

ALLEVAMENTO DEL BOVINO DA LATTE

L'urea nel latte come strumento diagnostico

Origine, significato e modelli predittivi

Nel campo dell'assistenza tecnica agli allevamenti zootecnici, in particolare quelli di bovine da latte, esiste da sempre un grande interesse verso indicatori in grado di fornire informazioni sulle condizioni della mandria con riferimento a molteplici aspetti: attività riproduttiva, stato di salute generale degli animali, alimentazione, ecc. Con riferimento a questo ultimo aspetto, nel corso degli ultimi anni si registra una crescente attenzione da parte dei tecnici nutrizionisti nei confronti di indici di valutazione direttamente valutabili sugli animali e in grado di fornire informazioni circa la adeguatezza del tipo di alimentazione adottata ai loro fabbisogni nutrizionali, sia in termini quantitativi che qualitativi.

È infatti noto che esistono per lo meno tre differenti razioni: quella formulata dal nutrizionista in base ai fabbisogni degli animali e alle caratteristiche chimico nutrizionali stimate o, almeno in parte, frutto di analisi chimiche degli alimenti a disposizione; una seconda che corrisponde a quella effettivamente preparata in azienda e che differisce dalla precedente per la non perfetta corrispondenza, nonché la immanicabile variabilità, della qualità degli alimenti alle previsioni effettuate ma anche per gli "aggiustamenti" più o meno consapevoli apportati dall'allevatore o dal personale di stalla e gli errori o imprecisioni nella pesata dei singoli componenti della dieta; la terza infine corrisponde a quella effettivamente consumata dagli animali e che risente tra l'altro della possibilità di cernita lasciata agli stessi ma anche da possibili interazioni delle gerarchie interne alla mandria e che possono modificare le possibilità di accesso alla mangiatoia da parte dei diversi soggetti di una medesima mandria.

Indipendentemente poi da tutte queste possibili fonti di errore, rimane comunque mol-

to difficile prevedere cosa sarà realmente digerito e infine assorbito da parte dell'animale. La disponibilità di strumenti oggettivi di monitoraggio degli animali è poi oggi ancora più importante per i mutamenti che si sono verificati nel rapporto uomo animale come conseguenza dell'aumentato numero di capi nelle aziende, della tendenza alla progressiva meccanizzazione delle operazioni di stalla anche a contatto con gli animali e del sempre più diffuso ricorso a personale di stalla poco specializzato. In questo ambito la valutazione delle concentrazioni di urea nel latte come indice di valutazione della nutrizione azotata riscuote da molti anni un notevole interesse, anche in considerazione della non invasività e facilità del prelievo dei campioni nonché della relativa semplicità ed economicità della sua determinazione.

Per le sue ridotte dimensioni e la neutralità di carica elettrica, l'urea diffonde infatti facilmente e rapidamente nei vari tessuti, potendo seguire l'acqua praticamente in ogni distretto, incluso il latte durante la sua secrezione e la permanenza entro la ghiandola mammaria. Per tale motivo, vi è un'ottima e diretta relazione tra i livelli di urea nel sangue e nel latte.

La crescente attenzione alle problematiche legate all'inquinamento ambientale ha inoltre posto in primo piano il potenziale inquinante delle attività zootecniche, in primo luogo attraverso lo smaltimento delle deiezioni animali. Considerato che tra gli inquinanti presi maggiormente in considerazione ritroviamo il fosforo e l'azoto e che quest'ultimo rappresenta uno dei punti di maggiore criticità per l'allevamento di bovine da latte, appare evidente l'interesse verso parametri informativi dell'escrezione di urea con le urine.

Il significato dei livelli di urea nel sangue e nel latte è stato comunque, e in parte è ancora oggi, sopravvalutato e/o non correttamente interpretato. ►►

Paolo Bani, Luigi Calamari
Istituto di Zootecnica, Facoltà di
Agraria, Università Cattolica del
Sacro Cuore - Piacenza



Origine dell'urea nel latte

L'urea è una piccola molecola che si trova come normale componente del sangue e più in generale nei fluidi corporei. Essa deriva dalla condensazione, che avviene a livello epatico, di una molecola di anidride carbonica con una prima di ammoniaca libera e una seconda ceduta dall'acido aspartico. Nel caso dei ruminanti, l'ammoniaca ha però a sua volta una duplice origine: dal catabolismo ruminale dei composti azotati presenti negli alimenti (componente che può essere definita esogena) e dal normale metabolismo tissutale degli aminoacidi provenienti dall'assorbimento intestinale e dal continuo turnover delle proteine corporee (componente endogena). L'ammoniaca, tossica per l'organismo e in particolare per il tessuto nervoso, è veicolata nel sangue fino al fegato, ove avviene appunto la sua conversione in urea, molecola al contrario a bassissima o nulla tossicità almeno alle concentrazioni fisiologicamente presenti nel sangue. Tale metabolizzazione rappresenta quindi una via per la detossificazione dell'ammoniaca e per la sua veicolazione nel sangue fino ai reni, dove viene escreta con le urine (circa il 95% di quella perduta). Gli spostamenti dell'urea a livello renale avvengono senza dispendio di energia. Essa viene infatti filtrata a livello del glomerulo renale passando nell'urina primaria e successivamente può rientrare durante il transito nei tubuli contorti per semplice diffusione. Il ruminante presenta poi, rispetto ai monogastrici, la particolarità di poter riciclare una parte significativa dell'urea, e quindi dell'ammoniaca, nei prestomaci attraverso la saliva, la cui concentrazione di urea è analoga a quella ematica, e per diffusione diretta dai vasi sanguigni che irrorano le pareti ruminali, fino al lume interno.

La quantità di ammoniaca prodotta a livello ruminale è in relazione alla quantità di proteine, o meglio di sostanze azotate, ingerite con la razione, della loro degradabilità ruminale ma anche della quantità e cronologia nella disponibilità di energia (ATP) per la micropopolazione ruminale, derivante dalla fermentazione dei carboidrati, strutturali e non. Ne consegue che un aumento nella quantità di proteine ingerite o della loro degradabilità ruminale conduce a un aumento della produzione di ammoniaca, mentre al contrario un'abbondante disponibilità di glucidi fermentescibili favorisce l'utilizzo dei prodotti della degradazione proteica-ammoniaca ma anche oligopeptidi e aminoacidi - per la sin-

tesi di nuove proteine microbiche che potranno poi essere almeno in parte normalmente digerite a livello gastro-intestinale e vantaggiosamente utilizzate dall'animale.

L'ammoniaca ruminale viene assorbita per una quota variabile - dal 15 al 50% di quella assorbita complessivamente - direttamente dalla mucosa prestomacale, sotto forma di molecola non dissociata (NH_3), mentre gli ioni ammonio (NH_4^+) lo sono molto più lentamente.

L'ammoniaca ha un pK di 9.3, significa cioè che a tale valore di pH essa si trova equamente ripartita nelle due forme, dissociata e non, mentre a pH compresi tra 6 e 7 è pressoché totalmente (dal 99.9 al 98.7%) sotto forma di ione ammonio. Oltre alla concentrazione di ammoniaca nel liquido prestomacale diviene quindi importante anche il suo livello di acidità, in quanto un aumento di pH sposta l'equilibrio tra le due forme di ammoniaca a vantaggio della forma non dissociata incrementandone l'assorbimento, anche per un aumento della permeabilità della mucosa ruminale.

Gli aminoacidi assorbiti a livello intestinale, come pure quelli provenienti dal ricambio delle proteine corporee, vengono impiegati per supportare i fabbisogni di mantenimento, legati soprattutto al turnover delle cellule del canale digerente, e le produzioni animali. Essi possono quindi essere trattiene perché inclusi nell'aumento di massa corporea oppure della massa fetale o ancora secreti col latte. Qualunque sia la finalità delle sintesi proteiche associate a queste funzioni appena ricordate, i processi anabolici si svolgono sempre con efficienze inferiori all'unità, per cui ad essi si affianca sempre anche una produzione di ammoniaca endogena. L'entità di quest'ultima è legata a molteplici fattori, ma dipende comunque in misura significativa anche dalla congruità dei rapporti tra gli aminoacidi - soprattutto tra quelli essenziali ma non solo - con i relativi specifici fabbisogni connessi alle diverse produzioni, e quanto più il profilo aminoacidico del pool di aminoacidi disponibili per le sintesi si discosta da quello dei fabbisogni animali tanto maggiore sarà la quantità di aminoacidi in eccesso - relativo o assoluto - destinati ad essere catabolizzati e a generare ammoniaca. Va ricordato infine come gli aminoacidi possano anche essere, in situazioni di carenza di energia, direttamente ossidati per produrre ATP oppure, soprattutto nel ruminante, convertiti a glucosio (gluconeogenesi). In entrambi i

casi all'inizio del processo si ha il distacco del gruppo amminico e quindi produzione di ammoniaca.

Da quanto sopra risulta quindi chiaro come sui livelli di urea ematica incida tanto la produzione di ammoniaca esogena, proveniente dai prestomaci, quanto di quella endogena, dal metabolismo tissutale degli aminoacidi. Ciò è chiaramente dimostrato, tra le altre, dai risultati di ricerche condotte diversi anni fa nel nostro Istituto e che hanno previsto di aumentare, nella razione di manze dotate di fistola ruminale, la percentuale di proteine alimentari dal 10 al 14% della sostanza secca, ponendosi quindi in una situazione di eccesso proteico, ricorrendo però a fonti proteiche con diversa - alta o bassa - degradabilità ruminale ma buona digeribilità intestinale. Gli andamenti postprandiali nei livelli di ammoniaca ruminale e di urea ematica, monitorati per alcuni giorni dopo le variazioni alimentari (figure 1 e 2), sono estremamente eloquenti. Le concentrazioni di ammoniaca ruminale sono state notevolmente aumentate dalla maggiore somministrazione di proteine degradabili e in misura molto più modesta da quella di proteine più bypass, ma i livelli di urea nel sangue si sono innalzati in misura pressoché identica con le due diverse diete. Le origini dell'ammoniaca che ha generato poi l'aumento dell'uremia sono state ovviamente diverse: ruminale nel primo caso ed endogena nel secondo. Questa sottolineatura, che può apparire ridondante, è però necessaria, in quanto vi è stata nel recente passato la tendenza, che non di rado ancora riemerge, a porre le variazioni dei livelli di urea in relazione pressoché esclusiva a eccessi o carenze di azoto solubile e/o degradabile nel

rumine, assoluta o in relazione alla disponibilità di energia fermentescibile.

Principali cause di variazione del tenore di urea nel sangue (e nel latte)

I livelli ematici di urea mostrano un caratteristico andamento circadiano che è in stretta relazione con il ritmo di alimentazione delle bovine per cui, soprattutto nel caso l'animale consumi i tradizionali due pasti principali nel corso della giornata, si registra un aumento post-prandiale dell'uremia che si protrae per 4-6 ore seguito da un nuovo abbassamento. Tale andamento standard è tuttavia fortemente influenzato dalle tecniche di alimentazione, in quanto l'aumento del numero dei pasti, come si verifica con l'impiego degli autoalimentatori e dell'unifeed le oscillazioni giornaliere tende a smorzare le oscillazioni nell'arco della giornata.

Tra i fattori alimentari, quelli che più strettamente influenzano l'urea nel sangue e nel latte si riferiscono all'apporto di proteine e di energia della razione. Per quanto riguarda le proteine, in passato si faceva riferimento soprattutto al grado di copertura del fabbisogno proteico, ma considerare questo parametro da solo non è corretto in quanto non meno importante sembra essere l'ingestione totale di proteine, indipendentemente dal soddisfacimento del fabbisogno stesso. Non si spiegherebbe altrimenti come nelle bovine in asciutta, i cui fabbisogni proteici sono modesti, l'urea ematica rimanga sempre relativamente bassa anche se i fabbisogni vengono ampiamente soddisfatti o non di rado ecceduti. Come già ricordato, si è spesso sottolinea-

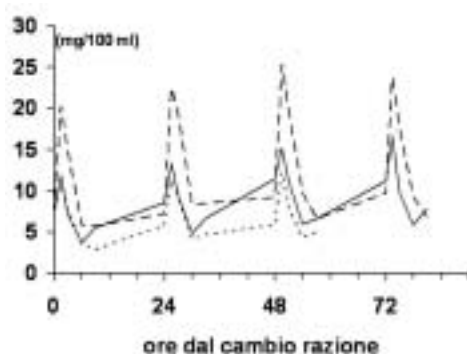


Figura 1. Variazioni dell'ammoniaca ruminale in manze che ricevevano una razione al 10 % di protidi grezzi (.....) e dopo il passaggio a una razione con il 14% di protidi grezzi ad alta (-----) o bassa (—) degradabilità ruminale (i pasti iniziavano a 0, 24, 48, 72 ore).

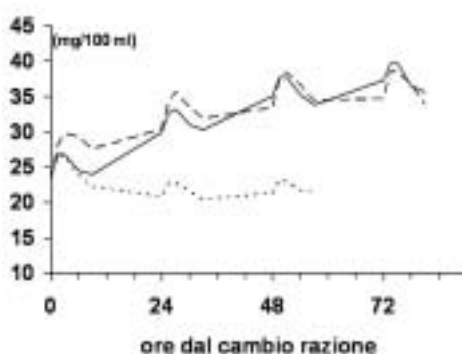


Figura 2. Variazioni dell'urea ematica in manze che ricevevano una razione al 10 % di protidi grezzi (.....) e dopo il passaggio a una razione con il 14% di protidi grezzi ad alta (-----) o bassa (—) degradabilità ruminale (i pasti iniziavano a 0, 24, 48, 72 ore).



ta l'importanza della frazione di proteine solubili e degradabili come principale causa di variazione del tenore in urea del latte, ma ormai molteplici esperienze dimostrano come il contributo delle proteine bypass sia altrettanto importante nel condizionare i valori di urea nel sangue. Oltre alle nostre ricerche già riportate, si può ricordare come già nel 1993 Roeseler e coll. avessero elaborato, sulla base di dati sperimentali, un'equazione secondo la quale, a parità di energia ingerita, uno stesso aumento (100 g) di proteine determinerebbe un aumento dell'urea nel latte addirittura superiore (+2.6 mg/100 ml) se costituite da forme "bypass" piuttosto che da proteine degradabili (+ 1.6 mg/100 ml).

L'incidenza della composizione aminoacidica della razione, in particolare della frazione bypass, sui valori di urea nel latte, per quanto teoricamente rilevante, non è supportata da risultanze sperimentali univoche, in probabile dipendenza anche della difficoltà di valutare con buona precisione l'effettivo profilo aminoacidico delle proteine digeribili a livello intestinale, almeno con le metodologie impiegate in diverse ricerche.

Anche l'integrazione alimentare con uno o più aminoacidi considerati solitamente come limitanti (metionina e lisina in particolare) in forma ruminoprotetta non sempre ha consentito di avere un effetto positivo sul titolo proteico del latte e sui livel-

li di urea nel sangue e latte, se non quando sono stati impiegati riducendo al contempo il tenore proteico della razione. In questo caso il minor apporto di proteine, ma meglio bilanciate per gli aminoacidi presenti, copre altrettanto bene le esigenze ma lascia meno aminoacidi da catabolizzare. Un ulteriore importante fattore alimentare si è detto essere rappresentato dall'apporto di energia. L'urea tende a diminuire all'innalzarsi del livello energetico della razione per le conseguenze che ne derivano a livello ruminale e metabolico. Accanto all'effetto già menzionato di una larga disponibilità di energia fermentescibile che limita l'assorbimento di ammoniacale promuovendone l'impiego per le sintesi di proteine microbiche, il livello alimentare di energia, inducendo un minor impiego per scopi energetici delle proteine riduce anche la produzione di NH_3 endogena (figura 3) e quindi di urea. Così ad esempio la distanza tra i pasti può svolgere un ruolo significativo in quanto se i pasti sono abbastanza ravvicinati l'approvvigionamento più regolare di nutrienti rende meno necessaria la catabolizzazione, di più o meno breve durata, degli aminoacidi a scopi energetici. Nella figura 4 si può appunto notare come, nel caso della somministrazione di due pasti principali di foraggi distanziata di 8 - 16 ore si assista a un aumento dell'uremia solo dopo il primo pasto della giornata (distante

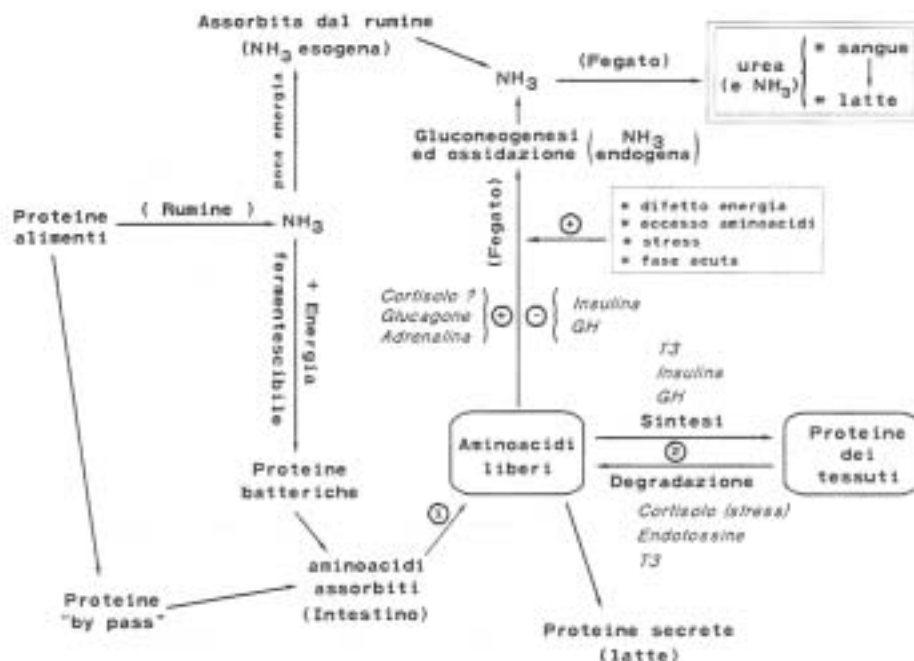


Figura 3. Rappresentazione schematica del metabolismo azotato nella bovina da latte (Bertoni, 1995).

16 ore dal precedente) ma non dopo il secondo, quando all'aumentata produzione ruminale di ammoniaca non si somma la tendenza a catabolizzare parte degli aminoacidi assorbiti per finalità principalmente energetiche.

Tra i fattori non alimentari capaci di incidere sui livelli di urea ematica, il fattore genetico, soprattutto con riferimento alla diversa razza di appartenenza delle bovine, è stato oggetto di diverse indagini, risultando però di scarsa importanza, almeno quando si tenga conto delle differenze di peso vivo. Meno studiato è invece il possibile effetto della differente potenzialità genetica degli animali all'interno di una medesima razza, che però, sulla scorta di ricerche condotte presso L'Istituto di Zootecnica di Piacenza, sembra assumere una certa importanza soprattutto perché con essa varia l'entità nell'utilizzazione degli aminoacidi per la gluconeogenesi e comunque quale fonte energetica. A parità di condizioni alimentari, nelle bovine a più elevata potenzialità genetica si sono registrati infatti livelli di urea più bassi, verosimilmente in conseguenza di differenze nel quadro ormonale che vede più alti valori di GH e più bassi di T3 associati a insulina e cortisolo più bassi, che consentono all'animale di ricorrere maggiormente ai lipidi di riserva e meno alle proteine per sopperire alle esigenze energetiche. Nel complesso, i fattori genetici sembrano comunque giocare un ruolo di secondaria importanza.

La fase di lattazione può avere un certo effetto, ma di tipo prevalentemente indiretto. Durante la lattazione infatti i valori sono più bassi soprattutto al 1° mese e poi aumentano progressivamente per raggiungere i valori più elevati quando viene raggiunta la massima ingestione di sostanza secca, mentre nelle fasi finali della lattazione i valori di urea tendono nuovamente a diminuire. Queste variazioni sono certamente condizionate in primo luogo dalla differenza di ingestione di alimenti, quindi di proteine e di energia, nonché dalla copertura del fabbisogno energetico, ma su di esse incidono anche variazioni endocrine, con particolare riferimento a GH, insulina e glucagone.

Tra i fattori ambientali, la stagione ha una influenza limitata se escludiamo i periodi estivi di temperature elevate, oltre i 25-26°C, specie se associate a elevata umidità e scarso movimento dell'aria in prossimità degli animali. In queste condizioni si verifica un maggiore catabolismo degli aminoacidi per scopi energetici che dovrebbe aumentare

le concentrazioni di urea nel sangue. Tuttavia, nelle medesime condizioni diminuisce anche l'ingestione di alimenti che modifica il metabolismo ruminale, ma anche la disponibilità di a.a. e metaboliti a scopo energetico, i quali possono accrescere o ridurre le quote di NH_3 endogena ed esogena in misura non facilmente prevedibile. Il quadro è reso più complesso anche perché contemporaneamente aumentano le richieste di mantenimento per le aumentate esigenze di termoregolazione e per le variazioni nell'equilibrio endocrino (riduzione del GH, degli ormoni tiroidei, dei corticosteroidi e dell'insulina). Nei periodi caldi si hanno infine variazioni anche nei tempi di assunzione degli alimenti, soprattutto nei casi in cui si utilizzi la tecnica "unifeed", con preferenza per le ore meno calde. La conseguenza di tutto ciò è che non sempre si nota l'aumento di urea all'inizio ipotizzato, anche perché può dipendere dal momento della giornata in cui si effettuano i controlli del sangue oppure, nel caso del latte, si consideri la mungitura del mattino o del pomeriggio.

Oltre agli stress termici, i livelli di urea possono risentire anche di altre forme di stress: di tipo fisico con dolore e/o ferite (pavimentazione dissestata, cuccette inadatte, gradini troppo alti, ecc.), di tipo psicologico che creano stati di paura ed ansietà (sovraffollamento, cambiamento frequente di gruppo, personale violento, ecc.), stress da malattie cliniche e subcliniche, da infiammazioni (varie forme podali, affezioni uterine, ecc.) e da endotossine batteriche prodotte - oltre che nel caso di alcune malattie infettive - a livello del digerente nei casi di anomalie digestive. Nelle prime due forme di stress si ha una risposta in termini di catecolamine e di glucocorticoidi con maggiore mobilitazione di molti principi nutritivi tra cui gli aminoacidi e quindi aumento dell'urea. Meccanismo del tutto differente si ha nello stress da malattia in cui, attraverso la mediazione delle citochine, si ha una promozione del catabolismo ed una depressione dell'anabolismo. Anche queste variazioni portano tuttavia a un maggiore utilizzo delle "riserve" proteiche per scopi energetici e quindi l'urea nel sangue dovrebbe tendere ad aumentare. Tale riscontro non è peraltro costante, poiché nelle medesime condizioni si notano spesso una anoressia ed un calo produttivo più o meno gravi che modificano non poco la reale quantità di aminoacidi catabolizzati (anche perché diverso può essere il ricorso alle riserve lipidiche).



Urea nel latte

Se è vero che la produzione di ammoniaca si traduce in congruenti variazioni nei livelli di urea nel sangue, che rimane l'indice di interesse primario, risulta tuttavia più utile ed economico "leggere" questo parametro attraverso il suo contenuto nel latte.

Questo è possibile grazie alla elevata diffusibilità dell'urea per la quale qualsiasi sua variazione nei livelli ematici si riflette nel volgere di pochi minuti in un corrispondente cambiamento in tutti i liquidi biologici. È infatti noto come le concentrazioni di urea nei due liquidi biologici, sangue e latte, siano altamente correlate, ma sia l'entità di tali correlazioni sia i rapporti tra i rispettivi valori assoluti, che risultano spesso leggermente inferiori nel latte rispetto al sangue, riportati in letteratura presentano una certa variabilità che è opportuno discutere brevemente.

Il latte, nel corso della sua secrezione, riflette in sé le concentrazioni di urea presenti nel sangue in quel momento. Si ritiene quindi che il livello di urea nel latte munto rappresenti una sorta di media dei valori di uremia verificatisi nell'arco della giornata, o tra le due mungiture se riferito a una sola munta. Questo è in parte vero, ma anche il latte già secreto e contenuto nei dotti galattofori tende a equilibrare in continuo i propri livelli di urea con quelli ematici, per cui si verifica la tendenza a un continuo aggiornamento del contenuto in urea del latte rispetto ai valori più recenti presenti nel sangue, che avviene comunque con un certo ritardo rispetto a questi ultimi. I rapporti tra urea ematica e urea nel latte potranno dunque essere diversi ma gli scostamenti varieranno a seconda del momento di prelievo del sangue come pure dell'evoluzione di tale parametro nell'intervallo di tempo intercorso rispetto alla mungitura precedente. Di conseguenza, anche le relazioni tra concentrazioni ematiche e nel latte dipenderanno in larga misura dal momento del prelievo del sangue, soprattutto in relazione agli orari dei pasti.

Di minore rilevanza sono invece le differenze fra inizio e fine della mungitura, che sono in relazione prevalentemente con il diverso contenuto in grasso, che è minore nelle fasi iniziali della mungitura e quindi, dal momento che l'urea si trova nel plasma, il valore tende ad essere più elevato. Tra latte completamente sgrassato e latte intero le differenze sono comunque al massimo del 4-6%.

Secondo alcuni autori le alterazioni a ca-

rico del tessuto ghiandolare mammario potrebbero causare una diminuzione dell'urea nel latte in probabile conseguenza delle alterazioni della mucosa secernente che sarebbe meno permeabile all'urea. Questa situazione sembra verificarsi in particolare nei processi infiammatori cronici, ma le differenze osservate sono molto variabili e comunque di modesta entità (mediamente pari a 2.7 mg/100 ml)

Modelli previsionali

Diversi sono stati i modelli previsionali proposti per stimare i livelli di urea nel sangue o nel latte, principalmente sulla base di alcune caratteristiche della razione. Tra questi si può certamente ricordare quello proposto da Roseler e coll. nel 1993 che impiegava come variabili indipendenti l'energia netta latte (NEL) e le proteine ingerite, sia degradabili (DIP) sia bypass (UIP). L'equazione, che ha un R² di 0.67, è la seguente:

$$\text{Urea sangue (mg/100 ml)} = 10.7 + 0.016 \times \text{DIP (g)} + 0.0256 \times \text{UIP (g)} - 1.26 \times \text{NEL (Mcal)}$$

Questa equazione ha tuttavia validità limitata alle condizioni di allevamento nelle quali sono state condotte le ricerche che l'hanno generata: essa stima infatti i valori di urea del sangue rilevabili 4 ore dopo un'unica distribuzione degli alimenti al mattino (10% di residui al momento della nuova distribuzione).

Sulla scorta di questi valori viene proposta l'equazione per stimare i valori di urea del latte:

$$\text{Urea latte (mg/100 ml)} = -2.83 + 0.88 \times \text{Urea sangue (mg/100 ml)}; (R^2 = 0.79)$$

Occorre però considerare che i prelievi di latte, sulla scorta dei quali è stata elaborata l'equazione, venivano effettuati prima della distribuzione degli alimenti e quindi le differenze fra sangue e latte sono dovute anche al momento di prelievo. Questa equazione, quindi si può correttamente utilizzare solo in determinate situazioni.

Il modello di Roseler, come altre equazioni proposte nel corso degli anni, richiede una preventiva valutazione della qualità delle proteine, con riferimento alla loro degradabilità ruminale, e dell'energia della razione. Il dato che viene quindi fornito da tale equazione dipende anche dalla disponibilità di informazioni circa questi aspetti o dalla capacità del nutrizionista di stimarli con buona approssimazione.

Il modello proposto da Jonker e coll. nel 1999 si caratterizza invece, tra l'altro, per la facilità di reperimento o stima dei dati richiesti. Il sistema si sviluppa considerando l'animale un sistema semplice in equilibrio e assumendo come quota di azoto in ingresso quella ingerita con gli alimenti e digerita a livello intestinale e come possibili vie di uscita la secrezione con il latte, la perdita di azoto metabolico fecale e l'escrezione urinaria. Partendo da quest'ultimo dato, ottenuto per differenza, viene calcolata la concentrazione di urea nel latte in base alla clearance renale dell'urea.

Il modello può essere scritto come segue:

$$AUL = [(NI \times 0.83) - N_{tot. \text{ latte}} - 98] / 12.54$$

dove

AUL = Azoto Ureico Latte (mg / 100 ml)

NI = azoto ingerito con la razione (g/d)

N_{tot. latte} = contenuto in azoto totale del latte secreto (g/d), calcolabile moltiplicando la produzione di latte (kg/d) per il suo contenuto in azoto (g/kg).

Si tratta di un modello meccanicistico che assume come costanti sia la digeribilità reale dell'azoto (dei protidi grezzi) posta pari a 0.83, sia la escrezione di azoto metabolico (98 g/d), sia ancora la clearance renale dell'urea (1254 l/d).

È tuttavia ben noto come la quota di azoto metabolico escreta consista principalmente nella perdita per desquamazione delle cellule della mucosa del tratto digerente e come questa sia in stretta relazione con la quantità di sostanza secca ingerita e che transita nel canale alimentare. Queste perdite sarebbero quantificabili in 4.7 g/kg di sostanza secca ingerita (NRC, 2001). È stato quindi possibile provvedere a un primo affinamento del modello proposto sostituendo il termine fisso di 98 g/d con una quota variabile appunto in base all'ingestione di sostanza secca (SSI). Tale dato si assume essere noto, almeno con buona approssimazione, ed è comunque necessario anche per il calcolo della ingestione complessiva di azoto alimentare.

La clearance renale dell'urea, inoltre, è sì abbastanza costante, ma soprattutto quando riferita all'unità di peso vivo dell'animale. Questo fatto contribuisce a spiegare perché l'effetto razza sui livelli di urea nel sangue/latte riscontrato ad esempio comparando bovine Holstein con altre di razza Jersey scompariva quando il confronto veniva depurato dell'effetto dovuto alle differenze di peso vivo. Anche il termine costante dell'equazione relativo a questo aspet-

to (1254 l/d) è stato quindi sostituito con una funzione che rapporta la clearance al peso vivo dell'animale assumendola pari a 1.45 ml/min. per kg Peso Vivo (PV).

Ne è scaturito un modello leggermente più complesso ma che sostanzialmente richiede come unico dato realmente aggiuntivo la valutazione del peso vivo della vacca o delle vacche di una mandria.

Esso può quindi essere scritto nella seguente forma:

$$AUL = [(NI \times 0.83) - N_{tot. \text{ latte}} - 4.7 \times kg \text{ SSI}] / [(1.45 \times 60 \times 24 \times PV) / 100000]$$

Nel quale le parti in corsivo indicano le variazioni introdotte al modello originale.

Per la verifica della capacità predittiva del modello sono stati impiegati i dati relativi a 10 vacche da latte allevate presso la stalla sperimentale dell'Istituto di Zootecnica di Piacenza e seguite con scrupolosi controlli individuali durante un'intera lattazione. Gli animali, mantenuti in stabulazione fissa, ricevevano una razione basata sull'impiego di mais silo (22.0 +/- 3.3 kg/d), fieno di medica (3.0 +/- 0.3 kg/d) e di graminacee (2.5 +/- 0.8 kg/d) oltre a un concentrato di lattazione (13.6 +/- 1.96 kg/d). I controlli effettuati sugli animali hanno riguardato principalmente l'urea ematica, prelevando il sangue dalla vena giugulare al mattino prima della somministrazione del primo pasto di foraggi, la produzione di latte (per due mungiture consecutive la seconda delle quali precedeva di circa 2 ore il prelievo di sangue, mentre l'altra si riferiva alla sera precedente) e la sua composizione (azoto totale e urea, quest'ultima determinata con metodo UV, come per il sangue). Complessivamente sono state valutate 78 osservazioni individuali. Periodici monitoraggi sono stati condotti anche sugli alimenti, dei quali si sono analizzate le principali caratteristiche chimico-nutrizionali, e sulla ingestione di alimenti.

Il dataset comprendeva valori di urea ematica compresi tra meno di 25 a oltre 45 mg/100 ml, con valori più frequenti nell'intervallo 35-40 mg/100 ml. Le produzioni di latte sono state medio-alte, in quanto oltre il 70 % dei rilievi ha fornito produzioni giornaliere superiori ai 30 kg/d, e superiori ai 50 kg/d nel 10 % circa dei casi. Anche i livelli di ingestione di alimenti sono stati ovviamente altrettanto elevati.

I livelli di urea misurati nel sangue (US) e nel latte (UL) sono risultati, come atteso, altamente correlati (r=0.89, P<0.001) ma anche quasi perfettamente sovrapponibili nei valori medi (35.5 +/- 5.86 mg/100 ml di



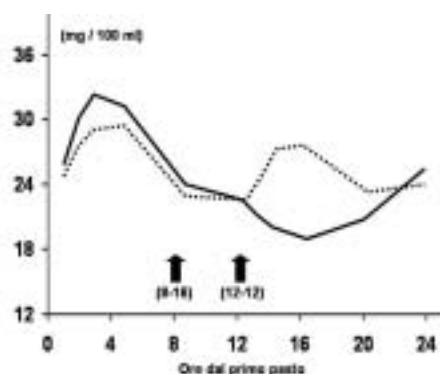


Figura 4. Andamento dell'urea ematica in bovina da latte alimentate con una medesima razione di foraggi ripartiti in 2 parti distanziate di 8-16 (—) oppure 12-12 (-----) ore; in entrambi i casi i concentrato erano ripartiti in 7 pasti fra le ore 0 e le ore 16.

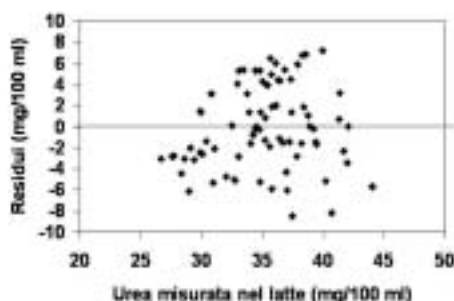


Figura 5. Distribuzione degli scarti tra le concentrazioni di misurate (UL) e stimate in base al modello evoluto (UL2).

urea nel latte vs. 35.5 ± 6.44 mg/100 ml nel plasma).

A questo set di dati sono stati applicati sia il modello originale di Jonker e coll. (UL1) sia quello "evoluto" e da esso derivato (UL2). Con riferimento alle medie generali si può innanzitutto rilevare come il modello UL1 abbia fornito una certa sovrastima dei livelli di urea nel latte (40.3 ± 6.93 mg/100 ml), mentre, al contrario, con il modello da noi proposto sia avuta una sottostima, ancorché di entità molto più modesta (media generale stimata pari a 33.5 ± 4.70 mg/100 ml).

I coefficienti di correlazione tra valori misurati e stimati sono stati altamente significativi per entrambi i modelli a confronto, ma nettamente migliori per il modello UL2.

L'analisi della distribuzione degli scarti tra UL e UL2 (figura 5) dimostra poi una omogenea distribuzione tra i casi e le entità delle sovra e delle sottostime.

Nel complesso, la versione più articolata

del modello di Jonker e coll. da noi proposta dimostra una migliore capacità predittiva rispetto all'equazione originale, sia in termini di valori assoluti (medie generali di UL e UL2 più vicine) sia di maggiore precisione della previsione (scarti ridotti e correlazioni migliori).

È da sottolineare come i dati impiegati si riferissero a singoli animali, includendo quindi una certa naturale variabilità individuale, nello svolgimento dei processi digestivi quanto nella escrezione urinaria, che nel caso di valori medi di stalla, ottenuti dal latte di massa, è ragionevole pensare che avrebbero una compensazione interna alla mandria. In questi casi la capacità predittiva del modello, che si è comunque dimostrato efficiente, dovrebbe migliorare ulteriormente. Analizzando infatti l'andamento dei valori medi mensili dei dati di UL in confronto a quelli di UL1 e UL2 (figure 6 e 7) si osserva che le curve presentano valori spesso sovrapposti ma con alcuni punti di scostamento più evidenti, peraltro meno frequenti e più contenuti con il modello UL2 vs. UL1. In particolare, il modello UL2 offre una certa sottostima del dato sperimentalmente verifi-

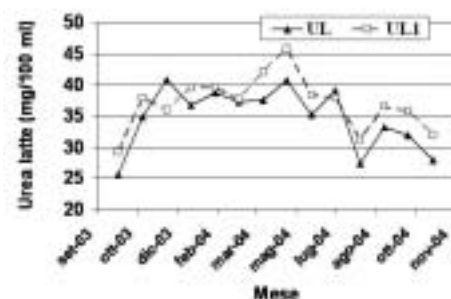


Figura 6. Andamento dei livelli medi di urea nel latte misurati sperimentalmente (UL) e stimati in base al modello di Jonker e coll., 1993 (UL1), nel periodo oggetto dei controlli sperimentali.

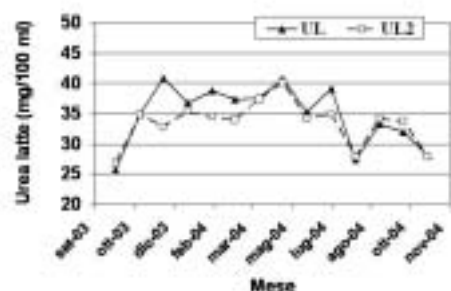


Figura 7. Andamento dei livelli medi di urea nel latte misurati sperimentalmente (UL) e stimati in base al modello evoluto (UL2), nel periodo oggetto dei controlli sperimentali

cato concentrata in taluni momenti, rendendo opportune ulteriori indagini per tentare di chiarirne le ragioni.

Nelle condizioni di campo i responsi del modello potrebbero rivelarsi però meno precisi dell'atteso, non tanto per i limiti dell'equazione di previsione quanto per le maggiori difficoltà, rispetto alle condizioni sperimentali su cui ci si è basati per la verifica da noi condotta, di valutare correttamente la effettiva ingestione, peraltro variabile anche da un giorno all'altro, nonché la qualità degli alimenti, soprattutto con riferimento ai foraggi.

Interpretazione dei valori di urea nel sangue/latte

Per una corretta interpretazione dei livelli di urea occorre innanzitutto avere un termine di paragone, quindi dei valori di riferimento, considerati "normali" per animali in buono stato di salute.

Ma è ancor prima necessario chiarire che con riferimento all'urea si impiegano comunemente diverse unità di misura. Per l'urea ematica vengono spesso citati ad esempio gli acronimi anglosassoni BUN (*Blood Urea Nitrogen*) o PUN (*Plasma Urea Nitrogen*), che vengono solitamente espressi come azoto ureico, in mg/100 ml. Termine equivalente relativo al latte è quello di MUN, cioè *Milk Urea Nitrogen*, con la medesima unità di misura.

Nella nostra realtà zootecnica le concentrazioni di urea nel latte, e a volte anche nel sangue, vengono più frequentemente espresse come urea, e non come azoto ureico, in mg/100 ml. Considerato che la molecola di urea contiene il 46.4% di azoto, i valori così espressi sono poco più che doppi di quel-

li misurati come azoto ureico.

Una terza modalità, tecnicamente più corretta e aggiornata perché conforme alle indicazioni unità di misura del Sistema Internazionale (SI), è quella che esprime l'urea come mmol/l.

Nella tabella 1 sono riportati i fattori di conversione per passare da una unità di misura all'altra.

Per quanto concerne gli intervalli di riferimento, nel corso degli anni nella letteratura tecnico-scientifica ne sono stati proposti di abbastanza diversi. Peyraud (1989) ha proposto un intervallo ottimale tra i 27 e i 30 mg di urea/100 ml (4.5 - 5.0 mmol/l), con una zona di tolleranza più estesa (25 - 33 mg/100 ml = 4.2 - 5.5 mmol/l). Butler e coll. (1996) ritiene che al di fuori dell'intervallo 16.0 - 40.6 mg/100 ml di urea possa venire compromessa la fertilità delle bovine da latte. Altri autori propongono intervalli compresi tra un limite inferiore di 22-26 e uno superiore di 30-34 mg di urea/100 ml. Questa variabilità di valori può essere in larga misura spiegabile dai criteri seguiti nella definizione di questi limiti: valori oltre i quali si rendono manifesti alcuni problemi sulla mandria (fertilità ad esempio), oppure mera elaborazione statistica di elevate moli di dati provenienti dai controlli funzionali ma che contengono anche una parte consistente di valori aberranti, ecc. Seguendo una metodologia di ricerca messa a punto negli anni per la definizione dei range di riferimento per diversi parametri ematici che rientrano nel PMP (Profilo Metabolico Piacenza) l'Istituto di Zootecnica di Piacenza ha individuato dei limiti di riferimento calibrati anche in base alla produzione di latte della mandria o del gruppo di vacche.

Fattori di conversione per le diverse unità di misura dell'urea nel sangue e nel latte

Unità di partenza		Fattore moltiplicativo	Unità di arrivo	
Urea	BUN, PUN, MUN *	(mg/100 ml)	Urea	(mg/100 ml)
		2.144		(mmol/l)
		0.355		(mg/100 ml)
		6.010		(mmol/l)
		0.166	BUN, PUN, MUN*	(mg/100 ml)
		2.808		
		0.466		

*BUN: *Blood Urea Nitrogen* = azoto ureico nel sangue

PUN: *Plasma Urea Nitrogen* = azoto ureico nel plasma sanguigno

MUN: *Milk Urea Nitrogen* = azoto ureico nel latte

Tabella 1





Per saperne di più

1-AA.VV. L'urea nel latte: Cause di variazione, conseguenze per l'animale e mezzi correttivi. A cura di G. Bertoni. Ed. AIA, 1995, Roma.

2-Jonker e coll. Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to National Research Council recommendations. J. Dairy Science. 1999; vol. 82, n. 6: pp. 1261-1273.

3-Roseler e coll. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk non protein in Holstein cows. J. Dairy Sci. 1993; vol. 76: pp. 525.

4-NRC Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th rev. ed. Nat. Acad. Press, Washington DC, 2001.

Così, per vacche con produzione fino a 30 kg/d viene suggerito un "intervallo di riferimento", compreso tra 25 e 33 mg di urea/100 ml, mentre per produzioni oltre i 30 kg di latte si propone un range su valori più alti, tra 28.5 e 37 mg/100 ml.

Come allora interpretare i valori di urea nel latte da parte del tecnico di allevamento? Al momento della formulazione di una razione, il dato di urea prevista sulla base delle caratteristiche degli animali e della dieta in elaborazione può essere di aiuto, di guida per il nutrizionista. Successivamente, il confronto tra la concentrazione realmente misurata e quella prevista offre un'indicazione sulla correttezza o meno delle ipotesi fatte sia sugli animali che sugli alimenti e la tecnica di alimentazione. Una discordanza tra i due valori, previsto e misurato, se confermata da ulteriori controlli dovrebbe indurre il nutrizionista a un riesame del lavoro svolto. Livelli "alti" o "bassi" di urea nel latte, come valore analitico, rispetto al valore preventivato con la formula non contengono in sé la risposta a questa "anomalia" ma piuttosto indicano, fanno emergere un possibile problema, da valutare con indagini più approfondite.

Da quanto premesso risulta infatti eviden-

te come, contrariamente a quanto spesso ritenuto, l'urea nel latte sia un parametro di non semplicissima interpretazione, stante la molteplicità dei fattori capaci di incidere su di esso, e che non può essere considerato a sé stante. I valori sono certamente proporzionali alla quantità di ammoniaca prodotta, ma la provenienza, endogena o esogena, e le cause di un suo eccesso o carenza possono essere molteplici e la loro identificazione richiede una attenta valutazione della razione e dei suoi componenti (tenore proteico, soprattutto dei foraggi, e reale disponibilità di quelle proteine, disponibilità di energia fermentescibile e non, adeguatezza del rapporto tra azoto prontamente degradabile e glucidi altrettanto rapidamente fermentescibili, modalità di distribuzione della razione, ecc.) nonché della risposta animale (ingestione e produzione di latte secondo le attese o meno, funzionalità del digerente, ecc.).

È comunque da sottolineare che le ripercussioni negative normalmente associate ad alti, ma fisiologici, livelli di urea non sono da imputare a un effetto tossico diretto di questa molecola, quanto ad altri fattori, squilibri, alimentari o metabolici, di cui essi sono spia. ■