos medios de fósforo estimados con las respectivas funciones de regresión a 40 kg de peso vivo.

(1) El autor se refiere a animales de raza Norwegian Landrace.

(2) El autor se refiere a animales de raza Hampshire.

(3) El autor se refiere a animales de raza Large White.

(1+2+3) El autor considera simultáneamente todos los animales que pertenecen a las tres razas arriba citadas.

se pueda observar su reducción a medida que el animal «madure» también desde el punta de vista de su utilización de tipo industrial.

Las observaciones hasta aquí expuestas sugieren que con fines prácticos una simple función lineal, como la que atribuye una retención corpórea de fósforo igual a 4,94 g/kg de peso vivo, puede considerarse plenamente satisfactoria hasta un peso vivo de unos 110 kg. A falta de específicas informaciones para los cerdos de peso, que más directamente interesan a la producción italiana, parece ser más utilizable una función de tipo cuadrático que presenta mejores condiciones para interpolar los fenómenos que caracterizan la fase de «maduración» de los animales en crecimiento.

El **cuadro V**, finalmente, muestra las relaciones lineales y cuadráticas entre la edad (días), por sí sola o combinada con el peso vivo, y la retención de fósforo (g).

Es evidente por las desviaciones standard residuales y por los coeficientes de determinación que las ecuaciones basadas solamente en la edad no son capaces de asegurar una estimación precisa del contenido de fósforo en el cuerpo de los cerdos. Estos resultados demuestran que la retención del mineral depende más de los incrementos ponderales que de la edad de los animales, pero permiten sin embargo establecer que el contenido corporal de fósforo aumenta como media 2,2 g al día.

Este valor parece más bien bajo, si se compara con las observaciones de Fandrejewski y Rymarz (11), que encontraron niveles de retención de fósforo de 3,8 g al día (11), o con los resultados de Jongbloed (8), que calculó una retención diaria de 3,3 g. Este resultado es debido a los menores crecimientos diarios y retenciones de fósforo de los cerdos más jóvenes que están incluidos en número elevado en la presente investigación.

En efecto, calculando una función de regresión simple entre edad y contenido de fósforo corporal en un intervalo de peso análogo al considerado por Fandrejewski y Rymarz (11) (30-100 kg de peso vivo), se obtiene un coeficiente angular de la recta de regresión igual a 3,8 g por día de vida, que coincide perfectamente con el valor propuesto por los dos autores.

La ecuación múltiple de primer grado (n. 29) considera como variables independientes tanto la edad como el peso vivo. Esta ecuación confirma que el peso vivo es claramente más importante que la edad al determinar el contenido de fósforo corporal en los cerdos e indica que, a igualdad de peso corporal, los animales de mayor edad son los que han desarrollado más los tejidos óseos y musculares que, como se sabe, se caracterizan por contenidos de fósforo superiores a los encontrados en los tejidos adiposos; en efecto, el coeficiente de regresión de la edad (+0,17), aún no significativo en el análisis estadístico, resulta positivo. La ecuación múltiple logra una buena precisión de estimación porque la desviación estándar residual es apenas $\pm 16,2$ g, pero podría ser utilizada en sustitución de la basada solamente en el peso vivo únicamente en el caso de animales con crecimientos diarios muy inferiores o muy superiores respecto a los usuales.

CONCLUSIONES

La presente investigación ha puesto en evidencia la posibilidad de estimar con bastante seguridad el contenido de fósforo corporal en los cerdos conociendo simplemente su peso vivo.

Las relaciones propuestas sugieren que el contenido de fósforo corporal después del nacimiento y hasta los 110 kg se mantiene casi constante e igual a 4,94 g/kg de peso vivo, o a

5,2 g/kg de peso vivo neto, y está poco influenciado por el tipo genético y por las dietas suministradas a los animales.

Las desviaciones estándar residuales están comprendidas, en efecto, entre ± 17 y ± 25 g. Aunque estos valores no se refieren a animales individuales sino a medias de grupos de unas diez cabezas, y, por tanto, son en realidad superiores a los de igual magnitud obtenidos por otros autores con observaciones individuales, los coeficientes de las ecuaciones halladas en este trabajo parecen muy semejantes a los propuestos por la bibliografía científica y verosíblemente tienen una validez más general, porque se refieren a un número muy elevado de animales criados en condiciones muy diversas.

La inclusión de la edad como variable independiente en las ecuaciones de estimación ha permitido determinar que este factor ejerce un papel muy inferior respecto al peso vivo en la modificación del contenido de fósforo corporal.

Aun con una cierta variabilidad, la retención media diaria de este elemento en el intervalo de peso más frecuentemente observado por otros autores (30-110 kg) ha resultado ser de 3,8 g al día. La ecuación múltiple basada en el peso vivo y en la edad no ha permitido mejorar apreciablemente la precisión de la estimación, aunque ha conseguido reducir el error estándar residual en apenas ± 16 g.

En conclusión y con fines prácticos, es importante subrayar que peso vivo y edad son fácilmente determinables también en condiciones de granja, sin exigir el sacrificio de los cerdos. La estimación de la retención de fósforo en los cerdos mediante regresiones se presta así no sólo para estudios de carácter científico, sino que puede tener también útiles aplicaciones a nivel de granja individual y a nivel territorial. Es posible, por ejemplo,

Cuadro V

Ecuaciones de estimación del fósforo corporal (g) en los cerdos en función de la edad (días) y del peso vivo (kg)

Fuentes	Animales	Peso vivo (kg)	Ecuaciones	$\pm$ d.s.r.	r^2
26. Presente estudio	449	2-110	$P = +2,20 \text{ Edad}$	$\pm 45,2$	0,926
27. Presente estudio	449	2-110	$P = 42,1 + 2,52 \text{ Edad}$	$\pm 37,2$	0,951
28. Presente estudio	449	2-110	$P = 5,15 + 0,87 \text{ Edad} - 0,0082 \text{ Edad}^2$	$\pm 25,1$	0,978
29. Presente estudio	449	2-110	$P = +4,52 \text{ PV} + 0,17 \text{ Edad}$	$\pm 16,2$	0,991

extraer indicaciones técnicas y económicas que podrían permitir una disminución de los costes de alimentación y una reducción de la carga contaminante de los residuos zootécnicos esparcidos en el medio ambiente.

La sustancial indisponibilidad de datos sobre la composición corporal de cerdos de peso no nos ha permitido obtener funciones de estimación de la retención de fósforo, sin duda aplicables a sujetos de peso superior al límite de los 110 kg. La cría de los cerdos en Italia está muy interesada en los aspectos que se refieren al crecimiento de los animales destinados a la transformación industrial, con particular referencia a los problemas que esta producción conlleva en el desagüe de los residuos zootécnicos.

Se puede pues prever que también este importante aspecto sea tomado en consideración por la futura investigación porcina.

BIBLIOGRAFIA

1. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1967. Nutrient requirements of farm livestock. n. 3 Pigs. London: HMSO.
2. BECKER, K. 1976. Zur heutigen Kennetnis des Stoff und Energie Ansatzes von Schweinefoeten und von Ferkeln in der fruhen postnatalen Entwicklungsphase, Übers. Tierernahrung. 4: 167-185.
3. BECKER, K.; FARRIES, E.; PEEFER, E. 1979. Changes in the body composition of pig fetuses during pregnancy. Arch. Tierernahrung 29:561-568.
4. BERGE, S.; INDREBO, T. 1954. Composition of body and weight gain of suckling pigs. Meld. Norg. Landbr. 34: 481-500.
5. BIFTANTE, G.; RAMANZIN, M.; SCHIAVON, S. 1990. previsione della ritenzione azotata nei suini in accrescimento. Rivista di suinicoltura. 4: 115-121.
6. BLAIR, B.; DIACK, J. R. B.; MAC PHERSON, R. M. 19Bone development in suckled pigs. Brit. J. Nutr. 17: 19-29.
7. BLAIR, R.; BENZIE, D. 1964. The effect of level of dietary calcium and phosphorus on skeletal development in the young pig to 25 lb live weight. Brit. J. Nutr. 18: 91-101.
8. BRAUDE, R. 1978. Calcium and phosphorus requirements of pigs. Proc. 1st Annual Intern. Mineral Conference, Florida, 34-49.
9. BREIREM, K.; HOMB, T. 1936. Vedlikeholdsstofskiftet hos voksende Svin. 170 Beretn. Forssoegslab. Koebenhavn, 23.
10. CURTIS, S. E.; HEIDENREICH, C. J.; MARTIN, T. G. 1967. Relationships between body weight and chemical composition of pigs at birth. J. Anim. Sci. 26: 749-751.
11. FANDREJWSKI, H.; RYMARZ, A. 1986. Effect of feeding level on Ca, P, K and Na content in the bodies of growing boars and gilts. Livest. Prod. Sci., 14: 211-215.
12. FREESE, H. H. 1958. Untersuchungen uber dem Calcium Phosphor, Magnesium un Stickstoffumsasts des Ferkels in Beziehung zum Wachstum bei Muttermilch und Muttermilchersats. Arch. Tierernahrung, 8: 330-392.
13. GERI, G.; FRANCI, O.; ZAPPA, A.; GIORGETTI, A. 1984. Accrescimento relativo dei principali costituenti la carcassa e degli organi cavitari nei suini maschi castrati e femmine da 20 a 200 chili di peso vivo. Zoot. Nutr. Anim. 10: 81-95.
14. GUNTHER, K. D.; ROSIN, G. 1970/71. Über die Ansatzkapazität des Fleischschwein für Mineralstoffe in Verlaufe des Wachstums. 2. Mitteilung Wachstum und Entwicklung der einzelnen Skeletteile. Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde. 27: 134-150.
15. GUNTER, K. D.; WITTING, R.; LENKEIT, W. 1966/67. Untersuchungen über die Skelettenwicklung und Mineralisierung in den ersten acht Leben-wochen beim Ferkel. Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde. 22: 298-313.
16. GUNTHER, K. D.; WITTING, R.; LENKEIT, W. 1967/68. Untersuchungen über die vergleichende Entwicklung und Mineralisierung der einzelne Skeletteile beim Ferkel in Abhängigkeit von der Ca und P Versorgung. 2. Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde. 23: 106-125.
17. JAMBOR, V.; PROCHAZKA. 1977. Einfluss einer unterschiedlichen Anionen und Kationen Konzentration in der diat auf die Ausnutzung von Kalzium und Phosphor bei Schweinen. Arch. Tierernahrung. 12: 701-709.
18. JONGBLOED, A. W. 1987. Phosphorus in the feeding of pigs. I.V.V.O. Lelystad NL.
19. JUST, A.; PEDERSEN, O. K. 1976. Danish investigations concerning body composition of pigs in relation to nutrition, sex, and slaughter weight. Livest. Prod. Sci. 3: 271-284.
20. KLEIBER, M. 1961. *The fire of life*. Wiley J. & Sons Inc 454.
21. LENKEIT, W. 1957. Zum Einfluss der Fütterung auf die embryonale Entwicklung, Suchtungsknede, 29: 394-408.
22. LENIS, N. P. 1987. Feeding for a lower nitrogen excretions in pig husbandry: current and future possibilities, in: 5th interantional symposium on protein metabolism and nutrition, 12-17 Settembre, Rostock.
23. MANNERS, M. J.; MCCREA, M. R. 1963. Changes in the chemical composition of sow reared piglets during the first month of life. Brit. J. Nutr. 17: 495-513.
24. MISTRUZZI, M. 1989. Con l'eutrofizzazione l'agricoltura non c'entra. L'Informatore Agrario. 32: 8-9.
25. MOINIZADFH, H. 1975. Einfluss unterschiedlicher Energieversorgung auf Mineralstoffansatz und Mineralstoffverteilung im Koper wachsender Nutztiere. Tesi univ. Göttingen.
26. MOLLGAARD, H. 1955. Analyse des Wachstums mittels Differentialgleichungen der Partialprozesse des synthetischen Stoffwechsels. Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde. 10: 1-25.
27. MUDD, A. J.; SMITH, W. C.; ARMSTRONG, D. G. 1969a. The retention of certain minerals in pigs from birth to 90 kg live weight. J. Agric. Sci. 73: 181-187.
28. MUDD, A. J.; SMITH, W. C.; ARMSTRONG, D. G. 1969 b. Ca and Pretention in pigs. J. Agric. Sci. 73: 189-196.
29. MUDD, A. J.; STRANKS, M. H. 1981. Mineral and trace requeriment of pigs, in Recent Advances in Animal Nutrition, Butter worths, 93-107.
30. MUTTER, H. L.; KIRCHGESSNER, M. 1974. Retention und Verwertung von Calcium, Phosphor, Magnesium und Natrium durch Ferkel bei unterschiedlicher Proteinernahrung. Landw. Forsch. 27: 173-181.
31. NIE, H.; HADJAL, H.; JENKINS, J. G.; STEINBRENNER, K.; BENT, D. H. 1975. SPSS statistical package for the social sciences. McGraw - Hill Book Company, N. Y.
32. NIELSEN, A. J. 1972. Deposition of Ca and P in growing pig determined by balance experiments and slaughter investigations. Acta Agric. Scan. 22: 223-237.
33. NIELSEN, A. J. 1973. Anatomical and chemical composition of Landrace pigs slaughtered at 90 kilograms of live weight in relation to litter, sex, and feed composition. J. Anim. Sci. 36, 3: 476-483.
34. OSLAGE, H. J. 1964. Untersuchngen über die Körperzusammensetzung und den Stoffansatz wachsender Mastschwein 1-5. Mitteilung. Über den Mineralstoffgehalt und den Mineralstoffansatz wachsender Mastschweine. Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde 19: 330-357.
35. PICCINELLI, C. 1989. L'eutrofizzazione che affligge il Mare Adriatico. Molte tesi in voga spesso inconsistenti: necessario chiarire. Agricoltura Nuova. 11: 9-11.
36. REGIONE DEL VENETO. ENTE DI SVILUPPO AGRICOLO. 1990. Fertilizzanti-Razionalizzazione dell'uso per la produzione agricola e la tutela dell'ambiente. Rapporto finale. Supplemento al n. 2/2/90 Veneto Agricoltura.
37. RYMARZ, A.; FANDREJWSKI, J.; KIFTANOWSKY, J. 1982. Content and retention of calcium, phosphorus, potassium and sodium in the bodies of growing gilts. Livest. Prod. Sci. 9: 399-408.
38. SPRAY, C. M.; WIDDOWSON, E. M. 1950. The effect of growth and development on the composition of mammals. Brit. J. Nutr. 4: 332-353.
39. WENINGER, J.; FUNK, K. 1953a. Ausschleuchtungsversuchen und Schlachtmethodeen an Schweinen unter Berücksichtigung inder Futtermittelverwertung. Arch. Tierernahrung. 3: 145-159.
40. WENINGER, J.; FUNK, K. 1953b. Untersuchngen über den calcium und Phosphorgehalt ganzer Schweinerkörper. Arch. Tierernahrung. 3: 325-341.