



Organische Spurenelement-Verbindungen im Kommen

Jürg KESSLER, Eidgenössische Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion (FAG), CH-1725 Posieux

Die altbekannten anorganischen Spurenelement-Verbindungen wie Zinkoxid, Manganoxid, Kupfersulfat und weitere mehr bekommen Konkurrenz. An Bedeutung gewinnen die organischen Verbindungen. Doch was sind organische Spurenelement-Verbindungen? Wie werden sie vom Tier verwertet? Welchen Einfluss haben sie auf Leistung und Gesundheit des Tieres?

Die Spurenelemente sind für das landwirtschaftliche Nutztier lebensnotwendig. Sie beeinflussen das Wachstum, die Fortpflanzung und bilden einen wichtigen Baustein des Blutes. Sie beteiligen sich an der Ausbildung und Erneuerung von Haut- und Haarzellen und spielen eine wichtige Rolle bei der Infektionsabwehr. Sollen die Spurenelemente ihre Aufgaben korrekt erfüllen, müssen sie dem Tier regelmässig in bedarfsdeckender Menge zugeführt werden. Dies geschieht primär über den natürlichen Spurenelementgehalt der Futtermittel. Reicht das Angebot nicht aus, so gilt es, das Manko über mineralstoffhaltige Kraftfutter oder Mineral-salzmischungen auszugleichen. Die in diesen Produkten enthaltenen Spurenelemente können chemisch gesehen als anorganische oder organische Verbindung vorliegen.

Spurenelemente aus chemischer Sicht

Aus chemischer Sicht können die anorganischen und organischen Verbindungen von Spurenelementen vereinfacht wie folgt definiert werden:

Anorganische Spurenelement-Verbindungen: Spurenelement-Verbindungen, die *keinen Kohlenstoff (C)* enthalten sowie *Carbonat-Verbindungen (CO₃)*

Organische Spurenelement-Verbindungen: Spurenelement-Verbindungen, die *Kohlenstoff (C)* enthalten mit Ausnahme der Carbonat-Verbindungen (CO₃)

Zu den anorganischen Spurenelement-Verbindungen zählen beispielsweise die Sulfate, Oxide und Carbonate von Eisen, Kupfer, Mangan, Zink und Kobalt. Im weiteren sind Verbindungen wie Natriumselenit und Kalziumjodat zu nennen. Alle diese Produkte werden schon seit langer Zeit in der Fütterung eingesetzt.

Relativ neu ist demgegenüber die Verwendung von organischen Spurenelement-Verbindungen. In Anlehnung an die amerikanische Futtermittelkontrollbehör-

de lassen sich diese vereinfacht in vier Gruppen (Tab. 1) unterteilen: Spurenelement-Aminosäure-Komplexe, Spurenelement-Aminosäure-Chelate, Spurenelement-Proteinate und Spurenelement-Polysaccharid-Komplexe.

Beispiele von organischen Spurenelement-Verbindungen sind Zink-Methionin, Zink-Chelate, Zink-Proteinate sowie «sequestered» Zink. Anstelle von Zink können die Verbindungen auch die Spurenelemente Eisen, Kupfer, Mangan oder Kobalt enthalten.

Eigenheiten der neuen Verbindungen

Mit dem Futter aufgenommene anorganische Spurenelement-Verbindungen wie

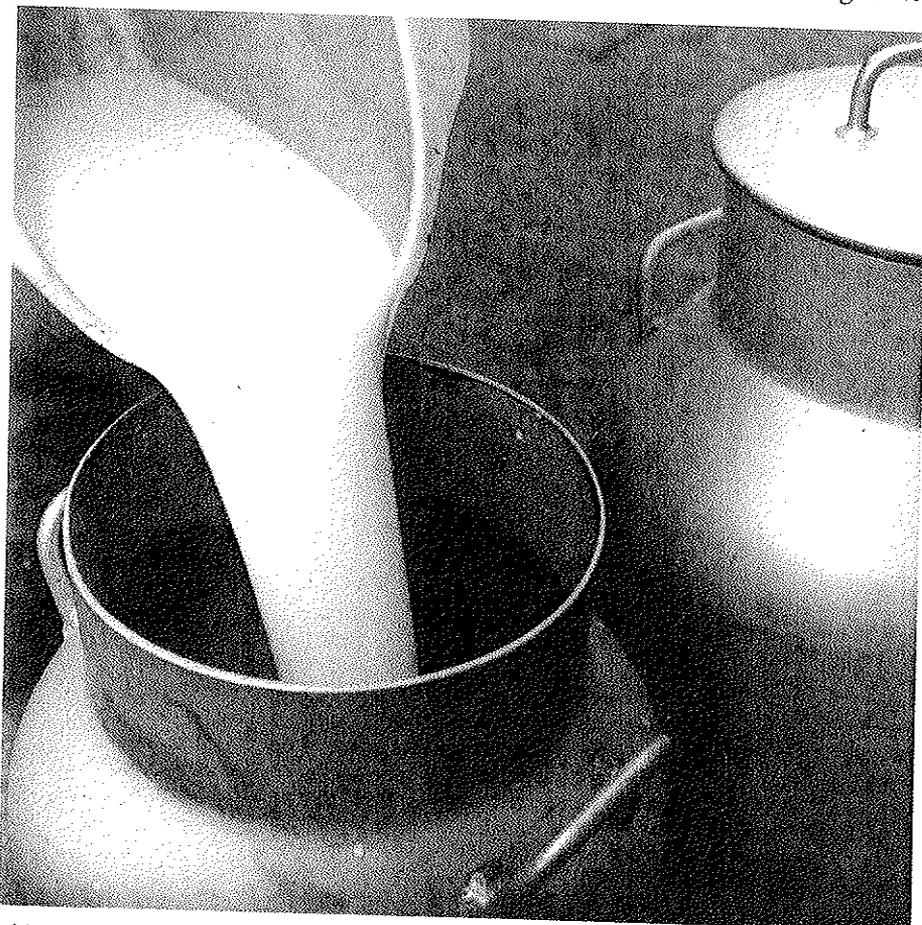


Abb. 1. Organische Spurenelement-Verbindungen beim Wiederkäuer: tiefere Zellgehalte in der Milch? (Foto: M. Duprex, Posieux)

Zinkoxid, Kupfersulfat usw. werden in einem ersten Schritt im Verdauungstrakt des Tieres ionisiert. Danach gehen sie mit verschiedenen Stoffen wie Aminosäuren, Peptiden, Kohlenhydraten und Fetten eine neue Verbindung ein. In Form dieser oder weiter veränderter Verbindungen passiert ein Teil der Spurenelemente die Darmwand und gelangt über das Blut zu den Zielorganen wie beispielsweise Knochen, Leber, Eierstock und Klauen. Ein grosser Teil der mit dem Futter aufgenommenen anorganischen Spurenelemente wird jedoch nicht verwertet und verlässt das Tier ungenutzt über Kot und Harn.

Im Gegensatz zu den anorganischen werden die organischen Spurenelement-Verbindungen nach den heutigen Erkenntnissen im Verdauungstrakt nicht oder nur teilweise abgebaut. Sie gelangen somit mehr oder weniger direkt über den Darm ins Blut und erreichen in einer optimal verwertbaren Form die Zielorgane. Das heisst, ihre sogenannte Bioverfügbarkeit ist im Vergleich zu den anorganischen Spurenelementquellen höher, was sich positiv auf Leistung und Gesundheit des Tieres auswirken soll. Im weiteren soll dank der besseren Verwertung das Angebot an Spurenelementen reduziert und die Umweltbelastung verringert werden können. Organische Verbindungen von Spurenelementen in Mineralstoff-Vitaminmischungen sollen sich zudem gegenüber anderen Inhaltsstoffen wie beispielsweise fettlöslichen Vitaminen weniger aggressiv verhalten. Verschiedene Hersteller von organischen Spurenelement-Verbindungen weisen darauf hin, dass ihre Produkte dann am besten wirken, wenn diese einen bestimmten Anteil an der gesamttaft zugeführten Spurenelementmenge ausmachen. Je nach Produkt und Tierart liegt dieser Anteil bei 25 - 70 %.

Erfahrungen beim Schwein

Eisen: Nach Maugenet (1994) wird durch die Verfütterung von Eisen(Fe)-Chelat im Vergleich zu Fe-Sulfat die Hämoglobinkonzentration im Blut von Ferkeln erhöht. Bei der Muttersau sollen organische Fe-Quellen sich positiv auf den Fe-Gehalt der Milch sowie auf die Fruchtbarkeit (Konzeptionsrate, Wurfzahl, Anzahl lebendgeborene Ferkel) auswirken.

Kupfer: Über den Einsatz von Kupfer (Cu)-Chelaten und Cu-Lysin liegen Untersuchungen beim Ferkel und Mast-

Tab. 1. Einteilung der organischen Spurenelement-Verbindungen (in Anlehnung an die amerikanische Futtermittelbehörde)

Spurenelement-Aminosäure-Komplex:

Produkt der Komplexbildung einer oder mehrerer Aminosäuren mit einem löslichen Spurenelementsalz

Spurenelement-Aminosäure-Chelat (siehe Abb. 2):

Spezieller Spurenelement-Aminosäure-Komplex; Produkt aus der Reaktion eines Metallions aus einem löslichen Spurenelementsalz mit zwei bis drei Molekülen Aminosäuren

Spurenelement-Proteinat:

Produkt der Chelatbildung eines löslichen Spurenelementsalzes mit Aminosäuren oder Peptiden

Spurenelement-Polysaccharid-Komplex («Sequestered» Spurenelemente):

Produkt der Verknüpfung eines Spurenelementes mit Polysacchariden (Zellulose, Stärke)

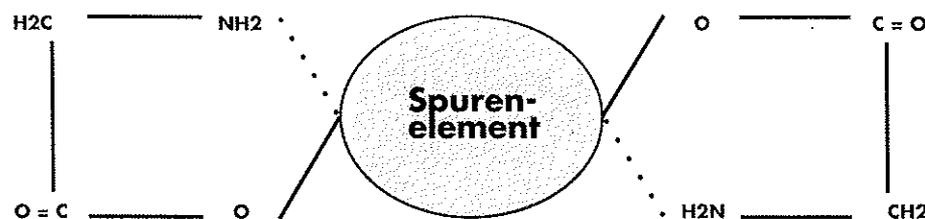


Abb. 2. Beispiel eines Spurenelement-Chelates.

schwein vor. Dabei geht es hauptsächlich um die wachstumsfördernde Wirkung von Cu und weniger um die eigentliche Cu-Versorgung. Nach Stansbury *et al.* (1990) unterschieden sich Ferkel und Mast Schweine, die Cu-Chelat beziehungsweise Cu-Sulfat in wachstumsfördernden Mengen vorgelegt erhielten, im täglichen Zuwachs nicht wesentlich. Demgegenüber beobachteten Coffey *et al.* (1994) beim Einsatz von Cu-Lysin im Vergleich zu Cu-Sulfat beim Ferkel höhere Tageszunahmen und, eine bessere Futterverwertung. Gleichzeitig wiesen die Tiere mit Cu-Lysin geringere Cu-Gehalte in der Leber auf.

Tab. 2. Mögliche Vorteile eines Einsatzes von organischen Spurenelement-Verbindungen beim Schwein

Bessere Bioverfügbarkeit



- ☒ Reduktion des empfohlenen Spurenelementangebotes
- ☒ Höhere Tageszunahmen und bessere Futterverwertung
- ☒ Verbesserte Eisenversorgung des Ferkels
- ☒ Erhöhte Fruchtbarkeit (Konzeptionsrate, Anzahl Würfe usw.)
- ☒ Weniger Rückenspeck

Mangan: Weniger Rückenspeck ist nach Untersuchungen des Futtermittelkonzerns Bibby (UK) das Ergebnis der Verfütterung eines Mangan(Mn)-Chelates beim Mast Schwein. Ein Resultat, das sich jedoch in den Versuchen von Kats *et al.* (1994) nicht bestätigte. Übereinstimmend war demgegenüber die fehlende Wirkung der Manganzulage auf Tageszunahme und Futterverbrauch.

Zink: Keine Überlegenheit eines Zink(Zn)-Methionin- und Zn-Lysin-Komplexes in bezug auf die Bioverfügbarkeit zeigten die Untersuchungen von Wedekind *et al.* (1994) beim Ferkel. So nimmt nach diesen Untersuchungen die Bioverfügbarkeit in der Reihenfolge Zn-Sulfat, Zn-Methionin, Zn-Oxid und Zn-Lysin ab. Nach anderen Angaben soll die Bioverfügbarkeit von Verbindungen wie Zn-Lysin und Zn-Methionin deutlich besser sein. Damit sollen die extremen Zn-Gehalte im Futter von frischabgesetzten Ferkeln (2000 mg/kg und mehr), die der Vorbeugung von *Escherichia coli*-Durchfall dienen, reduziert werden können, ohne an prophylaktischer Wirkung einzubüssen.

Mischungen: Eine Mischung von organischen Spurenelement-Verbindungen (Cu-, Mn- und Zn-Proteinat) setzte Miranda (1993) bei Zuchtsauen mit geringer Fruchtbarkeit ein. Im Vergleich zu den Tieren mit anorganischen Spurenelementquellen im Futter verbesserte sich die Fruchtbarkeit.

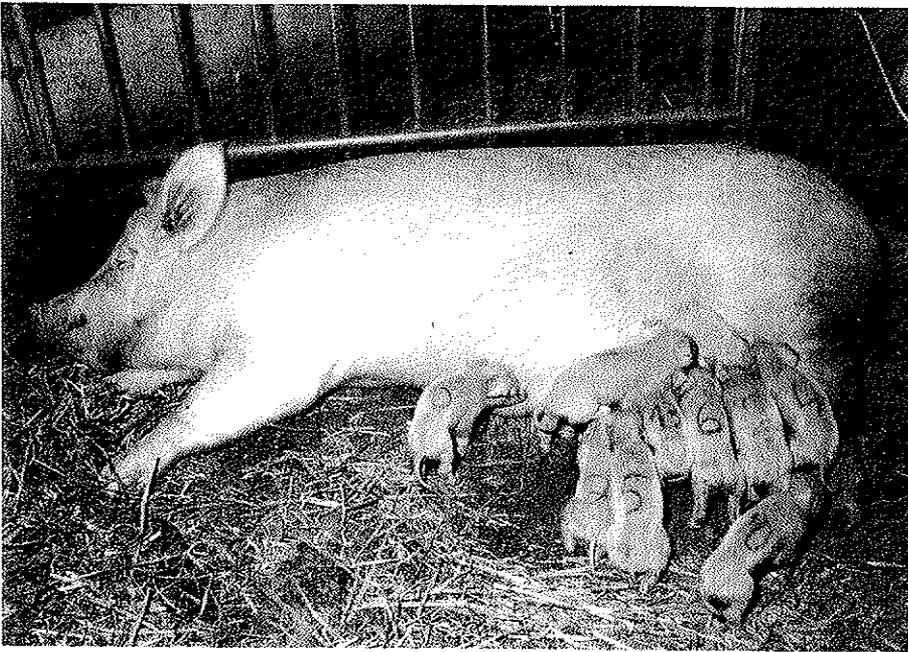


Abb. 3. Organische Spurenelement-Verbindungen beim Schwein: mehr Ferkel pro Muttersau?

Fasst man die verschiedenen Versuche und Beobachtungen zusammen, so werden den organischen Spurenelement-Verbindungen die in Tabelle 2 aufgeführten möglichen Vorteile beim Schwein zugeschrieben.

Erfahrungen beim Wiederkäuer

Eisen: Bedingt durch die relativ geringe Bedeutung des Eisens in der täglichen Wiederkäuerfütterung (Ausnahme Kalb) wird der Einsatz von organischem Fe kaum diskutiert.

Kupfer: Mehr Beachtung finden demgegenüber die organischen Kupfer-Verbindungen. Dabei geht es in den meisten Versuchen um die Cu-Versorgung des Wiederkäuers bei Rationen mit einem hohen natürlichen Gehalt an Molybdän (Mo) und der damit verbundenen Gefahr eines sekundären Cu-Mangels. Ein Problem, das in der Schweiz aufgrund des mehrheitlich tiefen Mo-Gehaltes üblicher Futtermittel für Wiederkäuer nur eine begrenzte Bedeutung hat. Die verschiedenen Versuche mit organischen Cu-Quellen beim wachsenden Wiederkäuer sind widersprüchlich. So berichten Kincaid *et al.* (1986) bei der Verfütterung von Cu-Proteinat an Kälber von höheren Cu-Blutwerten und Cu-Gehalten in der Leber. Im Gegensatz dazu konnten Kegley und Spears (1994) bei wachsenden Rindern

keine Unterschiede beobachten. Ward *et al.* (1994) folgern aus ihren Arbeiten, dass wesentliche Unterschiede in der Bioverfügbarkeit zwischen anorganischen und organischen Cu-Quellen nur bei einem hohen Gehalt der Ration an Molybdän auftreten. Nach Wittenberg *et al.* (1990) werden der Tageszuwachs und die Futterverwertung von Ochsen durch die Verfütterung von Cu-Proteinat im Vergleich zu Cu-Sulfat nicht beeinflusst.

Zink: Das Hauptinteresse im Zusammenhang mit organischen Spurenelement-Verbindungen kommt beim Wiederkäuer dem Zink zu. Die Verfütterung von Zn-Methionin im Vergleich zu Zn-Oxid (Spears 1989) erhöhte beim Lamm mit vorausgehendem Zn-Mangel die Zn-Retention. Kein Unterschied war jedoch dann zu verzeichnen, wenn die Tiere vor dem Versuch ausreichend mit Zn versorgt waren. Rojas *et al.* (1994) vertreten die Meinung, dass bei bedarfsgerechter im Vergleich zu knapper oder extrem hoher Zn-Versorgung der Bioverfügbarkeit der Zn-Quelle eine geringere Bedeutung zukommt. Nach Untersuchungen von Spears (1989) bei Aufzuchtrindern verbesserte Zn-Methionin im Vergleich zu Zn-Oxid bei bedarfsgerechter Zn-Vorlage den Tageszuwachs sowie die Futterverwertung. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den Resultaten von Green *et al.* (1988), die bei einer über dem Bedarf liegenden Zn-Vorlage lediglich eine verbesserte Schlachtkörperqualität bei den Tieren mit

Zn-Methionin beobachteten. Keine verbesserte Schlachtqualität unter ähnlichen Versuchsbedingungen beschreiben jedoch Rust *et al.* (1993). Über einen positiven Effekt von Zn-Proteinat im Vergleich zu Zn-Sulfat auf die Klauenqualität von Rindern berichten Reiling *et al.* (1993). Wurde neben dem Zn-Proteinat auch Cu-Proteinat verfüttert, war die Klauenqualität zwischen den beiden Zn-Quellen vergleichbar. Nach Untersuchungen von Herrick (1989) und Kincaid *et al.* (1984) führt der Austausch von anorganisch gebundenem Zn durch Zn-Methionin bei der Milchkuh zu einer Reduktion des Gehaltes der Milch an somatischen Zellen und zu einer erhöhten Milchproduktion. Vergleichbare Gehalte an somatischen Zellen fanden hingegen Hatfield *et al.* (1993) bei Schafen ohne Zn-Ergänzung beziehungsweise mit einer Zn-Proteinat-Ergänzung.

Mangan: Unterschiedlich waren die Ergebnisse mit Mangan-Methionin beim wachsenden Wiederkäuer. So wurde in einem ersten Versuch die Tageszunahme positiv beeinflusst, während in einem zweiten Versuch kein Unterschied auftrat (Spears unveröffentlicht).

Mischungen: Versuche mit Mischungen von organischen Spurenelement-Verbindungen liegen nur vereinzelt vor. Bei der Milchkuh sollen sie die Eierstockaktivität steigern und chronischen Uterusinfektionen vorbeugen. Auch wird eine verbesserte Konzeptionsrate beschrieben (O'Donoghue und Boland 1995). Von etwas stabileren somatischen Zellzahlen berichten Van Horn *et al.* (1993) aus einer Feldstudie mit Milchkühen. In der gleichen Studie wurde jedoch die Milchleistung und die Häufigkeit von Lahmheiten durch das Proteinat-Gemisch nicht beeinflusst. In den Versuchen von Jacques und Newman (1993) mit Kälbern verbesserte ein Gemisch von Cu-, Zn- und Mn-Proteinat den Tageszuwachs. Nicht wesentlich waren die Unterschiede bei den Enzymen Superoxid-Dismutase, Katalase und Glutathion-Peroxidase. Nach McCraw *et al.* (1994) verbesserte ein Proteinat-Gemisch im Vergleich zu einer Mischung mit anorganischen Spurenelement-Verbindungen den Tageszuwachs von weidenden Ochsen nicht.

Die möglichen Vorteile eines Einsatzes von organischen Spurenelement-Verbindungen beim Wiederkäuer sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3. Mögliche Vorteile eines Einsatzes von organischen Spurenelement-Verbindungen beim Wiederkäuer

Bessere Bioverfügbarkeit



- Höhere Tageszunahmen und verbesserte Futtermittelverwertung
- Gesteigerte Milchleistung
- Reduzierter Gehalt an somatischen Zellen in der Milch
- Erhöhte Fruchtbarkeit (Eierstockaktivität erhöht, Uterusinfektionen vermindert)
- Robustere Klauen
- Bessere Schlachtkörperqualität

Begrenztes Wissen und offene Fragen

Wie die Zusammenstellung von Versuchen mit organischen Spurenelementquellen aufzeigt, gibt es zu diesem Thema noch zahlreiche offene Fragen. Auf einige soll im folgenden hingewiesen werden:

Organisch nicht gleich organisch: Wie einleitend aufgezeigt, gibt es verschiedene Formen von organischen Spurenelement-Verbindungen, die sich in ihrer Wirkung am Tier unterscheiden. Die Kenntnisse darüber sind jedoch noch lückenhaft. So fehlen beispielsweise noch weitgehend Daten über die Stabilität der einzelnen Verbindungen im Verdauungstrakt sowie deren Verfügbarkeit auf Ebene Blut und Zielorganen.

Höhere biologische Verfügbarkeit: Die Bedingungen, unter welchen organische Spurenelement-Verbindungen eine höhere biologische Verfügbarkeit aufweisen als herkömmliche Spurenelementquellen, sind nur unzureichend bekannt. Insbesondere gilt es, den Einfluss von Größen wie Tierart, vorausgehende oder aktuelle Versorgungslage, Ration und deren Inhaltsstoffe sowie anvisiertes Zielorgan zu präzisieren. Auffallend ist, dass beispielsweise beim Wiederkäuer kaum Versuche mit rauhfutterreichen Rationen vorliegen. Rationen, die schon von Natur aus einen hohen Anteil an organischen Spurenelement-Verbindungen aufweisen.

Organische und/oder anorganische Spurenelement-Verbindungen: Nur

lückenhaft sind die Informationen darüber, ob das Tier nur mit organischen Verbindungen von Spurenelementen auskommt oder ob nicht auch ein gewisser Bedarf an anorganischen Verbindungen besteht. Denken wir hier beispielsweise an die Spurenelementversorgung der Mikroorganismen im Pansen des Wiederkäuers. Wenn beide Formen von Spurenelementen benötigt werden, stellt sich die Frage nach dem anzustrebenden Verhältnis zwischen organischen und anorganischen Spurenelement-Verbindungen.

Einfluss auf Leistung und Gesundheit: Eine höhere biologische Verfügbarkeit von organischen Spurenelement-Verbindungen vorausgesetzt, stellt sich die Frage nach deren praktischer Bedeutung für Leistung und Gesundheit des Tieres. Die Angaben zu diesem Thema sind recht widersprüchlich und müssen unbedingt erweitert und präzisiert werden. Dieser Schritt ist umso notwendiger, als organische Spurenelement-Verbindungen gegenwärtig noch deutlich teurer als anorganische Verbindungen sind.

Zum Schluss

Ein Blick auf die zahlreichen offenen Fragen zeigt, dass ein allgemeiner Einsatz von organischen Spurenelement-Verbindungen in mineralisierten Kraftfutter- oder Mineralsalzmischungen noch etwas verfrüht sein dürfte. Dies bedeutet jedoch nicht, dass in speziellen Fällen wie beispielsweise zur Fe-Versorgung des Ferkels oder bei Klauenproblemen beim Wiederkäuer deren Einsatz nicht zu prüfen ist.

LITERATUR

Das Literaturverzeichnis kann beim Autor angefordert werden.

RÉSUMÉ

Composés d'oligo-éléments organiques dans l'alimentation du porc et du ruminant: un aperçu

Les composés d'oligo-éléments organiques tels que chélates d'acides aminés et d'oligo-éléments, protéinates d'oligo-éléments et complexes de polysaccharides et d'oligo-éléments prennent de plus en plus d'importance dans l'alimentation des porcs et des ruminants. Par

rapport aux composés anorganiques, on leur accorde une plus grande biodisponibilité et ainsi un effet positif sur les performances et la santé des animaux de rente.

Le présent rapport donne un aperçu général sur l'utilisation de composés d'oligo-éléments organiques (fer, cuivre, manganèse, zinc) chez le porc et le ruminant. Il traite entre autres de leur influence sur le gain journalier, l'indice de consommation et la production laitière. De plus, il expose leur influence sur différents paramètres tels que la fécondité ainsi que la qualité du lait, de la carcasse et des onglons. Finalement, il mentionne certains domaines dans lesquels des recherches sont encore nécessaires.

SUMMARY

Organic trace minerals supplements in pig and ruminant nutrition: a review

Organic trace mineral compounds such as metal amino acid chelates, metal proteinates and metal polysaccharide complexes become more and more important both in pig and in ruminant nutrition. Compared to inorganic compounds they are supposed to have a better bioavailability and thus they do positively influence performance and health of farm animals.

The present paper roughly summarizes the knowledge of utilisation of organic trace element compounds (iron, copper, manganese, zinc) in pigs and ruminants. Among others, their influence on daily gain, feed conversion and milk yield is discussed. Furthermore, their effects on fertility and milk quality as well as on carcass and claws' quality is described. At the end of the article some topics are mentioned that urgently need further scientific investigation.

KEY WORDS: Trace minerals, chelates, proteinates, pig, ruminant