

Efecto de cinc y manganeso dietético en la retención y tasa de absorción aparente de cinc, manganeso, cobre y hierro en cabras en crecimiento

Z. F. Deng^{1,2}, Z. H. Sun^{1,3}, G. O. Tayo^{1,4}, B. Lin¹, S. X. Tang¹, X. F. Han¹ y Z. L. Tan¹

¹*Institute of Subtropical Agriculture, The Chinese Academy of Sciences, Hunan 410125, P. R. China*

²*College of Biological and Electromechanical Polytechnic, Hunan 410127, R.P. China*

³*Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, P. R. China*

⁴*Babcock University, Ikeja Lagos 21244, Nigeria*

Correo electrónico: zltang@isa.ac.cn

El estudio se realizó para investigar los efectos de fuentes de Zn y Mn en el uso de elementos traza en cabras en crecimiento. Se utilizaron cuatro cabras macho castrados (20.0 ± 0.5 kg) de la raza Liuyang Black de 6 meses de edad en un experimento de cuadrado latino 4 x 4. Los animales se sometieron a cuatro tratamientos dietéticos: (1) control, (2) control + cubierta de lípido quelato Met-Zn y cubierta de lípido quelato Lis-Mn (PML), (3) control + Met-Zn quelato y Lis-Mn quelato (CML), (4) control + $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ y $MnSO_4 \cdot H_2O$ (FML). Las cantidades de Zn y Mn en los tratamientos PML, CML y FML fueron de 0.020 g y 0.029 g por 100 g de concentrado (base MS), respectivamente. Los resultados mostraron que el consumo de concentrado y forraje de maíz y la retención y tasa de absorción aparente de Fe y Cu no se afectaron por las fuentes de cinc y manganeso dietéticos. La tasa de absorción aparente en todo el tracto del Zn y Mn en FML fue menor que en la de PML, CML y control. La retención de Zn por día en PML y CML fue mayor que la del control ($P < 0.05$), y la retención de Mn por día en PML, CML y FML fue mayor que la del control ($P < 0.05$). Los resultados indicaron que el suplemento de Met-Zn y Lis-Mn puede mejorar la tasa de absorción aparente de Zn y Mn en cabras en crecimiento pero no tiene impactos en la tasa de absorción aparente de Fe y Cu.

Palabras clave: *lisina, elemento traza, indicador sanguíneo.*

El metal proteinato o metal quelato se produce por la quelación de una sal de metal soluble con amino ácidos y (o) proteínas parcialmente hidrolizada (AAFCO 2000). El metal quelato es estable en el tracto digestivo y, por consiguiente, está protegido de complejos que se forman con otros componentes dietéticos que pudieran inhibir su absorción (Spears 1996). El Zn mejoró el comportamiento y ciertas características de la canal de novillos (Spears y Kegley 2002), mejoró los cascos y categorías de calidad (Kessler *et al.* 2003) y además incrementó la concentración de Zn en tejidos de terneros (Wright y Spears 2004) relativo a inorgánico. La fuente de manganeso también tiene efectos importantes en el comportamiento de vacas lecheras (Uchida *et al.* 2001), en el status mineral y en el comportamiento de ganado de carne (Aholá *et al.* 2004).

En los rumiantes, casi todos los nutrientes de la dieta se degradan en el rumen por microorganismos. Por lo tanto, el quelato metal tiene buenas características al pasar por el rumen ya que no se degrada. Hemos encontrado que suplementar lípido cubierto Met-Zn y Lis-Mn tiene efectos positivos en el uso de N (Sun *et al.* 2007). Este estudio se realizó para investigar los efectos de suplementar diferentes fuentes de Zn y Mn (inorgánico, cubierto de lípido y quelato) en la absorción de elementos traza en cabras en crecimiento.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó según el cuidado animal y la guía de uso del Instituto de Agricultura Sub-tropical de la Academia de Ciencias de China.

Se utilizaron cuatro cabras macho castrados (6 meses de edad) con un peso inicial de 20.0 ± 0.5 kg y un diseño cuadrado latino 4 x 4. A las cabras se les puso, quirúrgicamente, una fistula ruminal. Los animales se alojaron individualmente en cajas metálicas de acero inoxidable en instalaciones alumbradas con temperatura controlada ($21^\circ C$) y agua disponible todo el tiempo.

Dietas experimentales. Las cabras recibieron cuatro tratamientos dietéticos: (1) control (dieta basal, tabla 1), (2) dieta control con un suplemento de lípido cubierto de quelato Met-Zn y quelato Lis-Mn (cubierto de ácido esteárico, estearato de calcio y zeolita Guangzhou Tanke Bio-Tech Industry Co., Guangzhou, China), (3) dieta control con suplementación de quelato de Met-Zn y quelato de Lis-Mn (Guangzhou Tanke Bio-Tech Industries Co., Guangzhou, China) y (4) dieta control con $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ y $MnSO_4 \cdot H_2O$. Las cantidades de Zn y Mn que se agregaron en los tratamientos PML, CML y FML fueron 0.020 g y 0.029 g por 100 g de concentrado (base MS), respectivamente.

El alimento dado a las cabras tuvo 1.4 veces de mantenimiento de energía metabolizable según los Requerimientos Nutricionales de Cabras (Lu *et al.* 1996), y las asignaciones de alimento se dividieron en porciones iguales y se ofrecieron cada dos horas.

Muestras. Cada período experimental duró 14 d, los primeros 7 d fueron de adaptación y los otros 7d fueron para la colección de muestras. En cada período experimental se tomaron 100 g de alimento (concentrado y forraje de maíz) de cada grupo antes del alimento y se tomaron 100 g del rechazo (concentrado y forraje de maíz). Las muestras se almacenaron a $-20^\circ C$ para el análisis de PB,

Tabla 1. Componentes alimenticios y químicos y composición nutricional de dieta control^a

Composición del ingrediente	%	Composiciones	%
Maíz	22.5	EM (MJ/kg)	9.46
Salvado de trigo	18.0	PB	13.78
Harina de soya	6.2	FND	37.97
Forraje de maíz	50.0	FAD	25.98
Urea	0.7	Calcio	0.93
Sal	0.6	Fósforo	0.34
Pre-mezcla ^b	2.0		

^aLas concentraciones de Zn y Mn en dietas basales son 32.7 y 38.3 mg/kg MS, respectivamente. ^bPre-mezcla por kilogramo: 119 g MgSO₄•H₂O, 2.5 g FeSO₄•7H₂O, 0.8 g CuSO₄•5H₂O, 10 mg Na₂SeO₃, 40 mg KI, 30 mg CoCl₂•6H₂O, 95,000 IU vitamina A, 17,500 IU vitamina D, y 18,000 IU vitamina E.

FND y FAD. En cada período experimental, del día 8 al 14, se administró Cr₂O₃ (como marcador digestivo) por la vía de fístula ruminal a 06:00, 12:00, 18:00 y 24:00 horas para una dosis total de 4 g/d. En cada período, del día 11 al 14, se recogió una muestra de 200 g de heces y orina total y se almacenaron a -20 °C para el análisis químico. Al final de todo el experimento, las muestras de alimento y de heces de cada período se unieron completamente, se liofilizaron y se molieron con un molino de laboratorio (DF-2, Fábrica de Instrumentos Changsha, China). Después se pasaron por una malla de 1 mm para el análisis de MS, FND, FAD, Cr, Cu, Fe, Zn y Mn. El día 14, a las 08:00 y 10:00, se tomaron 3 mL de sangre de la vena yugular de cada animal. Las muestras se trataron con heparina sódica, se centrifugaron a 3 000g por 20 min y el plasma resultante se almacenó a -20 °C para el análisis de sus parámetros.

Análisis químico. Las muestras molidas se analizaron para la MS (AOAC 2000). Los valores de FND y FAD se determinaron según van Soest *et al.* (1991). Los contenidos de Cr, Cu, Fe, Zn y Mn se determinaron como lo describieron Williams *et al.* (1962) con la espectroscopia de adsorción atómica (modelo 210 VDT AASpectr., E. Norwalk, CT) con una llama de acetileno.

Cálculo y Análisis Estadístico. La tasa de absorción aparente de todo el tracto de Cu, Fe, Zn y Mn se determinó según la ecuación 1 (Sun *et al.* 2007).

$$A_a = (\text{Int}_d - \text{Con}_f \times \text{peso}_f) / \text{Int}_d \quad (1)$$

Donde: A_a = tasa de absorción aparente de todo el tracto de Cu, Fe, Zn y Mn; Int_d = consumo de Cu, Fe, Zn y Mn por día de la dieta; Con_f = concentración de Cu, Fe, Zn y Mn en las heces; peso_f = peso de las heces.

La retención de Cu, Fe, Zn y Mn se determinó según la ecuación 2 (Sun *et al.* 2007):

$$\text{Re} = \text{Cons}_d - \text{Con}_f \times \text{peso}_f - \text{Con}_u \times \text{Volumen}_u \quad (2)$$

Donde: Re = las cantidades de Cu, Fe, Zn y Mn depositadas por día; Cons_d = consumo de Cu, Fe, Zn y Mn por día de dieta; Con_f = concentración de Cu, Fe, Zn y Mn en las heces; peso_f = peso de las heces por día; Con_u = concentración de Cu, Fe, Zn y Mn en la orina; Volumen_u = Volumen de orina por día.

Los resultados se analizaron estadísticamente como un diseño de cuadrado latino 4 x 4 con cabra, el período y el tratamiento como factores utilizando el procedimiento GLM de SAS (1996). Las medias de los tratamientos se probaron entonces por diferencias significativas (P < 0.05), según el método de comparación múltiple de Tukey (Tukey 1949).

Resultados y Discusión

Consumo de concentrado y forraje de maíz. Los efectos de fuentes dietéticas de Zn y Mn en los consumos se muestran en la tabla 2. Los resultados revelan que no hubo diferencias en el consumo de concentrado, forraje de maíz, MS total, FDN, y FAD entre los grupos. Estos indicaron también que las fuentes de Zn y Mn no afectaron el consumo dietético de MS, en correspondencia con el reporte anterior. Wright y Spears (2004) informaron que las fuentes dietéticas de Zn no tuvieron efectos en el consumo de alimentos de terneros Holstein. Weiss y Socha (2005) informaron que el consumo de MS en vacas no fue diferente entre las dietas que diferían en las fuentes de Mn.

Tabla 2. Efectos de fuentes dietéticas de Met, Lis, Zn y Mn en el consumo

Elementos	Tratamientos				S.E.M.	P ^a
	PML	CML	FML	Control		
Consumo, g/d						
Concentrado	255	274	260	265	5.7	NS
Forraje de maíz	272	262	253	270	6.8	NS
MSI total	527	536	513	535	8.6	NS
FND	314	313	302	317	4.1	NS
FAD	150	147	142	150	3.4	NS

^aNS: P > 0.05.

Uso de elementos traza. Los efectos de las fuentes dietéticas de Zn y Mn en el uso de elementos traza en cabras en crecimiento se presentan en la tabla 3. La tasa de absorción aparente de todo el tracto de Zn y Mn FML fue menor que la de PML, CML y control ($P < 0.01$). Los consumos de Zn y Mn y el Zn y Mn fecales en PML, CML y FML fueron mayores que el control ($P < 0.01$). La retención de Zn y Mn en PML y CML fue mayor que el de FML y control ($P < 0.01$).

Los estudios sobre los efectos de fuentes de Zn y Mn en elementos metal son ampliamente reportados. El quelato de Zn incrementó las concentraciones de este metal en el plasma y tejidos de terneros Holstein (Wright y Spears 2004) y la de Zn en el suero de toretes y novillas en crecimiento (Huerta *et al.* 2002). La concentración de Mn en el hígado tendió a ser mayor en vacas que recibieron Mn orgánico vs Mn inorgánico (Ahola *et al.* 2005). La excreción de Zn disminuyó alrededor de 76 % con 300 ppm de Zn orgánico comparado con 2 000 ppm de Zn inorgánico (Buff *et al.* 2005). La metionina fue más efectiva al facilitar la adsorción de Mn que la glicina como ligamento. Aún más, ellos encontraron que el Mn orgánico fue adsorbido

más eficientemente que el inorgánico ($MnSO_4$) y que la adsorción del Mn orgánico con fortalezas moderadas y complejas fue mayor que la del Mn orgánico débil (Ji *et al.* 2006).

Los resultados de este estudio y los reportes anteriores sugieren que el Zn y Mn orgánicos pueden intensificar el uso de Zn y Mn comparados con el Zn y Mn inorgánicos. Hay dos asunciones para los mecanismos de complejos minerales (Ashmead 1993 y Ji *et al.* 2006). Uno es que los minerales traza quelatos se absorben en su forma intacta y los iones metales permanecen protegidos dentro de las estructuras moleculares y ligamentos durante la absorción. La otra es que los ligamentos orgánicos pueden prevenir el efecto dañino de los materiales químicos competitivos tales como fosfato, fitato y otros compuestos que pueden unir iones metales libres y hacer los minerales no disponibles para la absorción. Sin embargo, en estos momentos no hay métodos definidos aprobados para comprobar el complejo enlace de los minerales al ligamento orgánico.

No hubo diferencias en la retención y tasa de absorción aparente de Cu y Fe entre cuatro grupos. Hay una relación competitiva entre los elementos traza, por lo que

Tabla 3. Efecto de fuentes dietéticas de Met, Lis, Zn y Mn en consumo y balance de minerales en cabras en crecimiento

Elementos	Tratamientos				S.E.M.	P
	PML	CML	FML	Control		
Zn						
Consumo, mg/d	22.6 ^a	23.4 ^a	22.2 ^a	17.0 ^b	0.93	**
Heces, g/d	16.9 ^a	17.6 ^a	17.4 ^a	12.7 ^b	0.68	**
Orina, g/d	1.48	1.57	1.55	1.48	0.05	NS
Retención, g/d	4.21 ^a	4.23 ^a	3.25 ^b	2.82 ^c	0.21	**
Tasa de absorción aparente, %	25.2 ^a	24.9 ^a	21.7 ^b	25.2 ^a	0.75	***
Plasma, mg/L	1.24	1.20	1.18	1.25	0.05	NS
Mn						
Consumo, mg/d	24.1 ^a	25.1 ^a	24.0 ^a	14.0 ^b	1.01	***
Heces, g/d	20.3 ^a	21.4 ^a	21.2 ^a	11.6 ^b	0.88	***
Orina, g/d	0.52	0.57	0.57	0.52	0.02	*
Retención, g/d	3.28 ^a	3.13 ^a	2.23 ^b	1.88 ^c	0.13	***
Absorción aparente, %	15.7 ^a	14.8 ^a	11.6 ^b	17.1 ^a	0.53	**
Plasma, mg/mL	12.5	12.3	12.0	12.9	0.48	NS
Cu						
Consumo, mg/d	8.52	8.94	8.58	8.86	0.31	NS
Heces, g/d	7.42	7.78	7.55	7.73	0.18	NS
Orina, g/d	0.47	0.47	0.50	0.49	0.01	NS
Retención, g/d	0.63	0.66	0.53	0.66	0.33	NS
Absorción aparente, %	12.9	12.7	12.0	13.0	3.24	NS
Fe						
Consumo, mg/d	338	341	326	342	8.48	NS
Heces, g/d	248	254	244	253	9.49	NS
Orina, g/d	32.1	35.8	33.4	34.0	1.38	NS
Retención, g/d	57.9	51.2	48.6	55.0	11.5	NS
Absorción aparente, %	26.6	25.5	25.1	26.0	2.85	NS

^{a,b,c} Valores con superíndices diferentes difieren significativamente ($P < 0.05$).

***: $P < 0.001$; **: $P < 0.01$; *: $P < 0.05$; NS: $P > 0.05$.

elevadas dosis de Zn y Mn pueden suprimir la absorción de Cu y Fe (Yang 2000). Quelatos de Zn y Mn con amino ácidos pueden debilitar esta supresión. La dosis de Zn y Mn en PML, CML y FML es mayor que la del grupo control. En teoría, elevadas dosis de Zn y Mn en FML, CML y PML pueden suprimir la tasa de absorción aparente de Cu y Fe, especialmente Zn y Mn inorgánico en FML. Sin embargo, no hubo diferencias en la tasa de absorción aparente de Fe y Cu entre los cuatro grupos. Los resultados de este estudio sugieren que la dosis de Zn y Mn en FML, PML y CML no es suficiente para suprimir la tasa de absorción aparente de Fe y Cu.

Estos resultados también muestran la absorción aparente de todo el tracto de Zn y Mn en PML fue la misma que la de CML.

Los resultados de este estudio muestran que dos tipos de Zn y Mn orgánicos (quelatos o cubiertos) son efectivos al incrementar la absorción aparente y retención de Zn y Mn. No es necesario cubrir los quelatos de Met-Zn y Lis-Mn con los lípidos solo para aumentar la absorción aparente y la retención dietética de Zn y Mn.

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación Nacional China de Ciencias Naturales (No. 30571352) y la Fundación Nacional China de Ciencias Naturales (No. 30600436) por el soporte financiero de este estudio.

Referencias

- AAFCO. 2000. Official Publication Association of American Feed Control Officials, Inc., Oxford, IN
- Ahola, J.K., Baker, D.S., Burns, P.D., Mortimer, R.G., Enns, R.M., Whittier, J.C., Geary, T.W. & Engle, T.E. 2004. Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. *J. Anim. Sci.* 82:375
- Ahola, J.K., Baker, D.S., Burns, P.D., Whittier, J.C. & Eenle, T.E. 2005. Effects of copper, zinc, and manganese source on mineral status, reproduction, immunity, and calf performance in young beef females over a two-year period. *Prof. Anim. Scient.* 21:297
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (17th Ed.). Association Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA
- Ashmead, H.D. 1993. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. In: *The roles of amino acid chelates in animal nutrition*. Noyes Publishers, New Jersey
- Buff, C.E., Bollinger, D.W. Ellersieck, M.R. Brommelsiek, W.A. & Veum, T.L. 2005 Comparison of growth performance and zinc absorption, retention, and excretion in weanling pigs fed diets supplemented with zinc-polysaccharide or zinc oxide. *J. Anim. Sci.* 83:2380
- Huerta, M., Kincaid, R.L., Cronrath, J.D., Busboom, J., Johnson, A.B. & Swenson, C.K. 2002. Interaction of dietary zinc and growth implants on weight gain, carcass traits and zinc in tissues of growing beef steers and heifers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 95:15
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 3, 2010.
- Ji, F., Luo, X.G., Lu, L., Liu, B. & Yu, S.X. 2006. Effect of manganese source on manganese absorption by the intestine of broilers. *Poult. Sci.* 85:1947
- Kessler, J., Morel, I. Dufey, F.A., Gutzwiller, A., Stern, A. & Geyes, H. 2003. Effect of organic zinc sources on performance, zinc status and carcass, meat, and claw quality in fattening bulls. *Livestock Prod. Sci.* 81:171
- Lu, D.X., Zhang, P.Y. & Wang, X.M. 1996. Scientific technology of feeding goat. China Agric. Press
- Spears, J.W. 1996. Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 58:151
- Spears, J.W. & Kegley, E.B. 2002. Effect of zinc source (zinc oxide vs. zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 80:747
- Statistical Analysis Systems Institute. 1996. SAS User's Guide: Basics. SAS Institute Inc., Cary, NC
- Sun, Z.H., Tan, Z.L., Liu, S.M., Tayo, G.O., Lin, B., Teng, B., Tang, S.X., Wang, W.J., Liao, Y.P., Pan, Y.F., Wang, J.R., Zhao, X.G. & Hu, Y. 2007. Effects of dietary methionine and lysine sources on nutrient digestion, nitrogen utilization, and duodenal amino acid flow in growing goats. *J. Anim. Sci.* 85:340
- Tukey, J.W. 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics.* 5:99
- Uchida, K., Mandebvu, P., Ballard, C.S., Sniffen, C.J. & Carter, M.P. 2001. Effect of feeding a combination of zinc, manganese and copper amino acid complexes, and cobalt glucoheptonate on performance of early lactation high producing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 93:193
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583
- Weiss, W.P. & Socha, M.T. 2005. Dietary manganese for dry and lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88:517
- Williams, C.H., David, D.J. & Lismaa, O. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* 59:381
- Wright, C.L. & Spears, J.W. 2004. Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 87:1085
- Yang, F. 2000. Animal nutrition. China Agriculture Press.

Recibido: 3 de febrero de 2009