



DAIRY ZOOM

Chimica, biochimica e fisiologia della produzione del latte

di ALESSANDRO FANTINI

Il fosforo nel bene e nel male

Il fosforo è spesso negli argomenti di chi si occupa d'agricoltura e zootecnia, ma anche, e soprattutto, d'ambiente. Con l'azoto e il potassio esso è coinvolto nelle problematiche d'impatto ambientale delle attività agricole, civili e industriali. Rimanendo in ambito agricolo il fosforo viene riversato nell'ambiente e in esso si accumula, attraverso le deiezioni degli animali d'allevamento o le concimazioni. Il fosforo è responsabile, unitamente ad azoto e potassio, del fenomeno dell'eutrofizzazione delle acque, ossia la stimolazione della proliferazione delle alghe che sottraggono quell'ossigeno necessario alla vita delle specie animali che in essa abitano. Il fosforo si accumula nei terreni progressivamente fino a saturarli fin tanto che dilavamento e pratiche agricole ne controllano il livello. Semplicistico e superficiale sarebbe affermare che per rendere sostenibile lo sviluppo dell'agricoltura e della zootecnia basterebbe eliminare il fosforo dall'alimentazione animale e dalle pratiche agricole. Nel cercare l'equilibrio necessario tra una zootecnia e una agricoltura competitiva e le sacrosante necessità di rispetto dell'ambiente, è fondamentale conoscere il ruolo del fosforo, nel nostro caso, nei processi fisiologici della vacca da latte per poter attentamente dosarne quegli apporti che non creano carenze negli animali e neppure un peso eccessivo per l'ecosistema.

Il fosforo è un macroelemento che troviamo in natura non allo stato elementare, ma come fosfato, ossia come sale dell'acido fosforico. Il suo nome deriva dal greco "portatore di luce" per la caratteristica luminescenza che si genera dal suo contatto con l'ossigeno. Negli organismi animali è coinvolto in processi biochimici importanti. È componente essenziale della fosforilazione ossidativa, ossia quel processo biochimico fondamentale che si svolge nei mitocondri, che permette la

trasformazione di ADP in ATP attraverso la conversione del NADH e FADH₂ nelle forme ossidate. La fosforilazione ossidativa è il processo finale della respirazione cellulare, dopo la glicolisi e il ciclo di Krebs, per la produzione d'energia. Inoltre troviamo il fosforo coinvolto nel mantenimento dell'integrità cellulare strutturale, come maggiore componente delle ossa e come tampone nel bilanciamento acido-base dell'organismo. Il fosforo è anche indispensabile alla flora ruminale per la fermentazione delle cellule vegetali e quindi la produzione di acidi grassi ruminali e bio-massa batterica. Per ottimizzare quest'attività fermentativa è necessaria una concentrazione di almeno 5 grammi di fosforo per chilogrammo di materia organica fermentescibile. L'80% del fosforo presente nell'organismo lo troviamo nelle ossa e nei denti. Meno dell'1% del fosforo totale dell'organismo è presente in forma inorganica come HPO₄²⁻ o H₂PO₂. Dipende dalle proteine di trasporto per essere assorbito dall'intestino, dai tubuli renali, ed essere trasportato dallo spazio extracellulare a quello intracellulare. La concentrazione di fosforo nel siero o nel plasma è regolata da quello assorbito dall'intestino, dal tasso di escrezione renale e salivare e dalla porzione presente nelle ossa. Nella vacca da latte le ghiandole salivari producono una grande quantità di saliva contenente 30-90 grammi al giorno di fosforo, la cui presenza è indispensabile per la crescita della flora microbica e

come tampone ruminale. Una grande quantità di fosforo salivare viene riassorbito dall'intestino.

La produzione di latte comporta una notevole eliminazione di fosforo. In esso la concentrazione di fosforo è di gr 1.1 per kg ed è mantenuto costante, indipendentemente dalla concentrazione plasmatica di fosforo inorganico. La sola riduzione possibile delle perdite di fosforo attraverso il latte avviene tramite una riduzione della produzione. La concentrazione plasmatica di fosforo inorganico è influenzata fortemente dal metabolismo dei carboidrati, dalla secrezione d'insulina e dall'equilibrio acido-base. L'inoculazione sperimentale di destrosio determina un incremento di uptake di glucosio e di fosforo. Ugualmente uno stato di alcalosi metabolica stimola il metabolismo cellulare di glucosio e una riduzione del fosforo inorganico circolante. Il fosforo inorganico plasmatico lo troviamo in un range di 4-6 mg/dl nelle bovine adulte e dai 6 agli 8 mg/dl, nei soggetti in accrescimento. L'ipo-fosfatemia si può osservare nelle situazioni d'improvviso aumento della produzione di latte del post-partum, conseguentemente a un crollo d'ingestione e dopo la somministrazione parenterale di zuccheri. Alcune patologie del periparto come la chetosi, la dislocazione dell'abomaso, la mastite, la lipidosi epatica e la metrite determinano una riduzione d'ingestione e conseguentemente di fosforo. In uno studio

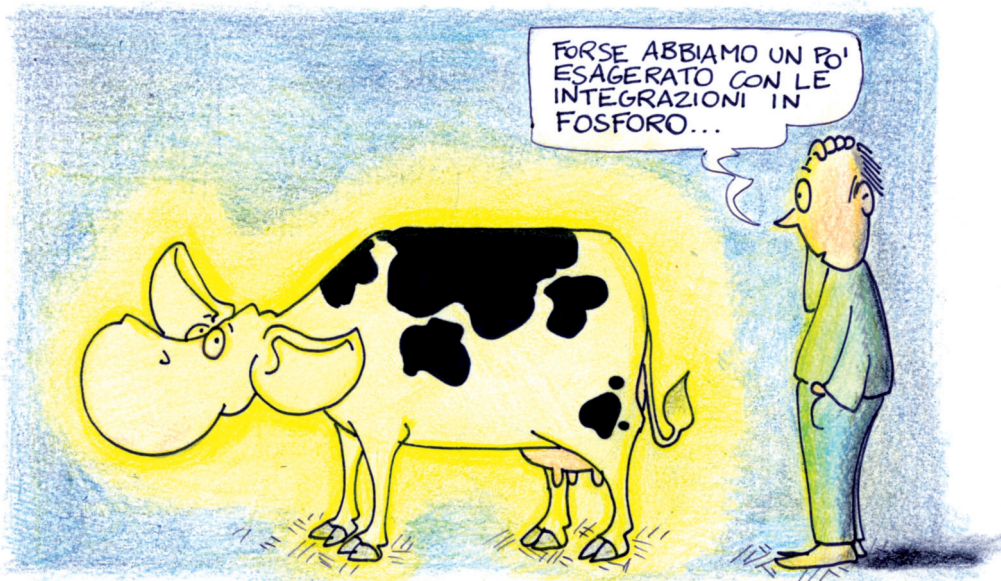
Fabbisogni NRC 2001

Periodo	Calcio %	Fosforo %	Ca:P	Fosforo assimilabile gr
Bovina in lattazione a 11 gg dal parto a Kg 25 di media	0.65	0.34	1.9:1	40
Bovina in lattazione a 90 gg dal parto a Kg 35 di media	0.61	0.35	1.7:1	56.5
Bovina a 240 gg di gravidanza	0.44	0.22	2:1	19.9
Bovina a 270 gg di gravidanza	0.45	0.23	1.9:1	20.3
Manze di 6 mesi d'età	0.41	0.28	1.4:1	9.1
Manze di 12 mesi	0.41	0.23	1.7:1	10.6
Manze di 18 mesi	0.37	0.18	2:1	13

di Grunberg (2005) si è osservato come nel 35% delle bovine con dislocazione dell'abomaso la fosfatemia sia al di sotto di 4.3 mg/dl. I sintomi clinici dell'ipofosfatemia occasionale sono essenzialmente debolezza muscolare, anoressia e la degenerazione del gusto (pica). La carenza cronica di manifesta con scarsa crescita, perdita di peso e produzione di latte, scarsa fertilità e fragilità ossea. Condizioni come "sindrome della vacca a terra" e la emoglobinuria del post-partum sono spesso associate con la ipofosfatemia. La carenza di fosforo nel plasma la troviamo frequentemente associata con il collasso puereperale, con spesso un valore inferiore a 2 mg/dl. È stato attribuito alla carenza di fosforo, non già a quella di calcio, il prolungamento dello stato "vacca a terra" dopo l'ipocalcemia post-partum. Si considera una ipofosfatemia cronica quando il fosforo è nel sangue a 2-3.5 mg/dl mentre acuta al disotto dei 2 mg/dl.

Il fosforo lo troviamo in natura presente in molti alimenti. Il latte rappresenta la fonte di maggiore qualità. Il livello nei foraggi è generalmente basso a differenza delle granelle e di alcuni sottoprodotti. Comunque la presenza negli alimenti è molto variabile, dipendendo dalla presenza di fosforo nel suolo, dalla piovosità, lo stadio di maturità etc. Troviamo la maggiore presenza di fosforo nei cruscami, nei sottoprodotti del riso, nella colza, nei lieviti e nei derivati del latte. Una parte variabile del fosforo presente negli alimenti è legata principalmente all'acido fitico, per formare fitati e in piccola parte ad altri composti organici. I fabbisogni di fosforo sono condizionati dalla sua biodisponibilità negli alimenti e dall'assorbimento. Nei foraggi, ad esempio, il coefficiente d'assorbimento è del 60% per il foraggio di medica contro l'80% della pianta intera del mais. Il coefficiente d'assorbimento dipende anche molto dalla classe degli animali. Risulta molto elevato, 90%, nei vitelli che consumano latte, per poi scendere al 78% quando pesano 100-200 kg. I fabbisogni di fosforo totale e assimilabile li troviamo nella tabella allegata.

Il fosforo è un macroelemento che spes-



so viene utilizzato in eccesso. Sovraddosarne il fabbisogno non migliora l'ingestione, né la produzione e la concentrazione nel latte di grasso e proteine. Nessun effetto positivo è stato riscontrato sulla fertilità. Livelli d'inclusione di fosforo superiori allo 0.64% della sostanza secca della razione possono deprimere l'assorbimento del magnesio.

S.R. Hill e collaboratori misero appunto nel 2007 un modello dinamico e meccanicistico, per prevedere digestione e metabolismo del fosforo nella vacca da latte. Per validare il modello si è considerata una produzione giornaliera di saliva di 239 litri al giorno e transito di liquido ruminale di 198 litri al giorno. Per un apporto di fosforo totale, fitico ed inorganico, di gr. 75 al giorno se ne è stimata una digeribilità del 38%. Per la sintesi del latte viene utilizzato il 30% del fosforo inorganico assorbito e circa l'1% viene escreto con le urine. Nella pratica dell'attività nutrizionale si osserva spesso un eccesso nel livello di fosforo utilizzato nei razionamenti formulati per le vacche in lattazione, che secondo alcuni lavori pubblicati può raggiungere il 30% del fabbisogno NRC 2001. Questa pratica dannosa per l'economia d'allevamento e per l'ambiente sembra derivare dal ruolo favorevole per la fertilità attribuito al fosforo, dalla tradizione piuttosto che da evidenze sperimentali. Pochissimi studi attribuiscono a una concentrazione di fosforo superiore allo 0.4% vantaggi riproduttivi come anche un livello infe-

riore allo 0.25% svantaggi nella fertilità, oggi difficilmente realizzabili, per il livello basale presente negli alimenti zootecnici. Molto dannoso invece è l'eccessiva concentrazione di fosforo apportato nell'alimentazione d'asciutta rispetto al fabbisogno NRC 2001 e soprattutto nel rapporto con il calcio. Nelle aree ad alta densità zootecnica si osserva con una certa frequenza, nel sangue prelevato in bovine in asciutta, un livello molto elevato di fosforo che oltre a rappresentare un costo, riduce la disponibilità di magnesio e calcio, creando pertanto delle carenze secondarie di questi due importanti macroelementi. Si ricorda che i livelli emetici ritenuti normali per una vacca da latte sono, secondo J.J. Kaneko in "Clinical Biochemistry of Domestic Animals", per il calcio ematico di 9.7 - 12.4 mg/dl (2.43 - 3.10 mmol/L) e per il fosforo di 5.6-6.5 mg/dl (1.81- 2.10 mmol/L) e quindi con un rapporto di almeno 1.7:1. nell'alimentazione d'asciutta. È considerato a rischio una concentrazione nelle razioni di fosforo superiore allo 0.4% e di calcio inferiore allo stesso valore.

In un futuro dove l'attenzione per l'ambiente e i costi d'allevamento sarà prioritaria, è necessario un approccio più pragmatico nell'uso di nutrienti come il fosforo, utilizzando da un lato i fabbisogni indicati dalla ricerca con maggiore attenzione, un maggior ricorso alle analisi dei terreni, degli alimenti e del sangue. ■