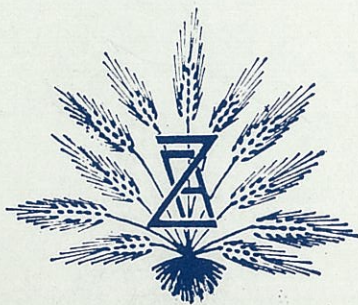


QUADERNI ASSALZOO

IL MAGNESIO, ELEMENTO ESSENZIALE DI GRANDE IMPORTANZA BIOLOGICA E ZOOTECNICA

GIUSEPPE PIANA



IL MAGNESIO, ELEMENTO ESSENZIALE DI GRANDE
IMPORTANZA BIOLOGICA E ZOOTECNICA

GIUSEPPE PIANA

Premessa

Non v'è dubbio che sia in biologia vegetale che in biologia animale, il magnesio ha richiamato l'attenzione degli studiosi assai più tardi di quanto non sia accaduto per il sodio, il potassio, il fosforo, il calcio; forse perchè per troppo tempo la sua importanza biologica è stata mal definita, e controverse sono state le opinioni in merito, forse perchè questo problema è stato spesso impostato in modo errato o confuso o contorto, complice anche il fatto che la presenza del Mg fra i componenti della clorofilla ha favorito il dif-fondersi dell'erronea convinzione che negli erbivori non v'è motivo di sospettare magnesio-carenze primarie.

Ora, è vero che il pigmento delle foglie verdi è una porfirina contenente Mg - e quindi l'elemento è obbligatoriamente presente in tutti i vegetali verdi - ma ciò non significa che la presenza di clorofilla sia sufficiente a fare dell'alimento vegetale una buona fonte di Mg. Diverse constatazioni inducono a ritenere che il magnesio della clorofilla, analogamente a quanto accade per il ferro porfirinico della emoglobina, non sia assorbito o quanto meno lo sia in misura nettamente inferiore rispetto a quello in forma salina presente nei vacuoli protoplasmatici delle cellule vegetali, in dosi assai variabili a seconda del tenore in Mg del terreno ove il vegetale è cresciuto.

La straordinaria importanza che assumono le carenze di Mg disponibile nel terreno agrario è stata messa in risalto solo da pochi decenni, e solamente negli ultimi lustri diverse ricerche hanno documentato che la situazione a questo riguardo, in non poche province italiane è pressocchè analoga a quella messa in evidenza da più tempo in Francia, in Germania, in USA ed in altri Paesi europei ed extra-europei.

Da ricerche francesi risulta che, indipendentemente dal prelievo di Mg operato dai vegetali (6-20 Kg per Ha e per anno), i terreni perdono annualmente, per dilavamento, da un minimo di 20-40 kg/Ha di MgO fino a raggiungere, in circostanze sfavorevoli anche i 170-250 Kg. A lor volta, Autori tedeschi hanno messo in evidenza che nella Germania federale il bilancio del magnesio si chiude in forte deficit: le coltivazioni preleverebbero complessivamente oltre 250.000 tonn. di MgO, mentre le perdite per dilavamento ammonterebbero ad oltre 215.000 tonn. Dunque una perdita totale annua di oltre 460.000 tonn.; per contro letame e concimazioni varie (ivi compreso nitrato e carbonato di Mg) restituirebbero al terreno circa 235.000 tonn., il che è dire un deficit annuo di MgO pari a circa 230.000 tonn.

Non meno preoccupanti i dati raccolti da Autori americani che hanno motivato la richiesta di rendere obbligatorio l'inserimento del Mg in tutti i fertilizzanti e che hanno giustificato la raccomandazione di adottare adeguati livelli di Mg nei sali minerali e nei mangimi concentrati integrati di uso zootecnico.

Il difetto di Mg nei terreni si riflette sia in campo agronomico che zootecnico: carenze spinte deprimono la produzione vegetale; carenze di grado più modesto, pur non compromettendo quantitativamente la produzione, ne riducono il tenore in Mg fino a livelli (nei fieni 0,006% contro tenori medi dello 0,1%) del tutto insufficienti a coprire il fabbisogno degli animali ed a tutelare il residuo minerale delle loro produzioni. Significativi a quest'ultimo proposito i dati riscontrati da Fontana e Lolli su diversi campioni di latte prelevati in stalle lombarde; tenori in Mg dell'ordine di 80-100 Mg per litro, del tutto inadeguati a coprire il fabbisogno dei giovani bovini (circa 160 Mg/litro).

Ma prima di accennare alle più opportune modalità per soddisfare il fabbisogno in magnesio dell'organismo animale, riteniamo utile accennare alla sua diffusione, al suo assorbimento ed alla sua eliminazione, agli importanti compiti svolti da questo elemento indispensabile alla vita.

Funzioni del magnesio nell'organismo animale

Negli animali, il magnesio vi si trova in quantità relativamente piccole - circa lo 0,05% del peso corporeo - e principalmente sotto forma di fosfato e di carbonato. Per questa ragione e per le sue funzioni prevalentemente di ordine catalitico viene da taluni considerato fra gli oligoelementi essenziali.

La maggior parte del Mg (oltre il 60%) è localizzata nello scheletro (l'osso essiccato e sgrassato ne contiene lo 0,5% circa); fra i tessuti molli che ne sono relativamente più ricchi figurano il tessuto muscolare (circa 20 mg per 100 g di tessuto fresco) e quello nervoso (da 20 a 40 mg per 100 g) i cui tenori in Mg superano quelli in Ca.

Il tasso ematico di Mg oscilla da 1,5 a 4 mg per 100 ml (di norma fra 1,7 e 2,4 mg); relativamente più elevata la percentuale del metallo negli eritrociti rispetto al plasma e nettamente prevalente, nel sangue, la quota dializzabile (circa il 75%) rispetto a quella legata alle proteine. Merita di essere ricordato che, almeno negli animali in condizioni fisiologiche, variazioni in più del Mg ematico sembrano pressochè costanti nella ipocalcemia e variazioni in meno si constatterebbero a seguito della somministrazione, in dosi elevate, di sali di calcio o di potassio; analogamente, il trattamento con sale di Mg eleva la eliminazione renale di calcio, provocando ipocalcemia.

Il paratormone determina ipermagnesemia immediata ma transitoria; effetti opposti sono invece provocati dalla somministrazione di tiroxina o di triiodotiroxina, che aumentano la escrezione urinaria e fecale di Mg.

Fra gli alimenti vegetali relativamente più ricchi, i semi oleaginosi (dove l'ipotesi di stretti rapporti fra Mg e sintesi dell'olio), i semi e le piante di leguminose, le crusche e le pule.

Nei monogastrici, l'assorbimento del magnesio avviene soprattutto nei primi tratti intestinali, favorito da una concentrazione idrogenionica relativamente elevata, dalle sostanze (come il lattosio) che contribuiscono a determinarla ed a quelle (come l'acido citrico ed il tartarico) che con il Mg formano sali facilmente diffusibili; ostacolato, al contrario, dagli acidi che con il Mg formano sali insolubili e da un eccesso alimentare di solfo, sia sotto forma di solfati che di solfiti o solfuri.

A giudicare dai risultati di recenti ricerche, nei ruminanti, la sede di elezione dell'assorbimento del Mg è invece rappresentata dai prestomaci; il reperto, di indubbio interesse, ben si concilia con l'elevato contenuto nel liquido ruminale di acidi organici in grado di dare (come l'acetico) sali di Mg assai solubili; d'altra parte può giustificare la constatazione che un rapido transito dell'alimento può favorire - nelle zone ove non è rara - la comparsa della più tipica magnesio-carenza: la "grass-tetany" o "tetania da erba".

La eliminazione del Mg avviene per via intestinale e renale; la quota escreta con le feci è di regola prevalente: fino all'80% circa del totale eliminato nei soggetti a dieta alcaligena, il 50% o poco più

in quelli con urine acide. Quindi, le ricerche sul bilancio del magnesio non hanno valore ove si tenga solo conto della relativamente modesta quota eliminata con le urine. Analogamente, sprovvista di significato è la determinazione della digeribilità apparente del Mg.

Negli animali in lattazione perdite sensibili di Mg si verificano con il latte; quello bovino ne contiene in media g 0,16 per litro; livelli analoghi si riscontrano nel latte di capra e di scrofa; nettamente inferiore è invece il contenuto in Mg nel latte di cavalla 0,06 g/litro. Nei gusci di uova di gallina il magnesio è presente in misura di circa l'1,5%.

Il magnesio svolge nell'organismo compiti essenziali e, come già accennato, di ordine prevalentemente catalitico:

- 1) è implicato nella maggior parte dei processi che coinvolgono il sistema adenilico ($ATP \rightleftharpoons ADP$); nelle cellule intatte ATP e ADP sono in gran parte presenti come complessi $MgATP^{--}$ e $MgADP^-$ e, di regola, nelle reazioni enzimatiche cui l'ATP partecipa come donatore di gruppi fosforici, la sua forma attiva è rappresentata dal complesso con il magnesio.

Meritano di essere citati in proposito gli interventi del magnesio nel metabolismo glicidico:

- il Mg^{++} è necessario per la fosforilazione del glucosio a glucosio-6-fosfato;
- per fosforilare il fruttosio-6-fosfato a fruttosio 1,6-difosfato (seconda reazione di attivazione della glicolisi a spese di ATP);
- per la disidratazione, ad opera della enolasi, dell'ac.2-fosfoglicerico ad ac.fosfoenolpiruvico; reazione che modifica la distribuzione dell'energia

all'interno della molecola elevando notevolmente l'energia libera di idrolisi del gruppo fosforico;

- per il trasferimento del gruppo fosforico dell'ac. fosfoenolpiruvico dell'ADP con formazione di ATP e liberazione dell'ac. piruvico;

- 2) oltrechè delle fosfotransferasi, il Mg^{++} è cofattore delle fosfoidrolasi; così magnesio-ioni sono attivatori indispensabili delle fosfatasi alcaline, delle quali è nota la partecipazione alla formazione della sostanza ossea inorganica;
- 3) ha importanza per la regolazione della eccitabilità nervosa: la carenza sperimentale provoca fenomeni convulsivi e tetania; l'eccesso al contrario, deprime il nervoso centrale motivando uno stato di narcosi;
- 4) interviene nei processi di difesa dell'animale. E' degli anni '50 la scoperta e l'isolamento di una sieroproteina, cui Pillemer e coll. dettero il nome di properdina, che partecipa alla distruzione di batteri e di virus, alla lisi di eritrociti anomali ecc., ma sempre e solo in presenza di complemento e di Mg^{++} .

La properdina non viene inattivata nè rimossa durante la formazione di complessi antigene-anticorpo in quanto non è necessaria per l'attività dei sistemi immunitari specifici.

Successive ricerche hanno confermato che il sistema properdinico, consistente in una proteina - la properdina - Mg^{++} e il cofattore C, è presente nel sangue dei mammiferi e può in vitro distruggere batteri, inattivare virus, uccidere protozoi, lisare globuli ros

si anomali. Esiste inoltre un rapporto diretto fra livelli ematici di properdina e resistenza degli animali alle infezioni, alle radiazioni e agli shock. Ben comprensibile quindi che le Mg-carenze anche di modesto grado comportino diminuzione dei poteri immunitari specifici. Alla luce di queste acquisizioni è forse anche possibile formulare una verosimile interpretazione dei tanto decantati - e tanto criticati perchè ritenuti inspiegabili - effetti della cura di Delbet (cloruro di magnesio in soluzione acquosa).

Carenze di magnesio

La carenza sperimentale di magnesio determina, nel ratto, ritardo della crescita, deperimento, alterazioni della cute e del pelo, lacrimazione e salivazione, eretismo nervoso che culmina in fenomeni convulsivi e tetania.

Analoga la sindrome carenziale osservata - sempre in condizioni sperimentali - nel coniglio, nei pulcini, negli anatrocchi e nei suini.

Oltrecchè negli animali sperimentalmente carenziati, fenomeni convulsivi e tetania riferibili a ipomagnesiemie sono stati ripetutamente constatati nei bovini (particolarmente nelle vacche in lattazione o prossime al parto e nei vitelli) allevati in determinate zone.

Questa sindrome carenziale grass-tetany (tetania da erba o tetania da pascolo), grass-staggers (vertigini da erba) è stata descritta e studiata da diversi Autori in vari Paesi europei ed extra-europei e negli anni '60 è stata segnalata anche in Italia da Biancardi, Vecchiotti ed altri.

Il termine "tetania da pascolo" trova la sua

giustificazione nel fatto che la malattia si verifica con maggior frequenza proprio negli animali allevati al pascolo. Verosimilmente perchè - è questa l'opinione corrente - l'alimentazione verde abbassando i tempi di permanenza dell'alimento nel digerente, prestomaci compresi, riduce l'assorbimento del magnesio. Per lo stesso motivo, l'insorgenza della sindrome in discorso è favorita da un abbondante impiego di insilati.

A nostro modo di vedere va anche considerato che alle perdite di sostanza organica (quindi di valore nutritivo) che si verificano durante l'affienamento, non corrisponde una proporzionale riduzione del residuo minerale. Ne deriva che, a parità di contenuto in Mg dell'erba, gli animali alimentati a fieno (prodotto con la stessa erba) introducono una maggior quantità di magnesio per ogni U.F. consumata.

Nel vitello, i sintomi della magnesio-carenza ripetono sostanzialmente quelli già descritti per il ratto; particolarmente segnalate le contratture a carico dei muscoli del collo - che tolgono all'animale la possibilità di bere al secchio - e le lesioni emorragiche a carico dello stomaco, dell'intestino, del cuore e dell'aorta. Va anche ricordato che, secondo diversi Autori, nei vitelli, come nei puledri, l'insufficiente apporto di Mg rappresenta una delle principali cause di alterazioni a livello delle ossa e delle articolazioni.

Nel bovino adulto, il quadro della "grass-tetany" può essere così schematizzato: inappetenza, caduta della produzione del latte, tachicardia, irrequietezza, tremori, contrazioni dei muscoli facciali, scialorrea, andatura barcollante; nei casi più gravi, accessi spastici con caduta a terra dell'animale, epistotono; nell'intervallo fra gli accessi possono rimanere fatti di paresi; i casi mortali si chiudono con il coma. E'

costante una ipomagnesiemia (fino a livelli di 0,2 mg per 100 ml) che si accompagna ad ipocalcemia (6-7 mg/100 ml) e questo reperto ha notevole importanza ai fini della diagnosi differenziale con il collasso puerperale, nel quale ultimo si rileva sempre ipocalcemia, ma il tasso ematico di Mg è normale od anche superiore alla norma 2,5-3 mg, contro 1,7-2,4 mg per 100 ml.

Il fatto che i casi di "tetania da erba" siano stati segnalati anche nel nostro Paese suggerisce di ricordare che esistono ipomagnesemie non direttamente riconducibili ad un deficiente tenore in Mg dei foraggi e che pertanto vanno inquadrare nelle carenze secondarie. Particolarmente significative al riguardo le segnalazioni di tetania accompagnata da ipomagnesiemia - e facilmente curabile mediante trattamento con carbonato di Mg - in bovini allevati in zone con foraggi a tenore in Mg superiore rispetto a quello delle erbe di altri pascoli ove la stessa sindrome carenziale è del tutto sconosciuta.

Fra le più importanti condizioni che predispongono alla tetania da erba sarebbero state identificate:

- l'eccessivo apporto di K o meglio un troppo elevato rapporto K/Mg forse anche K/Ca; di minor importanza invece a quanto pare, il rapporto Ca/Mg;
- le eccessive concimazioni azotate. Autori olandesi ed inglesi hanno sperimentalmente dimostrato che l'uso protratto di elevate dosi di concimi azotati favorisce l'insorgenza della "tetania da erba". Questa constatazione ed il fatto che nei ratti un eccessivo apporto alimentare di N abbassa il livello ematico di Mg hanno portato molti a concludere che le diete iperprotidiche vanno considerate un fattore predisponente la comparsa della Mg-carezza. Per una più corretta in

terpretazione di questi risultati merita peraltro di essere ricordato che un largo impiego di concimi azotati provoca a lungo andare una forte diminuzione "nei pascoli" delle leguminose, essenze che rappresentano un importante fattore limitante l'aumento del rapporto $K/Ca+Mg$. D'altra parte, il maggior numero di ricerche dirette a precisare le interferenze dell'eccesso di N alimentare sulla magnesemia sono state condotte con l'impiego di sali organici di ammonio (lattato, acetato, ecc.). Ora, l'N ammoniacale a determinate dosi può deprimere il tasso ematico di Mg elevandone fortemente la eliminazione intestinale.

La possibilità di provocare sperimentalmente anche nei ruminanti ipomagnesemia e tetania con la somministrazione orale di elevate dosi di sali organici di ammonio può contribuire a migliorare la interpretazione patogenetica del quadro clinico della intossicazione di urea, la quale pure è caratterizzata da spasmi tetanici.

Nel determinismo di questa intossicazione sembra indubbio che concorra una forte produzione di ammoniaca a livello del rumine; è dunque verosimile che anche in queste circostanze, come a seguito della somministrazione di elevate dosi di sali organici di ammonio, una ipomagnesemia concorra alla insorgenza della sindrome spastica;

- un eccessivo apporto di fosforo. Il meccanismo attraverso il quale questa condizione alimentare favorisce un abbassamento del livello ematico di Mg non è stato precisato; ci sembra per altro verosimile che esso vada identificato in un minor assorbimento intestinale di magnesio per formazione dell'insolubile fosfato;
- lo scarso valore globale della razione. L'impressionante aumento dei casi di "tetania da erba" osservato

in Norvegia durante la seconda guerra mondiale (da una media prebellica dell'1,8% all'8,6% nel biennio 1944-45), è stato da molti attribuito all'impiego di razioni di basso valore calorico. Ad analoghe conclusioni sono giunti Autori neozelandesi anche sulla scorta della constatazione che le brusche diminuzioni dell'apporto energetico possono motivare ipomagnesemia indipendentemente dal quantitativo dell'elemento ingerito;

- la temperatura ambiente, nel senso che la frequenza della "tetania da pascolo" risulta inversamente e altamente correlata con la temperatura. Il fenomeno potrebbe essere spiegato - questa è l'opinione di Autori olandesi - con l'influenza che le temperature relativamente basse (quali si possono avere in primavera e in autunno) esercitano sul residuo minerale del foraggio, in particolare sul rapporto K/Ca+Mg.

Merita infine di essere segnalata una osservazione dei ricercatori della Università di Reading: pur non avendo constatato, nei foraggi, apprezzabili variazioni del tenore in Mg sul secco, nei vari stadi vegetativi, questi studiosi hanno messo in evidenza che l'erba cresciuta su un determinato terreno può motivare sindromi da Mg-carezza se consumata ad incompleto sviluppo vegetativo e dimostrarsi, al contrario, del tutto innocua se utilizzata in piena fioritura.

Se si tien presente la premessa (costanza del tenore in Mg su s.s.) sembra verosimile collegare il fenomeno al minor valore nutritivo unitario dell'erba a sviluppo vegetativo inoltrato; per soddisfare il proprio fabbisogno energetico, l'animale è costretto a consumarne una maggior quantità, donde anche una maggior ingestione di s.s. e quindi di Mg.

Fabbisogni di magnesio

Per quanto attiene al fabbisogno alimentare in Mg è ormai largamente condivisa l'opinione che nelle lattifere la razione non dovrebbe apportare meno di 2 g di Mg per chilo di s.s. Nei bovini in crescita e nelle altre specie animali potrebbe essere sufficiente garantire un apporto alimentare, di 1,5 g di Mg sempre per Kg di s.s.

Per gli equini adulti da lavoro il fabbisogno minimo giornaliero di Mg si aggirerebbe intorno ai 10 g, mentre per le fattrici in lattazione raggiungerebbe i 16-13 g. Per i suini g 1,20-1,60 al giorno fino a 100 Kg di p.v. e g 1,5-4,5 per le scrofe di 150 chili di p.v., gravide o in lattazione.

Per pulcini, anatroccoli ecc. mg 200-500 di Mg per chilogrammo di alimento; per i conigli 300-500 mg sempre per Kg di alimento.

In merito alla utilizzazione del magnesio alimentare, va ricordato che i risultati di ricerche relativamente recenti (cfr. INRA, vol. dedicato al Prof. A. M. Leroy e la cui pubblicazione è stata diretta da R. Jarrige, 1978) condotte sui bovini con l'impiego di ^{28}Mg confermerebbero che, almeno negli animali con razione base di foraggio verde, l'assorbimento del magnesio presente nella dieta è assai modesto: 20-30% dell'ingerito. La quota assorbita potrebbe elevarsi fino al 50% con razioni a base di fieno. E' accertato che la natura della razione, modificando il tempo di permanenza dello alimento nei prestomaci (sede di elezione dell'assorbimento del Mg) può sensibilmente interferire. Di qui il consiglio di usare un criterio prudenziale nel valutare il coefficiente medio di utilizzazione digestiva; l'INRA suggerisce di adottare valori del 50%, 40%, 30%

rispettivamente per gli animali di 100 Kg, 200 Kg e 300 Kg di p.v. e di considerare lo stesso coefficiente non superiore al 25% nei soggetti di 400 Kg di p.v. e oltre.

Come la natura della razione, così il tipo di sali impiegato per un supplementare apporto di Mg (supplementare apporto che, adottando i coefficienti di utilizzazione digestiva su citati, si impone in un gran numero di casi) può notevolmente influenzarne la utilizzazione.

Funzione tampone dei sali di magnesio

Recenti indagini (1981) di ricercatori del dipartimento di Scienze Animali ed Agronomiche della Purdue University (D.M. Schaefer; L.J. Wheeler; C.H. Noller; R.B. Keyser e J.L. White) controllando la diversa efficacia di diversi sali per tamponare l'acidità ruminale hanno potuto dimostrare che i più utili a questo scopo sono il bicarbonato di sodio e il carbonato di magnesio. In prove in vivo sia un ossido di magnesio di uso zootecnico che il carbonato di calcio si sono invece dimostrati senza effetto su pH ruminale.

Ciò ovviamente significa che nell'ambiente ruminale il carbonato è assai più adatto dell'ossido a dare sali con gli acidi organici presenti.

Anche Wheeler e Noller della Purdue University (1977) per migliorare il pH intestinale, così da ottenerne valori vicini a quello ottimale (pH 6,9) per la attività della amilasi pancreatica, hanno impiegato carbonato di magnesio (associato a carbonato di calcio) assai più attivo a questo scopo del sodio bicarbonato. Lo impiego dei carbonati di Mg e Ca ha consentito ai citati Autori di elevare di un punto il pH intestinale, realizzando in tal modo un netto miglioramento della dige-

stione dell'amido: da una quota di amido indigerito nelle feci pari al 32% nel periodo di controllo senza alcalinizzanti, all'8-9%.

I risultati degli sperimentatori della Purdue University relativi alla superiorità del magnesio carbonato, non devono stupire. E' noto che l'ossido di magnesio non si idrata facilmente, specie il tipo pesante; per preparare la magnesia idrata F.U., la magnesia usata (ossido di magnesio leggero) viene stemperata in 20-30 parti di acqua e la miscela così ottenuta viene fatta bollire per mezz'ora; condizioni dunque ben diverse da quelle del contenuto ruminale.

Va altresì tenuto presente che l'ossido di magnesio è notevolmente più attivo del carbonato come lassativo; la sua attività purgativa è analoga a quella del sale amaro (magnesio solfato) ma l'aumento della peristalsi, come l'influenza sull'escrezione biliare, si ritengono ancor più marcati, notevole quindi l'influenza che può esercitare sui tempi di permanenza dell'alimento nei prestomaci.

Ricordiamo infine che le belle ricerche di Pietro Bergonzi condotte nell'Istituto di Zootecnica e Scienza della Nutrizione della Facoltà Agraria di Piacenza gli hanno fra altro consentito di concludere che:

- delle diverse famiglie botaniche considerate, le leguminose, le graminacee e le crucifere si succedono in ordine decrescente come tenore in clorofilla; fra le leguminose primeggiano a questo riguardo il trifoglio e la medica; fra le graminacee figura al primo posto il loietto (*lolium italicum*);
- non esiste una correlazione positiva fra tenore in clorofilla e tenore in magnesio totale; una siffatta correlazione è invece evidenziabile fra Mg totale ed

Mg residuo dopo estrazione della clorofilla; dunque il Mg totale rappresenta anche un indice sicuro della entità del Mg non clorofillico, cioè della quota sicuramente disponibile per l'animale;

- delle varie foraggere prese in considerazione, il tri foglio, la vigna sinensis, la medica ed il colza sono risultate le più generose apportatrici di Mg disponibile; avena, orzo, loietto le più povere, sempre, ovviamente, a parità di terreno e di condizioni ambientali.