



Organische Zink-Verbindungen in der Ferkelfütterung

Jürg KESSLER, Alexandre de FARIA und Martin JOST, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux

Übliche Ferkelrationen enthalten im Vergleich zum empfohlenen Angebot zu wenig natives Zink. Dieses muss somit ergänzt werden. Die zu diesem Zweck eingesetzten Verbindungen wie Zinkoxid, Zink-Proteinat und Zink-Polysaccharid unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf Tageszuwachs und Futtermittelverwertung nicht wesentlich. Beurteilt an der Zink-Konzentration in der Leber und im Knochen besteht demgegenüber eine messbare Differenz in der Bioverfügbarkeit.

Das Spurenelement Zink (Zn) ist Bestandteil von über 200 Enzymen. Es beteiligt sich an der Zellteilung und Zelldifferenzierung. Es greift in den Glukose- und Fettstoffwechsel des Schweines ein und steht in enger Beziehung zu zahlreichen Hormonen. Eine Zn-Unterversorgung führt zu verringertem Futterverzehr, Wachstumsstörungen und Skelettdeformationen. Die Keratinisierung der Haut wird beeinträchtigt, und es kommt zur Parakeratose (Eich 1982). Im Zusammenhang mit dem Zn-Mangel wird auch eine reduzierte Immunantwort beschrieben. Im Vergleich zum empfohlenen Zn-Angebot für das Ferkel von 95 mg je kg Futter mit 88 % Trockensubstanz (TS) ist der native Zn-Gehalt von üblichen Ferkelrationen in der Regel nicht bedarfsdeckend. Eine Zn-Ergänzung drängt sich deshalb meistens auf.

Zur Zn-Ergänzung werden mehrheitlich anorganische Zn-Verbindungen wie Zinkoxid oder Zinksulfat eingesetzt. Relativ neu ist demgegenüber der Einsatz von organischen Verbindungen wie Chelaten, Proteinaten und Polysaccharid-Komplexen (Kessler 1995). Diese Verbindungen sollen gemessen an den anorganischen Verbindungen eine höhere Bioverfügbarkeit aufweisen, was jedoch teilweise umstritten ist. So besteht nach den Untersuchungen von Hill *et al.* (1986) beim Ferkel in der Bioverfügbarkeit von Zn-Sulfat und Zn-Methionin kein wesentlicher Unterschied. Die verschiedenen Verfahren zeigten vergleichbare Werte für die Parameter Tageszuwachs, Futtermittelverwertung, Zn-Konzentration im Serum und im Hintermittelfussknochen. Gemessen an analogen Kriterien nimmt nach Wedekind *et al.* (1994) die Bioverfügbarkeit verschiedener Zn-Quellen beim

Ferkel in der Reihenfolge Zn-Sulfat, Zn-Methionin, Zn-Oxid und Zn-Lysin ab. In pharmakologischen Mengen eingesetzt, führte nach Hahn und Baker (1993) Zn-Oxid zu einer geringeren Erhöhung der Zn-Konzentration im Plasma als Zn-Sulfat,

Zn-Lysin und Zn-Methionin. Bei einer Zn-Konzentration in der Ration von 1000 bis 3000 mg/kg war in den Ferkelversuchen von Schell und Kornegay (1996) die Bioverfügbarkeit von Zn-Oxid wesentlich tiefer als die von Zn-Sulfat. Zn-Lysin und Zn-Methionin nahmen eine mittlere Stellung ein.

Aufgrund der noch lückenhaften und recht widersprüchlichen Ergebnisse wurden an der RAP drei Ferkelversuche mit dem Ziel durchgeführt, die Kenntnisse über organische Spurenelement-Verbindungen zu erweitern und zu präzisieren.

Tab. 1. Versuchsanlage

Versuchstiere:	pro Versuch 64 ♀ und ♂ Ferkel der Rasse Edelschwein im Gewichtsbereich 10 bis 40 kg Lebendgewicht
Versuchsdauer:	35 Tage Versuch 1 bzw. 42 Tage Versuche 2 und 3
Haltung:	in Gruppen zu vier Tieren in Flachbatterien
Versuchsanordnung:	vier Verfahren, Blockanordnung, Versuchseinheit Bucht (4 Tiere)
Futter:	Alleinfutter ohne Leistungsförderer Versuch 1 bzw. mit 50 ppm Mecadox Versuche 2 und 3; Medizinalfutter während rund 6 Tagen Versuche 2 und 3 <i>ad libitum</i> an Futterautomaten Versuch 1 bzw. Versuche 2 und 3 vom 1. bis 11. Versuchstag rationiert, nachher <i>ad libitum</i> an Futterautomaten
Fütterung:	Lebendgewicht und Futterverzehr wöchentlich
Versuchsparameter:	Blut: Protein total, Albumin, Hämoglobin, Zink, alkalische Phosphatase, Kupfer, Coeruloplasmin, Glutathion-Peroxidase sowie Immuntest zu Versuchsbeginn und Versuchsende Zn-Konzentration in Leber, Tibia und Klauen

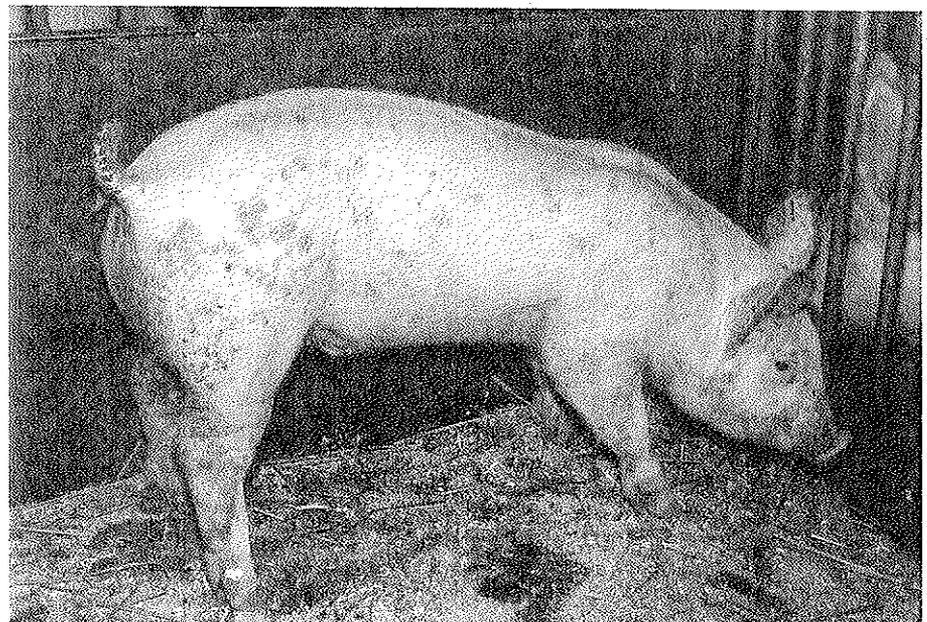


Abb. 1. Durch Zn-Mangel bedingte Hautläsionen (Parakeratose) beim Ferkel (Versuch 3).

Geprüfte Zn-Verbindungen

In drei Versuchen erhielten jeweils 64 ♀ und ♂ Ferkel der Rasse Edelschwein ein Alleinfutter mit unterschiedlicher Zink-Ergänzung vorgelegt. Dabei wurden die Tiere im Alter von vier bis fünf Wochen nach den Kriterien Abstammung, Geschlecht und Lebendgewicht den folgenden vier Verfahren zugeordnet:

Verfahren	Zn-Verbindung und Ø Zn-Ergänzung pro kg Futter (88 % TS)	Analysierte, Ø Zn-Gehalte im Futter (88 % TS)
ZnO	Zn-Oxid: 61 mg	91 mg
ZnPROT	Zn-Oxid: 44 mg; Zn-Proteinat ^{1,2} : 20 mg	92 mg
ZnSACC	Zn-Oxid: 37 mg; Zn-Polysaccharid ^{2,3} : 26 mg	91 mg
KON	Keine Ergänzung	40 mg

¹ BIOPLEX Zn; ALLTECH IRELAND

² SQM Zinc TM; Quali Tech USA

³ Einsatz gemäss Firmenangabe

Das Versuchsfutter setzte sich zur Hauptsache aus Gerste, Mais, Weizen, Soja sowie Rapsextraktionsschrot zusammen. Es hatte einen durchschnittlichen Energiegehalt von 13,6 MJ Verdauliche Energie Schwein (VES), und der mittlere Proteingehalt lag bei 17,2 %. Die Versuchsparameter bildeten der Tageszuwachs und die Futtermittelverwertung. Zusätzlich wurde ein metabolisches Profil erstellt und die Zn-Konzentration von Leber, Tibia und Klauen gemessen. Weitere Einzelheiten zur Versuchsanlage gibt Tabelle 1.

Tiergesundheit, keine gerichteten Differenzen

In Tabelle 2 sind die in den drei Versuchen verzeichneten Abgänge und die während der Versuche durchgeführten veterinärmedizinischen Behandlungen zusammengefasst. Entgegen der Erwartung weist die Kontrolle mit Ausnahme des Versuches 2 die tiefste Anzahl Abgänge auf. Am meisten Abgänge zeigt das Verfahren ZnSACC. Hauptursache der relativ hohen Tierverluste bildet die Kolienterotoxämie (Oedemkrankheit). Die Anzahl mit dem Antibiotikum Baytril behandelte Ferkel ist beim Verfahren ZnSACC am tiefsten. Den höchsten Wert weist das Verfahren mit ZnO auf. Die gleiche Rangfolge gilt für die Anzahl Behandlungstage.

Während in den Versuchen 1 und 2 nur vereinzelte Tiere der Kontrolle Symptome einer Parakeratose zeigen, sind im Ver-

Tab. 2. Tierabgänge und Behandlungen

	ZnO	ZnPROT	ZnSACC	KON	Total
Anzahl Tierabgänge					
Versuch 1	1	3	3	1	8 (13 %) ¹
Versuch 2	2	1	3	2	8 (13 %)
Versuch 3	2	1	1	0	4 (6 %)
Durchfallbehandlungen²					
Anzahl Tiere:					
Versuch 1	14	15	11	15	55 (86 %) ¹
Versuch 2	13	5	9	6	33 (52 %)
Versuch 3	9	9	5	7	30 (47 %)
Anzahl Tage:³					
Versuch 1	18	21	17	26	82
Versuch 2	18	5	13	8	44
Versuch 3	11	12	6	8	37

¹ In % der Versuchstiere

² Baytril

³ Behandelte Tiere mal Behandlungstage

Tab. 3. Gewichtsentwicklung und Tageszuwachs

	ZnO	ZnPROT	ZnSACC	KON	s _x ¹	P ² %	
Lebendgewicht³ in kg							
Versuch 1	Beginn	11,4	11,4	11,1	10,8	0,3	> 15
	Ende	28,9	29,3	30,3	26,5	1,1	> 15
Versuch 2	Beginn	10,4	10,5	10,1	10,3	0,2	> 15
	Ende	31,9	33,5	30,0	29,5	1,3	> 15
Versuch 3	Beginn	9,5	9,4	9,5	9,5	0,1	> 15
	Ende	28,8 ^{a,4}	28,7 ^a	28,7 ^a	23,4 ^b	0,8	< 1
Tageszuwachs³ in g							
Versuch 1	498	511	550	446	30	> 15	
Versuch 2	511	547	474	458	27	> 15	
Versuch 3	459 ^a	459 ^a	457 ^a	332 ^b	18	< 1	

¹ Standardabweichung der Mittelwerte

² Irrtumswahrscheinlichkeit

³ Für Auswertung berücksichtigte Anzahl Buchten (Tiere) pro Verfahren: Versuch 1 und 2 N=3 (12); Serie 3 N=4 (16)

⁴ Mittelwerte einer Zeile mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden (P < 5 %)

Tab. 4. Futterverzehr und Futterverwertung

	ZnO	ZnPROT	ZnSACC	KON	s _x ¹	P ² %
Futterverzehr³ in kg/Tier und Tag						
Versuch 1	0,791	0,797	0,829	0,758	0,036	> 15
Versuch 2	0,800	0,863	0,720	0,746	0,047	> 15
Versuch 3	0,753	0,736	0,722	0,636	0,026	> 15
Futterverwertung³ in kg/kg⁴						
Versuch 1	1,59 ^{ab,5}	1,54 ^a	1,51 ^a	1,70 ^b	0,04	4
Versuch 2	1,57	1,58	1,53	1,63	0,30	> 15
Versuch 3	1,64 ^a	1,60 ^a	1,58 ^a	1,93 ^b	0,05	< 1

¹ Standardabweichung der Mittelwerte

² Irrtumswahrscheinlichkeit

³ Für Auswertung berücksichtigte Anzahl Buchten (Tiere) pro Verfahren: Versuche 1 und 2 N=3 (12); Versuch 3 N=4 (16)

⁴ kg Futter je kg Zuwachs

⁵ Mittelwerte einer Zeile mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden (P < 5 %)

sich 3 bei der Mehrheit der Kontrolltiere solche Symptome (Abb. 1) zu beobachten.

Gewichtsentwicklung, Kontrolle im Rückstand

Zwischen den drei Verfahren mit Zn-Ergänzung besteht in keinem Versuch ein statistisch wesentlicher Unterschied im

Tageszuwachs und in der Futterverwertung (Tab. 3). Deutlich schlechtere Ergebnisse weisen die Ferkel ohne Zn-Ergänzung auf. Allen Versuchen gemeinsam ist die relativ grosse Streuung. Diese dürfte eine Folge der aufgetretenen Gesundheitsprobleme sein. Bei den Versuchen 2 und 3 könnte zudem die zu Versuchsbeginn rationierte Fütterung einen Einfluss aus-



Bioverfügbarkeit:	Ausmass, in dem ein aus einer bestimmten Quelle absorbiertes Mineralstoff im tierischen Stoffwechsel verwertet werden kann (Ammerman <i>et al.</i> 1995)
Coeruloplasmin:	Kupferhaltiges Enzym
Glutathion-Peroxidase:	Selenhaltiges Enzym
Immunantwort:	Aktivierung der dem Körper zur Verfügung stehenden Abwehrmechanismen gegenüber Krankheitsregenern
Keratinisierung:	Bildung von Hornsubstanz (Keratine) in der Oberhaut
Parakeratose:	Durch Zinkmangel ausgelöste Verhornungsstörung, die zu harten, trockenen Krusten an der Körperoberfläche führt (Gliedmassen, Schwanz, Ohren, Rüssel, usw.)

üben. Zwischen den drei Versuchen sind keine gerichteten Differenzen zu beobachten.

Futtermittelverzehr, chemische Verbindung ohne Einfluss

Der Futtermittelverzehr in den ersten vierzehn Versuchstagen variiert zwischen den vier Verfahren der drei Versuche nur unwesentlich. Erst ab dem vierzehnten Versuchstag zeichnet sich für die Kontrolle ohne Zn-Ergänzung eine Abnahme des Futtermittelverzehrs ab. Über die ganze Versuchsdauer hinweg findet sich jedoch zwischen den verschiedenen Verfahren kein statistisch signifikanter Unterschied. Während zwischen den Ferkeln der Verfahren ZnO, ZnPROT und ZnSACC in der Futtermittelverwertung in keinem Versuch eine wesentliche Differenz besteht, weisen die Kontrolltiere in den Versuchen 1 und 3 eine signifikant schlechtere Futtermittelverwertung auf (Tab. 4).

Zn in Leber und Tibia, messbare Unterschiede

Die Zn-Konzentration sowie die Aktivität des Zn-haltigen Enzyms alkalische Phosphatase (AP) im Blutplasma nehmen im Zeitraum Versuchsbeginn bis Versuchsende in allen Verfahren und in allen drei

Versuchen ab. Die bei Versuchsende gemessenen Werte der Verfahren mit Zn-Ergänzung unterscheiden sich dabei nicht signifikant und entsprechen dem Referenzwert gemäss Swinkels *et al.* (1994). Deutlich tiefere, auf einen Zn-Mangel hinweisende Zn-Konzentrationen und AP-Aktivitäten sind demgegenüber bei den Kontrolltieren zu beobachten (Abb. 2). In den Blutparametern Protein total, Albumin, Hämoglobin, Kupfer, Coeruloplasmin und Glutathion-Peroxidase bestehen zwischen den Verfahren ZnO, ZnPROT und ZnSACC keine wesentlichen Differenzen. Die Kontrolltiere weisen demgegenüber zu Versuchsende erhöhte Aktivitäten an Coeruloplasmin und Glutathion-Peroxidase auf.

In der Zn-Konzentration der Leber und der Tibia bestehen zwischen den verschiedenen Verfahren messbare Unterschiede. Bei beiden Parametern nehmen die Konzentrationen in der Reihenfolge KON, ZnO, ZnPROT und ZnSACC zu (Tab. 5). Die Zn-Lebergehalte liegen unter den Referenzwerten gemäss Swinkels *et al.* (1994). Die Tibiawerte entsprechen diesen weitgehend. Die nur im Versuch 3 analysierten Zn-Konzentrationen in den linken Vorderklauen sind für die Verfahren mit Zn-Ergänzung vergleichbar. Um ein Drittel tiefere Werte zeigen die Klauen der Kontrollferkel.

Der zu Beginn und am Ende des Versuches 3 durchgeführte Test zur Erfassung der Immunglobuline (Antikörper) ergibt für die drei Verfahren mit Zn-Ergänzung vergleichbare Daten. Die Kontrolltiere hingegen weisen, vermutlich bedingt durch die durch den Zn-Mangel ausgelösten Hautläsionen (Parakeratose), in der Tendenz höhere Konzentrationen auf (P = 10 %).

Abschliessende Beurteilung

Unter den vorliegenden Versuchsbedingungen beeinflussen die organischen Zn-Verbindungen Zn-Proteinat und Zn-Polysaccharid gemessen am anorganischen Zn-Oxid den Tageszuwachs und die Futtermittelverwertung der Ferkel nicht signifikant. Dieses Ergebnis deckt sich mit den wenigen, zu diesem Thema publizierten Ferkelversuchen mit bedarfsgerechter Zn-Versorgung (Kornegay und Thomas 1975; Hill *et al.* 1986; Swinkels *et al.* 1992). Eine teilweise Verbesserung der Leistungsparameter Tageszuwachs und Futtermittelverwertung durch organische Zn-Verbindungen wird nur bei Versuchen mit einer pharmakologischen Zn-Zufuhr (1000 - 3000 mg Zn/kg Futter) beschrieben (Ward *et al.* 1996).

Beurteilt an den Zn-Konzentrationen in den den Zn-Status wiedergebenden Organen und Geweben Leber und Tibia weisen die organischen Verbindungen Zn-Proteinat und Zn-Polysaccharid im Vergleich zum anorganischen Zn-Oxid eine bessere Bioverfügbarkeit auf. Ein höherer Zn-Konzentration im Speicherorgan Leber kann beispielsweise bei einem kurzfristig gesteigerten Zn-Bedarf des Tieres von Nutzen sein. Bei der Beurteilung der aufgezeigten Unterschiede in der Bioverfügbarkeit gilt es jedoch zu beachten, dass letztere von Grössen wie dem Tier (Zn-Status) und der Ration (Gehalt der Ration an Protein, Kalzium, Phytase usw.) beein-

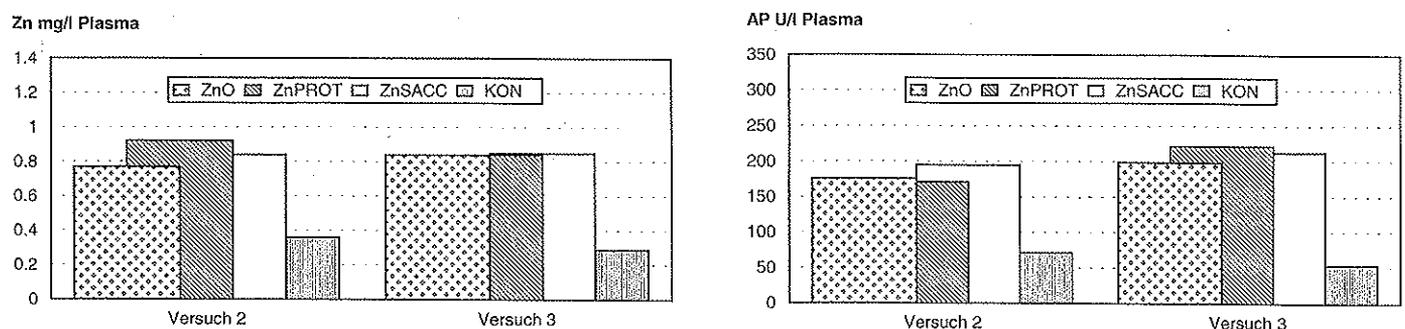


Abb. 2. Zn-Konzentration und Aktivität der alkalischen Phosphatase (AP) im Blutplasma bei Versuchsende (Versuche 2 und 3).

Tab. 5. Zn-Konzentration in Leber, Tibia und Vorderklaue

		ZnO	ZnPROT	ZnSACC	KON
Leber¹					
Versuch 2	Zn mg/kg TS	96 ± 9	99 ± 13	135 ± 17	81 ± 9 ³
Versuch 3	Zn mg/kg TS	88 ± 3	93 ± 7	101 ± 4	65 ± 12
Durchschnitt	%	100	104	128	-
Tibia¹					
Versuch 2	Zn mg/kg TS	89 ± 2	98 ± 6	115 ± 13	50 ± 7
Versuch 3	Zn mg/kg TS	79 ± 2	88 ± 7	101 ± 4	44 ± 1
Durchschnitt	%	100	111	129	-
Klaue¹					
Versuch 3	Zn mg/kg RA ²	7,6 ± 0,2 ³	9,3 ± 1,7	8,0 ± 1,3	5,1 ± 0,2
	%	100	122	105	-

¹ Anzahl Proben pro Verfahren (N): 3

² RA: Rohasche

³ N: 2

flusst wird. Somit können besonders bei Rationen, die sich deutlich von der in den drei Versuchen eingesetzten Ration unterscheiden, Abweichungen zu den vorliegenden Ergebnissen auftreten.

LITERATUR

Ammerman C.B., Baker D.H. and Lewis A.J., 1995. Bioavailability of nutrients for animals. Academic Press, San Diego, 441 p.

Eich K.-O., 1982. Handbuch Schweine Krankheiten. Verlag Hermann Kamlage, Osnabrück. 289 S.

Hahn J.D. and Baker D.H., 1993. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. *J. Anim. Sci.* 71, 3020-3024.

Hill D.A., Peo E.R. Jr., Lewis A.J. and Crenshaw J.D., 1986. Zinc-amino acid complexes for swine. *J. Anim. Sci.* 63, 121-130.

Kessler J., 1995. Organische Spurenelement-Verbindungen im Kommen. *Agrarforschung* 2 (4), 149-152.

Kornegay E.T. and Thomas H.R., 1975. Zinc-protein supplement studied. *Hog Farm Management*. 50-52.

Schell T.C. and Kornegay E.T., 1996. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological levels of zinc from ZnO, Zn-Methionine, Zn-Lysine, or ZnSO₄. *J. Anim. Sci.* 74, 1584-1593.

Swinkels J.W.G.M., Kornegay E.T., Lindemann M.D. and Webb K.E. Jr., 1992. Availability of zinc from an amino acid chelate for zinc depleted pigs. Animal Science Research Report No. 10, Virginia Agricultural Experiment Station. 35-37.

Swinkels J.W.G.M., Kornegay E.T. and Versteegen M.W.A., 1994. Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates. *Nutr. Res. Rev.* 7, 129-149.

Ward T.L., Asche G.L., Louis G.F. and Pollmann D.S., 1996. Zinc-methionine improves growth performance of starter pigs. *J. Anim. Sci.* 74 (Suppl. 1), 182.

Wedekind K.J., Lewis A.J., Giesemann M.A. and Miller P.S., 1994. Bioavailability of zinc from inor-

ganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.* 72, 2681-2689.

SUMMARY

The effect of zinc proteinate and zinc polysaccharide on performance and zinc metabolism in piglets

In three trials with each time 64 ♀ and ♂ piglets of the Large White breed, a complete feed diet containing barley, corn, wheat, soy-bean meal and rapeseed meal with varying zinc (Zn) supplementations was offered. The following Zn compounds and average Zn supplementation per kg of feed (88 % DM) were chosen for the four treatments: ZnO: 61 mg of Zn oxide; ZnPROT: 44 mg of Zn oxide and 20 mg of Zn proteinate¹; ZnSACC: 37 mg of Zn oxide and 26 mg of Zn polysaccharide² and CON: no Zn supplementation. The mean Zn concentration in the initial feed mixture was 40 mg per kg of feed. The experimental period comprised the weight range 10 - 40 kg. In addition to growth rate and feed conversion ratio, the Zn concentrations of liver, tibia and claws were measured and a metabolic profile was made.

The Zn sources ZnO, ZnPROT, ZnSACC did not result in significantly different growth rates or feed conversion ratios. On the other hand, control animals always had inferior levels of performance. The metabolic profile (total protein, albumin, hemoglobin, zinc, alkaline phosphatase, copper, ceruloplasmin) did not differ between treatments with supplemental zinc. Blood values for zinc and activity of alkaline phosphatase are distinctly lower in control animals and among these animals, several cases of parakeratosis were observed. The Zn concentration in the liver increases in the following order: CON (79 %), ZnO (100 %), ZnPROT (104 %) and ZnSACC (128 %). The Zn concentration in the tibia evolves in an analogous way. The corresponding values in % are 56, 100, 111 and 129.

KEY WORDS: piglets, performance, Zn metabolism, Zn proteinate, Zn polysaccharide

¹ BIOPLEX Zn; ALLTECH IRELAND

² SQM Zinc TM; Quali Tech USA

RÉSUMÉ

Influence chez le porcelet du protéinate et du polysaccharide de zinc sur les performances et le métabolisme du zinc

Au cours de trois essais réunissant chacun 64 porcelets ♀ et ♂ de la race Grand Porc Blanc, un aliment complet composé d'orge, de maïs, de blé ainsi que de tourteaux d'extraction de soja et de colza avec différentes complémentations de zinc (Zn) a été distribué. Les combinaisons de Zn et la complémentations moyenne de Zn utilisées par kg d'aliment à 88 % de matière sèche pour les quatre variantes expérimentales étaient les suivantes: ZnO: 61 mg d'oxyde de Zn; ZnPROT: 44 mg d'oxyde de Zn et 20 mg de protéinate de Zn¹; ZnSACC: 37 mg d'oxyde de Zn et 26 mg de polysaccharide de Zn²; CON: aucune complémentations de Zn. La teneur native en Zn du mélange de base s'élevait en moyenne à 40 mg par kg d'aliment. L'essai s'est déroulé sur la période de poids entre 10 et 40 kg PV. Le gain journalier et l'indice de consommation ont servi de paramètres expérimentaux. De plus, un profil métabolique a été réalisé et la concentration en Zn du foie, du tibia et de l'onglon a été évaluée.

En ce que concerne le gain journalier et l'indice de consommation aucune différence significative n'a été relevée entre les trois variantes expérimentales ZnO, ZnPROT et ZnSACC. En revanche, les porcelets du groupe de contrôle ont fourni de moins bons résultats. Pour le profil métabolique (protéines totales, albumine, hémoglobine, zinc, phosphatase alcaline, cuivre, céruloplasmine), les variantes avec complément de zinc n'ont pas présenté de différences significatives entre elles. Les animaux de contrôle avaient des valeurs nettement inférieures pour la concentration en zinc et pour l'activité de la phosphatase alcaline du sang. On a également observé plusieurs cas de parakératose dans le groupe de contrôle. La concentration en zinc du foie a augmenté selon les variantes dans l'ordre suivant: CON (79 %), ZnO (100 %), ZnPROT (104 %) et ZnSACC (128 %). L'ordre des variantes était le même pour les concentrations en Zn dans le tibia. Les valeurs correspondantes exprimées en % s'élevaient à 56, 100, 111 et 129.

¹ BIOPLEX Zn; ALLTECH IRELAND

² SQM Zinc TM; Quali Tech USA