



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

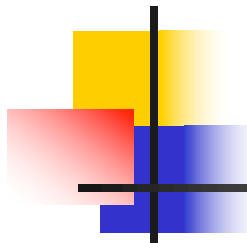
I minerali nell'alimentazione della bovina: come orientarsi?

Andrea Formigoni

andrea.formigoni@unibo.it

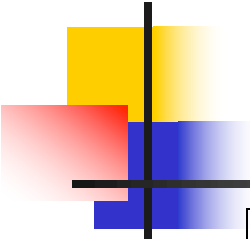
<https://www.unibo.it/sitoweb/andrea.formigoni>

**«L'Inorganico che Alimenta: Il Ruolo dei Minerali Essenziali»
Convegno LIVISTO _ Consorzio del Parmigiano Reggiano
Reggio Emilia 15 Aprile 2025**



I minerali

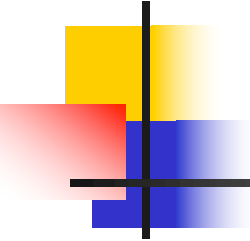
- Porzione inorganica delle razioni ma essenziali per la vita e per ottimizzare le funzioni organiche
 - Funzioni strutturali
 - Scheletro e annessi cutanei per esempio
 - Costituenti di numerosi enzimi essenziali
 - Regolatori grandi funzioni organiche e metaboliche
 - Regolatori sistema immunitario
 - Se, Zn, Mn, Cu, Fe....



Concentrazione organiche dei minerali essenziali

Macroelemento	g/kg	Microelemento	mg/kg
Calcio	15	Ferro	20-80
Fosforo	10	Zinco	10-50
Potassio	2	Rame	1-5
Sodio	1,6	Molibdeno	1-4
Cloro	1,1	Selenio	1-2
Zolfo	1,5	Iodio	0,3-0,6
Magnesio	0,4	Manganese	0,2-0,5
		Cobalto	0,02-0,1

Altri minerali svolgono ruoli nutrizionali ma non sono considerati nelle comuni integrazioni delle diete. Il principale è il **Cromo** attualmente non ammesso in alimentazione animale



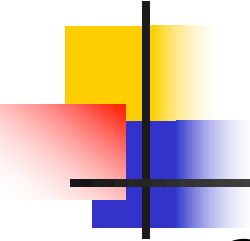
Minerali e salute

- I minerali sono essenziali per la salute e le performance
- Noti i principali sintomi clinici da carenze
- Meno conosciute le problematiche da stati sub-carenziali
- Non definiti i fabbisogni per fasi critiche del ciclo produttivo

TABLEAU 5.2. — Symptômes des carences en oligo-éléments chez les ruminants⁽¹⁾

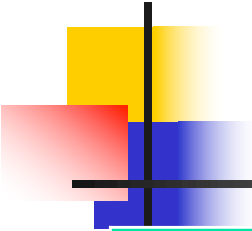
	Fer		Cuivre		Cobalt		Iode		Manganèse		Zinc		Sélénium	
	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J
Déficit de croissance ou d'engraissement		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		
Chute de production du lait			•		•		•				•			
Inappétence		•	•	•	•	•	•	•			•	•		
Pica			•	•	•	•								
Cachexie			•	•	★	★					•	•		
Anémie		•	•	•	•	•								
Défait d'aplomb			•	•					★	★	•	•		
Fractures spontanées			•	•										
Boiterie			•	•					•	•	•	•		•
Troubles cardiaques			★	★										•
Dyspnée			•	•										•
Diarrhée			•		•	•								
Décoloration des poils			★	★										
Poils piqués			•	•	★	★		•			•	•		
Pelade								•			★	★		
Dermites											★	★		
Goître							★	★						
Infécondité			•		•		•		•		•			
Déformation des sabots											•	•		
Dégénérescence musculaire														★

⁽¹⁾ A = Adultes ; J = Jeunes ; ★ Symptômes les plus spécifiques.



L'integrazione: quali linee guida?

- 3 diversi aspetti:
 - **Livello Minimo (!)**
 - Necessario per evitare sintomi carenziali
 - **Livello tossico (!)**
 - Da evitare
 - **Livello Ottimale (???)**
 - Per ottenere la migliore funzionalità organica
 - Per ridurre al minimo le emissioni ambientali



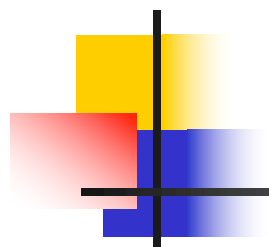
Integrazioni di base

(NASEM 2021 modificato)

Minerale		Asciutta	Lattazione
Calcio	%, ss	0,31-0,39	0,60-0,64
Fosforo	%, ss	0,19-0,21	0,35-0,39
Cloro	%, ss	0,13-0,14	0,35-0,4
Sodio	%, ss	0,16-0,17	0,21-0,23
Magnesio	%, ss	0,4-0,5(*)	0,17-0,18
Solfo	%, ss	0,20	0,20
Potassio	%, ss	0,62-0,69	0,99-1,1

(*) livelli indicati per ridurre incidenza ipocalcemia

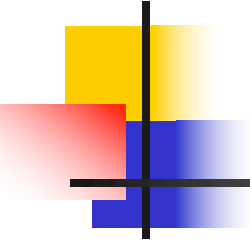
^ In parto : K-Cl =0,5



Integrazioni di base

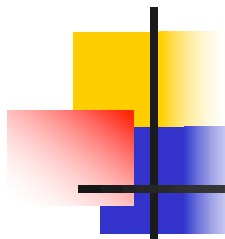
(NASEM 2021 modificato)

Minerale		Asciutta	Lattazione
Cobalto	mg/kg/ss	0,20	0,20
Rame	mg/kg/ss	19	10
Iodio	mg/kg/ss	0,54	0,47
Ferro	mg/kg/ss	15	21
Manganese	mg/kg/ss	43	31
Selenio	mg/kg/ss	0,3	0,3
Zinco	mg/kg/ss	32	66



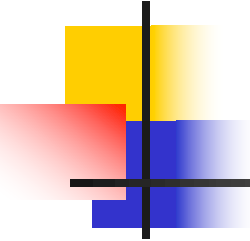
Problemi aperti...

- In genere le razioni vengono integrate con minerali ma....
 - Reale composizione degli alimenti?
 - Biodisponibilità delle fonti?
 - Quali fabbisogni per esigenze «di punta» ???
 - Transizione fra asciutta e parto
 - Stress metabolici e ambientali
 - Sollecitazioni sistema immunitario da vaccinazioni
 - Valutazione adeguatezza delle riserve organiche disponibili?



Omeostasi minerale e integrazioni «speciali»

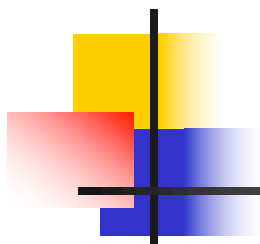
- Anche per i minerali l'organismo ha sistemi attivi di controllo e compensazione
- Patologie specifiche se i sistemi omeostatici falliscono o le riserve non sono sufficienti a soddisfare i fabbisogni «di punta»
 - **Fenomeni ben conosciuti:**
 - Ipo- Calcemia (collasso-ipocalcemia sub clinica)
 - Ipo- Magnesemia (tetania)
 - Carenza di Sodio (Pica e drastica riduzione ingestione)
 - Carenza di selenio (miopatie)
 - **Di difficile valutazione:**
 - Carenze marginali relative agli oligoelementi/vitamine



Problemi aperti: molti fattori di variazione della biodisponibilità

- Dipende dalla granulometria e dalla solubilità
- Fonte
 - Chelati/organici > cloruri > solfati > carbonati > ossidi
- Interazione fra minerali
 - Macro *vs* Micro; Micro *vs* Micro
- Interazione con altri nutrienti (vitamine)
- Fattori «chelanti» : fibre, grassi, ecc..
- pH ruminale e funzionalità assorbitiva ruminale e intestino

Interferenze fra minerali sulla biodisponibilità



Ione inibitore	Ione inibito	% di inibizione
Calcio	Fosforo	33
Calcio	Zinco	48
Calcio	Magnesio	39
Calcio	Manganese	64
Rame	Ferro	75
Rame	Zinco	76
Rame	Fosforo	51
Manganese	Ferro	47
Manganese	Fosforo	52
Manganese	Potassio	50
Manganese	Magnesio	37
Magnesio	Calcio	46
Magnesio	Fosforo	65

Ione inibitore	Ione inibito	% di inibizione
Potassio	Ferro	60
Potassio	Sodio	59
Fosforo	Magnesio	28
Fosforo	Manganese	62
Fosforo	Calcio	53
Fosforo	Ferro	32
Fosforo	Zinco	55
Cobalto	Ferro	34
Zinco	Fosforo	32
Zinco	Rame	26
Zinco	Ferro	44
Sodio	Potassio	23
Ferro	Fosforo	70
Ferro	Potassio	32
Ferro	Rame	26

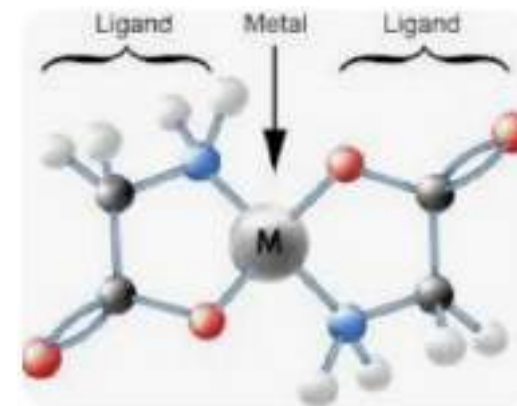
ABSORPTION COEFFICIENTS FOR TRACE MINERAL SOURCES

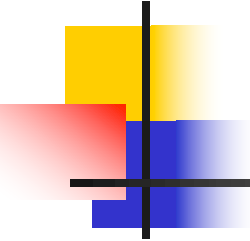
Source	Zinc	Copper	Manganese	Iron
Feedstuff	0.15	0.04	0.0075	0.10
Oxides	0.12	0.01	.0025	--
Sulfates	0.20	0.05	.012	0.60
Chlorides	0.20	0.05	.012	--

Gli oligoelementi chelati o complessati sono assorbiti a livello intestinale per vie diverse rispetto ai minerali «liberi» quindi sono attesi livelli di biodisponibilità superiori (+2-3 volte) ma non ancora ben definiti

Chelati e biodisponibilità

	Chelati	Sali
Calcio	92 - 96	22 - 53
Magnesio	85 - 94	6 - 48
Ferro	87 - 94	16 - 35
Zinco	91 - 98	15 - 29
Rame	86 - 92	27 - 40
Cobalto	85 - 89	30 - 36
Manganese	83 - 87	12 - 24
Selenio	88 - 90	9 - 26





Oligoelementi chelati



J. Dairy Sci. 99:1–9

<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10698>

© American Dairy Science Association®, 2016.

Corium molecular biomarkers reveal a beneficial effect on hoof transcriptomics in peripartal dairy cows supplemented with zinc, manganese, and copper from amino acid complexes and cobalt from cobalt glucoheptonate

J. S. Osorio,*† F. Batistel,*† E. F. Garrett,‡ M. M. Elhanafy,‡ M. R. Tariq,*†§ M. T. Socha,# and J. J. Loor*†¹

Supplementation with metal AAC during the peripartal period affected the expression of genes involved in composition, oxidative stress, and inflammation status in the corium.

- Beneficial effect of **organic Zn** on keratinisation and lameness in cattle have been reported (Moore et al., 1989; Stern et al., 1998).
- **Copper (O'Dell, 1990) and Mn** (Tomlinson et al., 2004) also play a role in production of healthy claw horn.
- replacing sulphate minerals with organic **Zn, Mn and Cu** decreased the incidence of sole ulcers and tended to reduce the incidence of interdigital dermatitis and severity of heel erosion (Siciliano-Jones et al., 2008).
- *Use of ..organic Zn, Mn, Cu, and Co* resulted in better claw integrity than cows fed inorganic trace elements (Nocek et al., 2000).
- **selenium** is as a component of glutathione peroxidase which is intimately involved in the removal of free radicals. Thus, Se may assist in the protection and maintenance of the lipid- rich intercellular cementing substance of keratinocytes.
- In general,feeding Zn and Cu at levels higher than the NRC (2001) minimum guidelines does not result in an improvement of animal reproductive performance and health status.



Oligoelementi chelati e efficienza riproduttiva delle bovine

		Chelati	Controllo
Vacche	n°	20	19
Parto - 1° calore	gg	54,7	52,9
Parto - 1° inseminazione	gg	67,5	66,4
Parto - concepimento	gg	102,3	127,0
Inseminazione / concepimento	n°	2,1	2,7

(Formigoni et al., 1993)



Source of supplemental dietary copper, zinc, and manganese affects fecal microbial relative abundance in lactating dairy cows

M. J. Faulkner,* B. A. Wenner,*¹ L. M. Solden,† and W. P. Weiss*²

*Department of Animal Sciences, Ohio Agricultural Research and Development Center, The Ohio State University, Wooster 44691

†Wrighton Microbiome Laboratory, Department of Microbiology, The Ohio State University, Columbus 43210

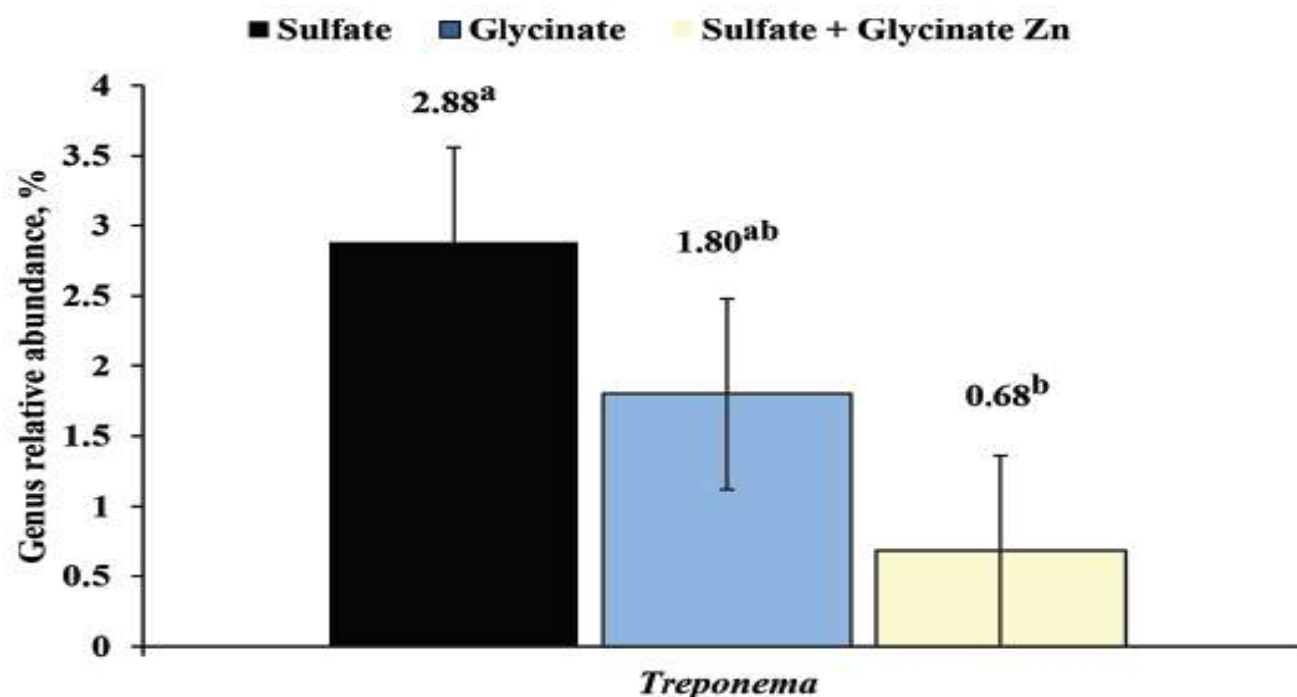
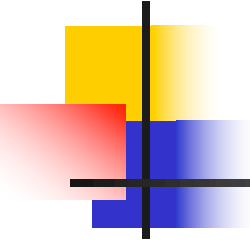


Figure 2. Treatment effects ($P = 0.10$) on fecal *Treponema* relative abundance (in excess of 0.5%) in lactating dairy cows fed supplemental minerals for 16 d (covariate-adjusted using d 0 abundance). Sulfate and glycinate treatments provided all supplemental Cu, Zn, and Mn from sulfate or glycinate sources, respectively. The sulfate + glycinate Zn treatment provided supplemental Cu and Mn from sulfate sources and Zn from glycinate. ^{a,b}Mean relative abundance differs ($P < 0.05$) between treatments. Error bars represent SEM. Color version available online.

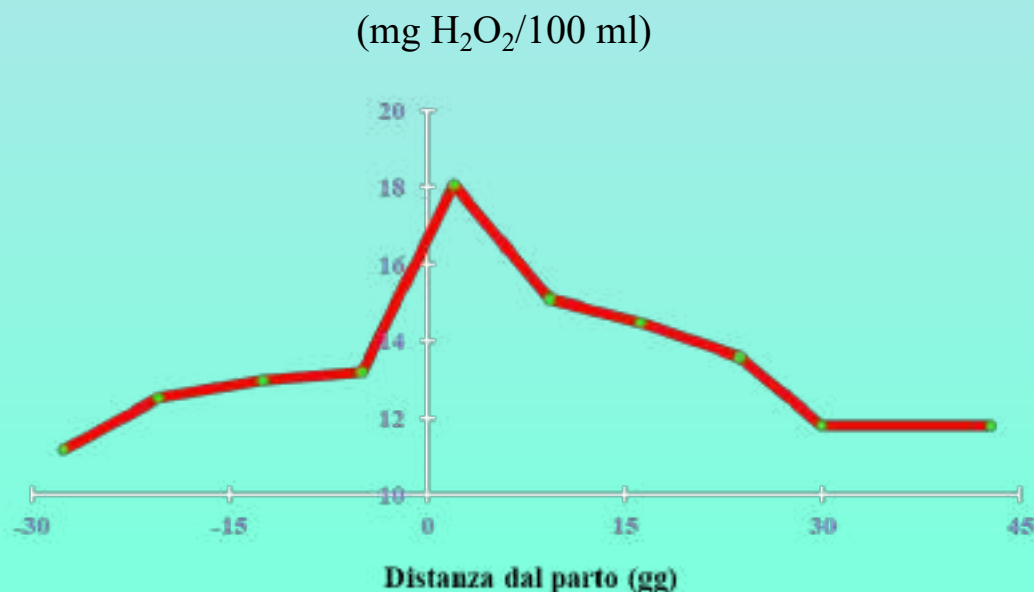


Problemi aperti

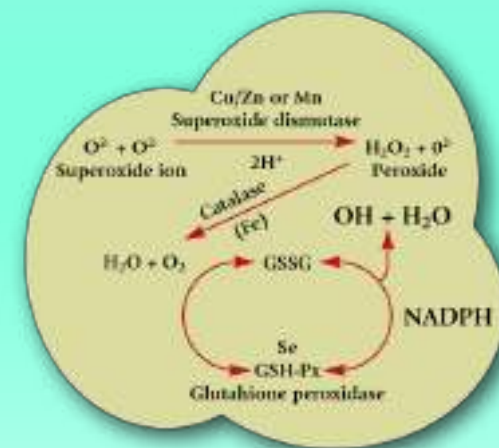
- Si può fare di più?
- Si può fare meglio?
- Esiste la possibilità di migliorare la salute delle bovine agendo con gli oligoelementi in maniera più mirata per la prevenzione delle patologie della transizione?

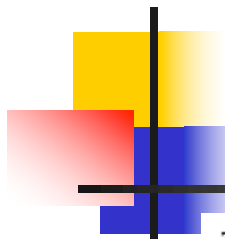
Modulare la risposta infiammatoria nella vacca in transizione

Concentrazione plasmatica dei ROS nella bovina in transizione (Formigoni et al, 1998)



Zn, Cu, Mn, Fe, Se : cofattori per enzimi che neutralizzano i ROS





Selenio, Immunità e salute

Table 1. Immune function responses to supplemental selenium (sometimes with supplemental vitamin E) given to ruminants.

Response	Reference
Positive responses	
Increased IgG titer (steers)	Droke and Loerch (1989)
Increased <i>in vitro</i> lymphocyte killing ability (lambs)	Finch and Turner (1989)
Increased antibody titers (lambs)	Reffitt <i>et al.</i> (1989)
Increased neutrophil kill (dairy cows)	Hogan <i>et al.</i> (1990)
Increased lymphocyte proliferation (heifers)	Stabel <i>et al.</i> (1990)
Increased lymphocyte proliferation (lambs)	Turner and Finch (1990)
Increased lymphocyte proliferation (dairy cows)	Maddox <i>et al.</i> (1991)
Increased IgM production (dairy cows)	Stabel <i>et al.</i> (1991)
Increased lymphocyte proliferation (dairy cows)	Cao <i>et al.</i> (1992)
Increased antibody titers (beef cattle)	Nicholson <i>et al.</i> (1993)
Increased lymphocyte proliferation (calves)	Pollock <i>et al.</i> (1994)
Increased serum and colostrum IgG (beef cows)	Awadeh <i>et al.</i> (1998)
Increased neutrophil activity (ewes)	Morgante <i>et al.</i> (1999)
Increased cell-mediated immunity (lambs)	Lacetera <i>et al.</i> (1999)
Increased antibody titers after vaccination (dairy cows)	Panousis <i>et al.</i> (2001)
No response	
IgG and IgM generally not affected (calves)	Stabel <i>et al.</i> (1989)
No effect on antibody titers after vaccination (sheep)	Ellis <i>et al.</i> (1990)
No effect on antibody titers after vaccination (heifers)	Nemec <i>et al.</i> (1990)
No effect on lymphocyte proliferation (dairy cows)	Sordillo <i>et al.</i> (1993)
No effect on colostrum IgG concentrations (dairy cows)	Lacetera <i>et al.</i> (1996)
No effect on virus titer after vaccination (dairy cows)	Ellis <i>et al.</i> (1997)

Numerose ricerche hanno attestato l'efficacia dell'impiego di selenio in forma organica sulla riduzione delle patologie della transizione



Contents lists available at ScienceDirect

Animal Feed Science and Technology

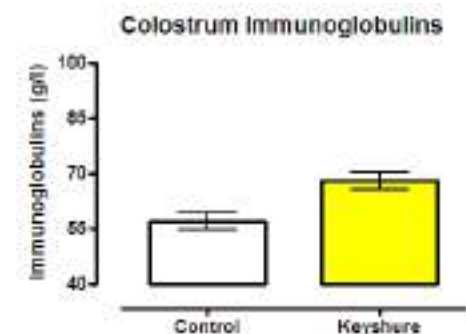
journal homepage: www.elsevier.com/locate/anifeedsci

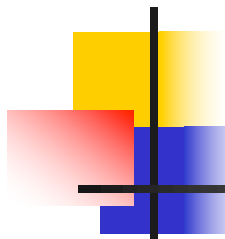


Effects of an organic source of copper, manganese and zinc on dairy cattle productive performance, health status and fertility

Andrea Formigoni^a, Mattia Fustini^a, Laura Archetti^b,
Stephen Emanuele^c, Charles Sniffen^d, Giacomo Biagi^{a,*}

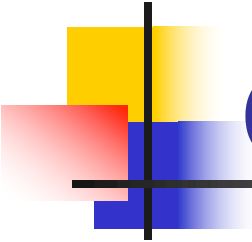
- Migliore qualità del colostro (Ig + 19%)
- Minore mortalità neonatale (5,6% vs 15,6%)
- Aumento % grasso nel latte (+4,4%)
- > n° di vacche gravide entro 240 GIM





Conclusioni: stato dell'arte e possibili future evoluzioni

- I minerali svolgono funzioni essenziali alla vita e alla salute degli animali
- La fonte è importante ad essere considerata per migliorare la biodisponibilità e evitare dispersione in ambiente
- Ad oggi l'impiego di una quota di oligoelementi chelati/organici (30% circa del totale) con solfati e cloruri appare la forma più efficace di integrazione
- Utile indagare il potenziale ruolo di integrazioni individuali utili ad assicurare le massime riserve organiche necessarie per affrontare **fabbisogni «di punta»**



Grazie...



Stalla Università di Bologna



stalladidattica_unibo

