



Approcci sostenibili all'alimentazione animale: strategie per la riduzione dell'impatto ambientale

Dr. Francesco Serrapica
francesco.serrapica@unina.it

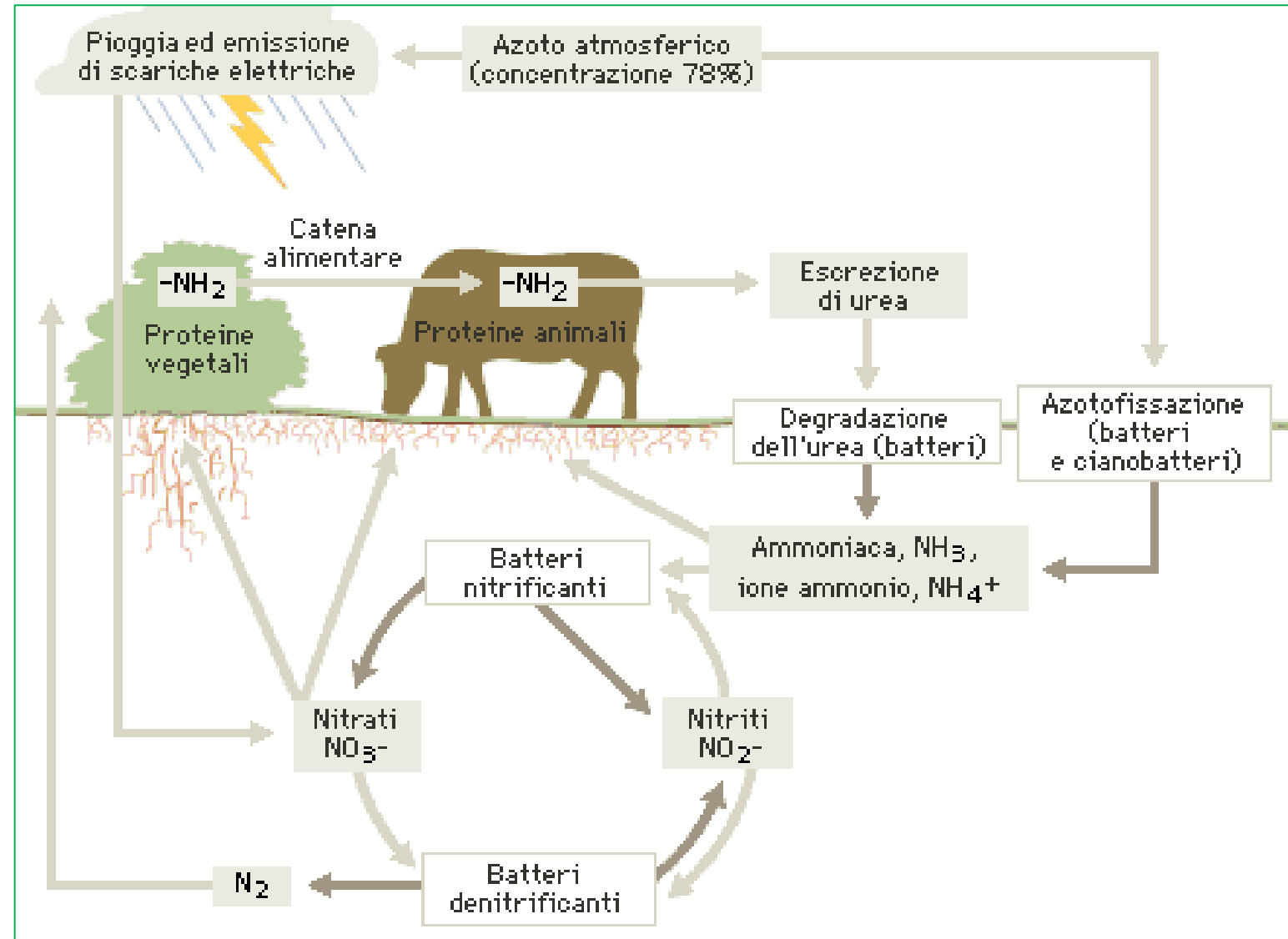
ALIMENTAZIONE ED ESCREZIONE AZOTATA

Dinamiche di utilizzazione dell'N nel sistema vacca-suolo-pianta-atmosfera

L'N è un elemento fondamentale per tutti i processi metabolici dell'animale, ma prezioso anche per l'ambiente in generale: un suolo povero di N è un suolo poco fertile e produttivo e lo stesso vale per le acque. L'escrezione di N, così come di P e di sostanza organica, è un fatto assolutamente naturale, rappresentando un passaggio nel ciclo di tali sostanze in natura.

Il problema sorge quando si rompe l'equilibrio tra livello di escrezione e capacità del suolo e dell'ecosistema in generale di "assorbire", riutilizzandole, tali sostanze. **Come sempre in natura, se un livello adeguato è fondamentale, un eccesso è dannoso**

Ciclo biogeochimico dell'N



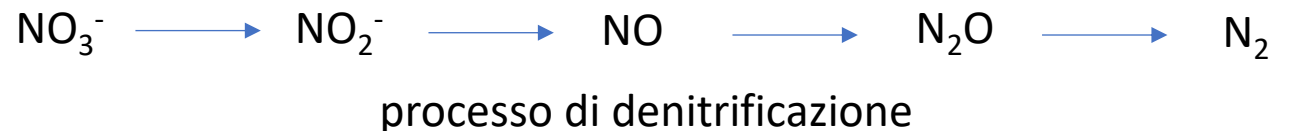
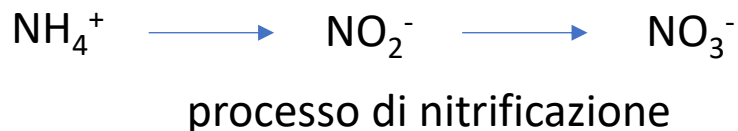
Principali relazioni tra escrezione azotata e impatto ambientale



Protossido di azoto (N_2O): è un gas responsabile sia dell'effetto serra che dell'assottigliamento dello strato di ozono atmosferico. È, in ordine di importanza relativa, il terzo gas serra dopo CO_2 e CH_4

GWP → $\text{N}_2\text{O} = 298 \text{ CO}_2 \text{ eq.} > \text{CH}_4 = 25 \text{ CO}_2 \text{ eq.}$

Il contributo della zootecnia alle emissioni di N_2O è rilevante, pari a circa il 65% delle emissioni antropogeniche. In particolare, i sistemi estensivi emetterebbero il 63% del N_2O emesso dagli allevamenti (Steinfeld et al., 2006). Per quanto riguarda la zootecnia, la produzione di N_2O è legata in particolare alla conservazione, manipolazione e distribuzione dei reflui zootecnici e dipende dalla modalità e dalla durata di tali operazioni ma anche dalla sostanza secca del refluo e dalla temperatura ambientale. Affinché si verifichi produzione di N_2O è necessario che il refluo sia sottoposto inizialmente a condizioni di anaerobiosi, in maniera tale da convertire l' NH_3 (proveniente dall'urea proveniente dagli animali) in NO_2^- e NO_3^- attraverso il processo di nitrificazione, e successivamente a condizioni di aerobiosi, per favorire il processo di denitrificazione, ossia di conversione di NO_2^- e NO_3^- in N_2 , processo che ha prodotti intermedi N_2O e NO , che si accumulano quando la riduzione è incompleta



Nel computo delle quantità di N_2O emesse per attività legate all'allevamento vanno considerate anche le emissioni connesse alla concimazione chimica dei terreni legati alla produzione di alimenti per il bestiame; l'entità di tali emissioni dipende essenzialmente dal tipo di terreno e fertilizzante utilizzato, oltreché dall'epoca e dalla modalità di distribuzione dello stesso

Ammoniaca (NH_3): l'emissione di ammoniaca nell'aria è responsabile del fenomeno delle piogge acide (formazione dell'acido nitrico). A differenza di SO_2 e NO_x , la maggior parte delle emissioni di NH_3 derivano dal settore agricolo, in particolare dallo stoccaggio e dallo spargimento dei reflui zootecnici e dei fertilizzanti azotati. Secondo l'EEA il 93% delle emissioni di NH_3 europee deriverebbero dall'agricoltura. La zootecnia sarebbe responsabile di circa il 63% del totale delle emissioni di origine antropica. Il sistema di stabulazione, le modalità di stoccaggio e di spargimento, la forma fisica del refluo, le caratteristiche della superficie agricola e la temperatura hanno un notevole impatto sul tasso di volatilizzazione dell'N sottoforma di NH_3 . La maggior parte delle perdite si verifica nella prima parte di gestione del refluo e dipende dalla **rapida degradazione ad ammoniaca dell'urea** presente nelle urine. L'idrolisi dell'urea è catabolizzata dall'enzima ureasi presente in notevole quantità nelle feci

Nitrati (NO_3): costituiscono i principali derivati microbici della mineralizzazione dell'N organico contenuto nei reflui zootecnici. Trattandosi di forme ioniche estremamente mobili, i NO_3 possono essere facilmente allontanati in soluzione per scorrimento oppure percolati lungo il profilo del suolo raggiungendo la falda idrica (**fenomeni di eutrofizzazione**). L'entità dell'arricchimento delle acque da NO_3 dipende non solo dalla quantità di reflui prodotti e distribuiti per unità di superficie, ma anche dalla forma (liquame vs letame), dalle condizioni pedoclimatiche, dalle modalità e tempistiche di distribuzione degli effluenti, ovvero da tutti quei fattori che possono modificare la normale capacità di assorbimento del suolo e l'utilizzazione dell'eventuale copertura vegetale

Eutrofizzazione delle acque superficiali: fioritura delle alghe



Metaemoglobinemia infantile (Blue Baby Syndrome) → Presenza di NO_3 nelle acque potabili



Vegetazione nitrofila (flora di sostituzione)



Perdita di biodiversità



Urtica spp.



Parietaria officinalis



Chenopodiacee

L'entità della lisciviazione è anche funzione del tipo di suolo



Suoli argillosi

10-40% N nelle acque di percolazione

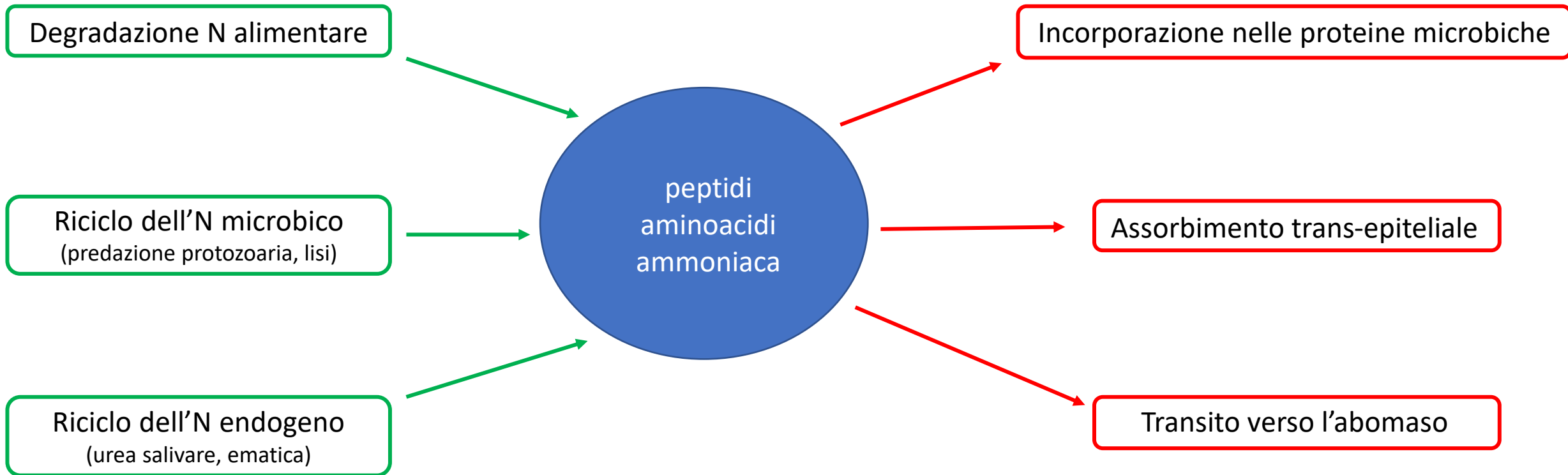
Suoli sabbiosi

20-80% N nelle acque di percolazione

L'utilizzo dell'N nei ruminanti



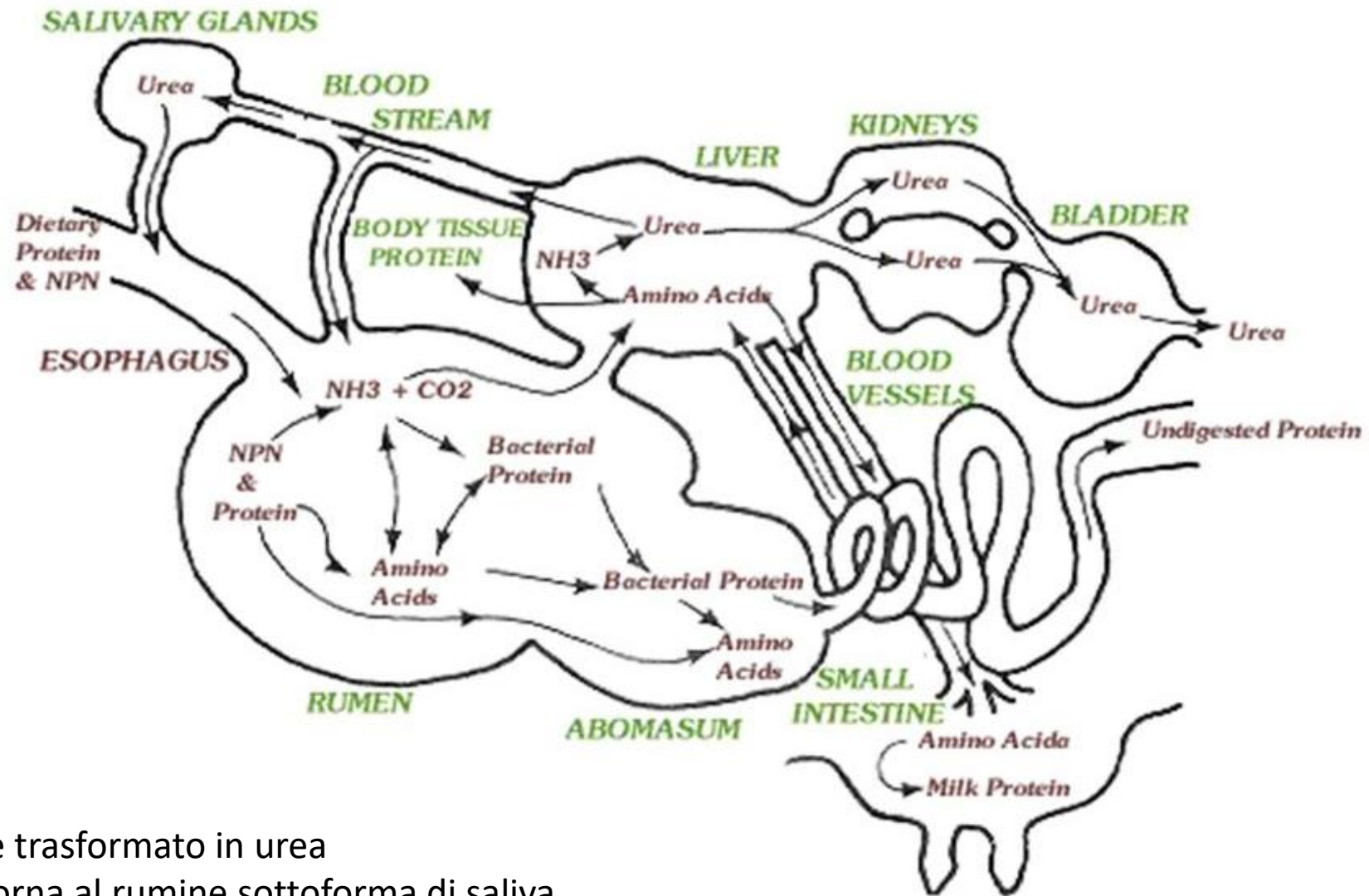
Principali vie di produzione e destino dei composti azotati semplici nel rumine



Fermentazioni proteiche:

- batteri proteolitici degradano le proteine alimentari mediante proteasi riversate nell'ambiente extracellulare
- i prodotti vengono usati dalle cellule batteriche
- la maggior parte delle proteine alimentari non raggiunge l'intestino del ruminante
- all'intestino arrivano le proteine microbiche

Metabolismo delle sostanze azotate



- 50-70% dell'NI viene trasformato in urea
- 30-45% dell'urea ritorna al rumine sottoforma di saliva
- 30-80% dell'N microbico deriva dall'N-NH₃
- 20-77% dall'N ureico

Bilancio dell'N

$$BN \text{ (g/d)} = N_{\text{ingerito}} - (N_{\text{latte}} + N_{\text{ritenuto}} + N_{\text{urinario}} + N_{\text{fecale}} + N_{\text{tegumentale}})$$

$$N_{\text{urinario}} = N_{\text{ingerito}} - (N_{\text{latte}} + N_{\text{ritenuto}} + N_{\text{fecale}})$$

$$N_{\text{fecale}} = N_{\text{ingerito}} - (N_{\text{latte}} + N_{\text{ritenuto}} + N_{\text{urinario}})$$

- N ritenuto è mediamente pari al 5% dell'N ingerito
- N tegumentale (*scruff nitrogen*) normalmente trascurabile
- N latte poco influenzabile sul piano quantitativo



N fecale

- Composti azotati non digeriti di derivazione alimentare

- NDIN – ADIN
- RUP

- Composti azotati di origine metabolica
(di derivazione post-ruminale)

- N endogeno: sfaldamento epiteliale, succhi gastrici, intestinali (pancreatici, biliari, etc)
- N microbico (digeribilità intestinale, peristalsi)

L'escrezione fecale di N è solo marginalmente interessata dall'ingestione di N. In buona parte delle situazioni di campo (93%) è approssimabile a circa 11 g di N/kg di SSI (Schuba et al., 2017)

N urinario

- N ureico (UUN) → di origine alimentare (catabolismo proteico dietetico)
- Composti azotati non ureici (NUUN)
 - derivati purinici (0,5% NU)
 - acido ippurico (5% NU)
 - creatinina

- Derivati purinici (allontaina, xantina, hypoxantina e acido urico) sono derivati dalle fermentazioni intestinali della proteina microbica (marcatore del tasso di produzione ruminale in proteina batterica)
- Acido ippurico è derivato delle fermentazioni ruminali dei composti fenolici dell'acido cinnamico (N legato alla fibra)
- Creatinina è un derivato della creatina; è connessa al turn-over muscolare. La quantità di creatinina escreta è funzione del peso vivo dell'animale (1 mg/kg PV al giorno)

L'escrezione urinaria di N è fortemente condizionata dall'ingestione di PG

- NUUN, considerati poco modificabile. È stimato pari, in media, a 4-5 g/Kg SSI
- UUN, largamente influenzato dal contenuto di PG della dieta. In condizioni di dieta equilibrata si ritiene possa essere approssimato al valore di 1 g/Kg di SSI
- $UUN/NUUN > 1,5$ è ritenuto indicativo di diete non bilanciate in termini di degradabilità ruminale dei protidi e fermentescibilità dei carboidrati

Escrezione media di sostanza organica (fecale e urinaria) e di N di bovine da latte sottoposte a differenti diete (n= 40)

	OM excretion (g day ⁻¹)		N excretion (g day ⁻¹)		C:N ratio	
	Mean ± s.d.	Range	Mean ± s.d.	Range	Mean ± s.d.	Range
Urine	606 ± 232	245–1094	211 ± 84	81–388	0.9 ± 0.0	0.9–1.0
Feces	4469 ± 771	3112–5796	154 ± 13	128–177	13.4 ± 2.0	9.6–16.8
Total	5075 ± 760	3742–6275	365 ± 92	211–558	6.6 ± 1.8	3.4–10.6
Distribution of excretion (% of total excretion)					C:N ratio	
UUC	8.1 ± 3.6	3–17	48.2 ± 8.9	29–64	0.5 ± 0.0	0.4–0.5
UNUC	4.0 ± 1.4	2–8	7.5 ± 0.3	7–8	3.9 ± 0.4	2.9–4.6
FEC	3.0 ± 0.3	3–4	7.0 ± 1.9	4–11	3.3 ± 0.0	3.3–3.3
FMC	18.4 ± 3.0	16–25	22.0 ± 3.8	15–30	5.6 ± 0.1	5.3–5.8
FFFC	61.4 ± 7.8	43–72	12.7 ± 3.0	8–19	32.6 ± 7.5	18.8–46.9
FOFC	5.0 ± 0.9	3–7	2.7 ± 0.8	1–4	15.3 ± 2.4	11.7–21.2

^aUUC, Urinary Urea-like Components; UNUC, Urinary Non-Urea-like Components; FEC, Fecal Endogenous Components; FMC, Fecal Microbial Components; FFFC, Fecal Feed Fiber Components; FOFC, Fecal Other Feed Components

Composizione della sostanza organica e dell'N escreto nelle deiezioni bovine

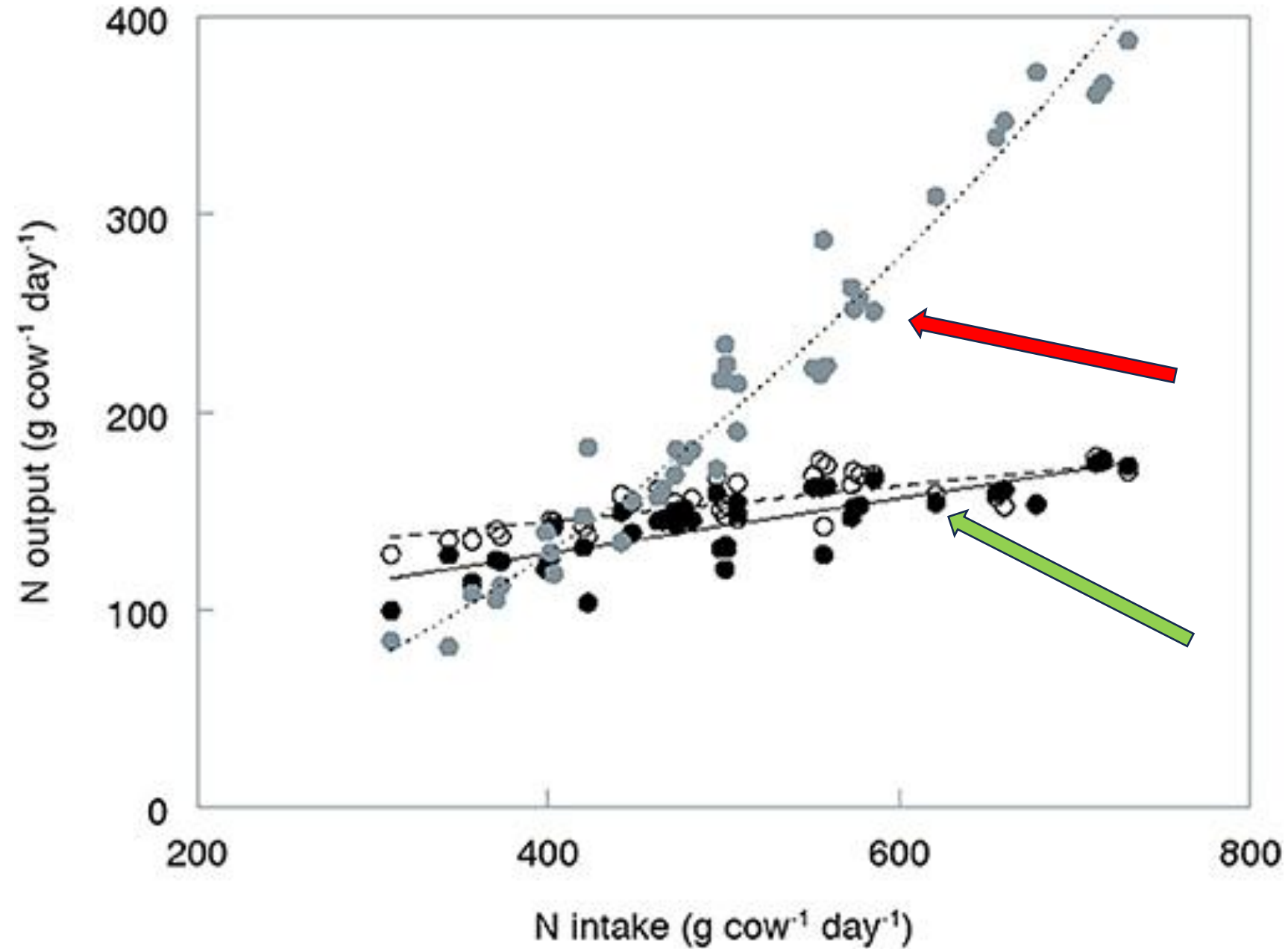
Fraction	Components ^d	Mean	Range
OM EXCRETION (%)			
OM _{NF}	UUC, UNUC, FEC, FMC, FOFC	39 ± 8	28–57
OM _{RDF}	FFFC (Fd)	21 ± 7	10–36
OM _{RIF}	FFFC (Fu + Pu)	40 ± 9	26–58
N EXCRETION (%)			
N _M	UUC	48 ± 9	29–64
N _E	UNUC, FEC, FMC	37 ± 6	27–49
N _R	FOFC, FFFC	15 ± 3	10–22

^aOM_{NF}, Non-Fibrous Organic Matter; OM_{RDF}, Rumen Potential Digestible Fiber; OM_{RIF}, Rumen Indigestible Fiber.

^bN_M, Immediately available Nitrogen (C:N ratio <1); N_E, Easily decomposable Nitrogen (C:N ratio 2–6); N_R, Resistant Nitrogen (C:N ratio >10).

^dUUC, Urinary Urea-like Components; UNUC, Urinary Non-Urea-like Components; FEC, Fecal Endogenous Components; FMC, Fecal Microbial Components; FFFC, Fecal Feed Fiber Components; FOFC, Fecal Other Feed Components; Fd, rumen degradable neutral detergent fiber; Fu, rumen undegradable neutral detergent fiber; Pu, rumen undegradable protein.

Relazione tra livello **N escreto** (N urinario e fecale), **secreto** (N del latte) e di N ingerito



Urea nel latte

- N dietetico
- Energia
- Energia/proteine



Urea nel sangue



Urea nel latte



Indicatore del metabolismo proteico dell'animale



- 20-25 mg (9-12 mg N ureico)/100 ml di latte: valori ottimali
- 30-35 mg/100 ml di latte: accentuato catabolismo proteico

Utilizzato, in ambito internazionale, come criterio per valutare l'efficienza di utilizzazione della dieta

Variabile	Equazione	R ²	Riferimento bibliografico
PG, %SS	$0,27 * MUN + 13,7$	0,84	Broderick e Clayton (1997)
PG, %SS	$0,45 * MUN + 10$	0,78	Nousiainen et al. (2004)
UN, g/d	$14,1 * MUN + 26$	0,92	Nousiainen et al. (2004)
UN, g/d	$12,4 * MUNO + 20,8 * PG - 178$	0,97	Huhtanen et al (2007)
UN, g/d	$0,0283 * MUN * PV$	0,66	Wattiaux e Karg (2004)
N latte/N ingerito	$-0,73 * MUN + 38$	0,58	Nousiainen et al. (2004)
UUN, g/d	$-37,33 + 16,01 * MUN$	0,99	Burgos et al. (2007)
UUN, g/d	$-49,95 + 18,67 * MUN - 0,17 * MUN^2$	0,97	Burgos et al. (2007)

PG= proteina grezza; UN= urinary nitrogen; UUN= urinary urea nitrogen; MUN= milk urea nitrogen (mg di N ureico/ml); MUNO= milk urea nitrogen output (g di N ureico escreto giornalmente); PV= peso vivo (kg)

Efficienza di utilizzo dell'azoto alimentare

Dairy efficiency= Kg latte/Kg SS ingerita

Nitrogen Use Efficiency (NUE)= N latte/N ingerito

Energy Use Efficiency (EUE)= Energia latte/Energia ingerita

La quantità di N incorporato nel latte o ritenuto nei tessuti animali varia in funzione di diversi fattori:

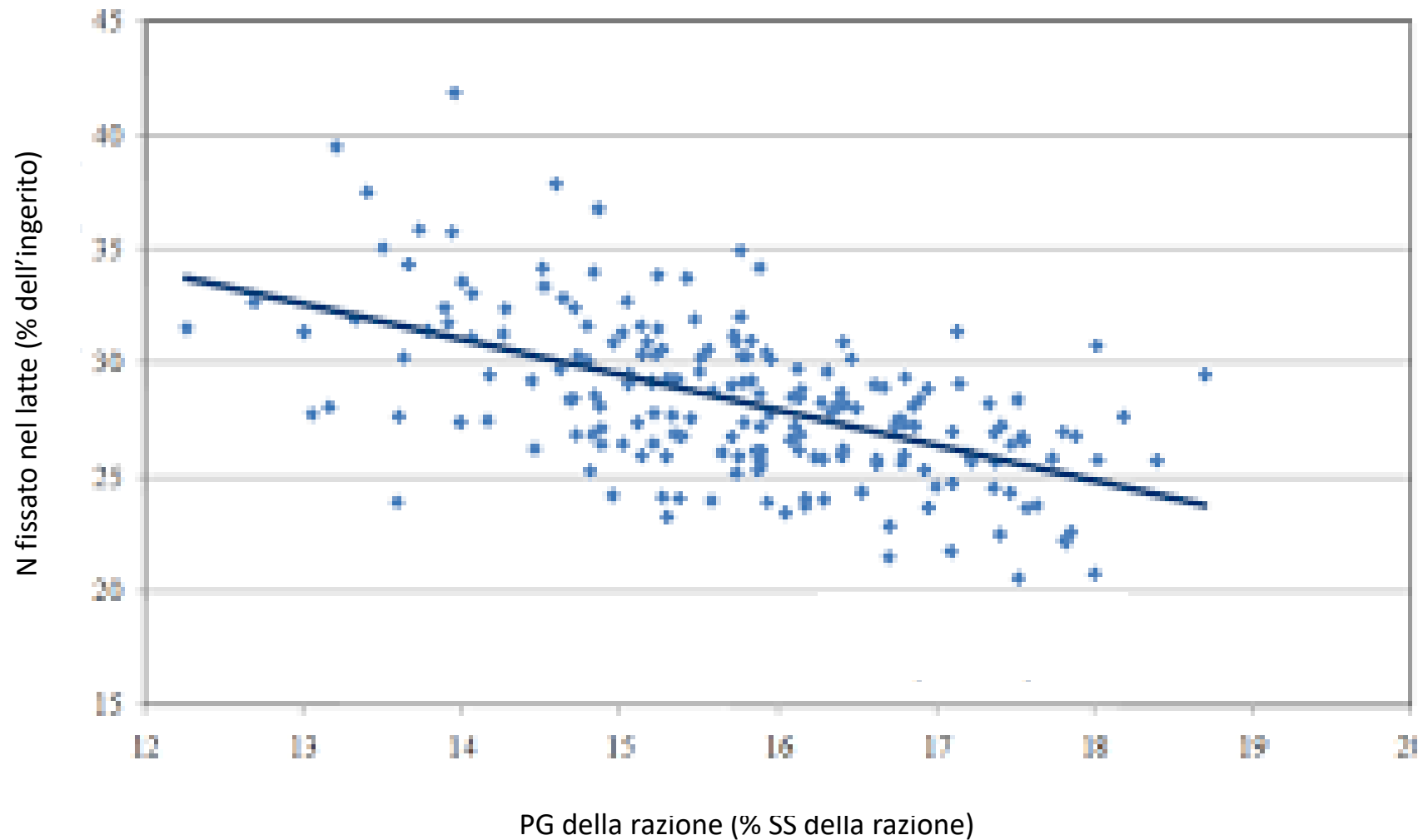
- genetica
- alimentazione, livello alimentare e produttivo

Sul piano teorico la NUE, calcolata su base animale (metanalisi di 68 bilanci dell'N), dovrebbe essere in media del 42,63% (29,15% minimo e 64,54% massimo; Phuong et al., 2013)

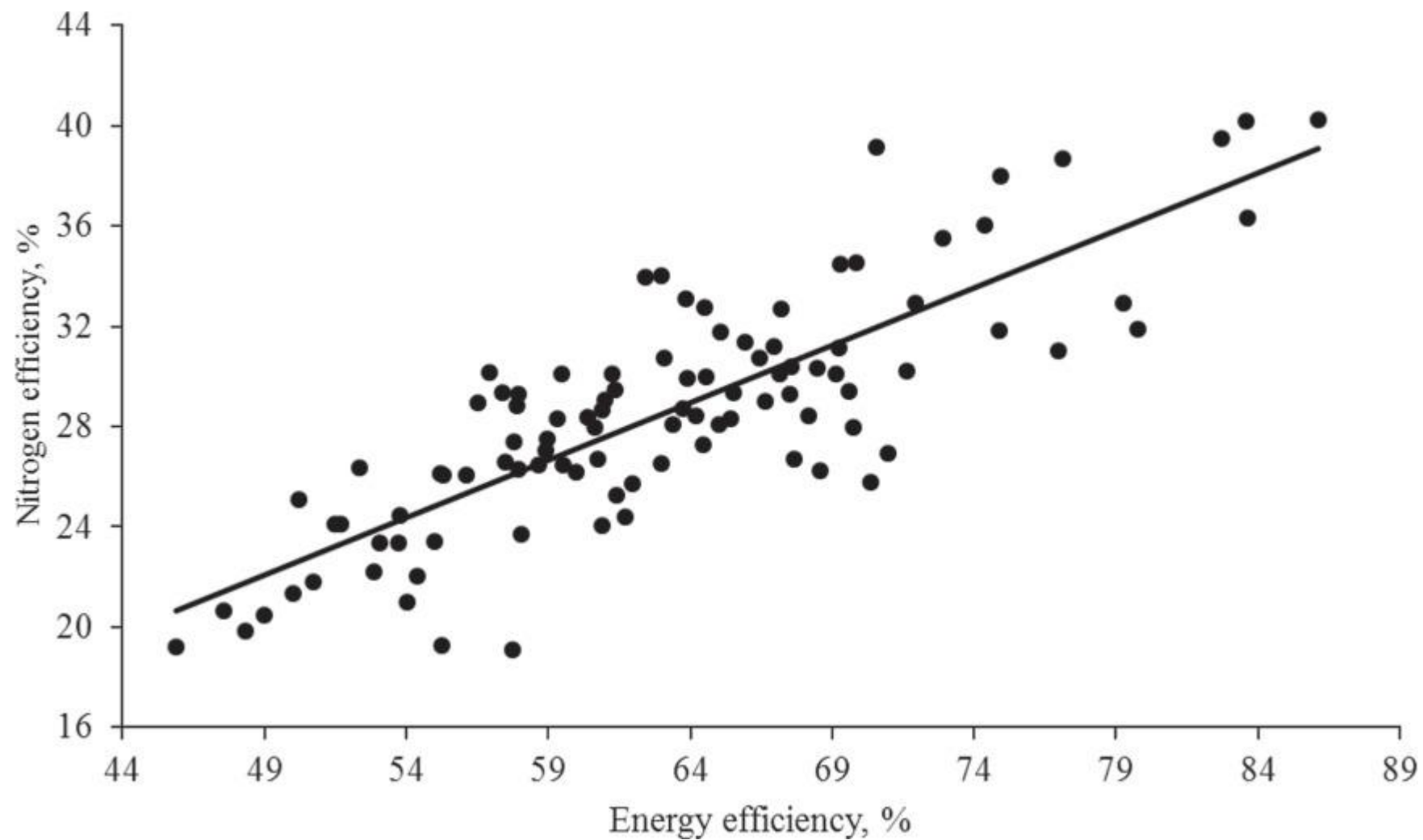
Tuttavia.....

- ✓ 31% in 52 allevamenti della Costa Rica (Baars, 1998)
- ✓ 28% in 452 allevamenti nel nord-est degli USA (Jonker et al., 1998)
- ✓ 27,8% in 100 allevamenti spagnoli (Catalogna) (Arriaga et al., 2009)
- ✓ 28% nel nord Europa (diete a base di insilati di erba) (Huhtanen e Hristov, 2009)
- ✓ 30% in 20 allevamenti della pianura Padana (Colombini e Crovetto, 2010)
- ✓ 28% in 35 allevamenti del nord-est dell'Italia (Guerri et al., 2013)
- ✓ 29,5% in 385 allevamenti danesi (Kristensen et al., 2015)
- ✓ 22-36% in 100 allevamenti canadesi (Fadul-Pacheco et al., 2017)
- ✓ 24,7% in 48 allevamenti bufalini (Serrapica, 2018)

In generale, l'efficienza d'uso dell'N alimentare diminuisce all'aumentare del contenuto di proteina della dieta

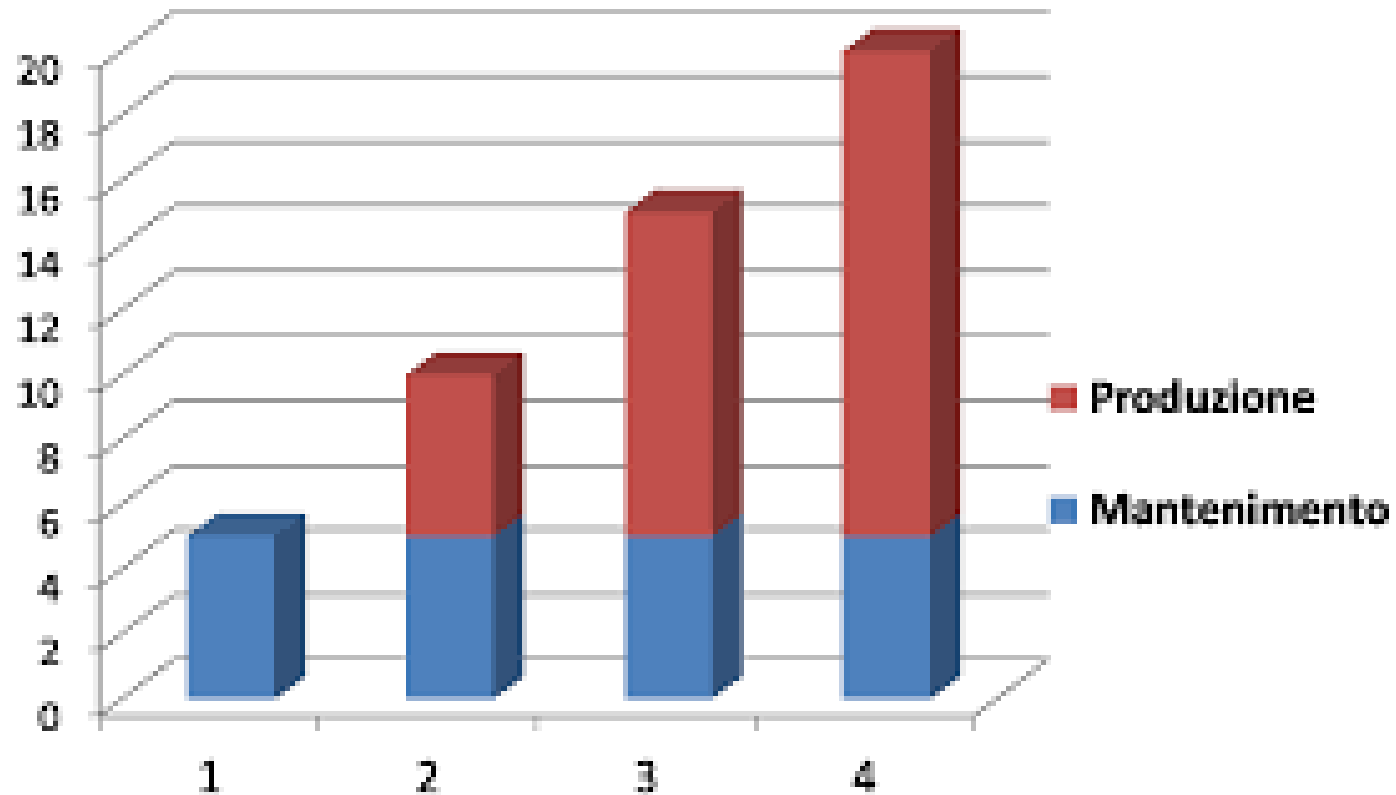


L'efficienza d'uso dell'azoto e dell'energia sono strettamente correlate



(Fadul-Pacheco et al., 2017)

Escrezione azotata: valori assoluti o relativi?



Ha una maggiore escrezione di azoto una bovina che produce 20 kg di latte al giorno o una che ne produce 30?

- Ovviamente la seconda, come si evince facilmente dai calcoli seguenti:

- Bovina da 20 kg latte/d: $19 \text{ kg SS} \times 14,5\% \text{ PG s.s./6,25} = 441 \text{ g N ingerito/d}$

- Efficienza di utilizzazione dell'N = 24% circa $335 \text{ g N escreto/d}$

- Bovina da 30 kg latte/d: $22 \text{ kg SS} \times 15,5\% \text{ PG s.s./6,25} = 545 \text{ g N ingerito/d}$

- Efficienza di utilizzazione dell'N = 28% circa $392 \text{ g N escreto/d}$

Se però consideriamo l'escrezione come "g N/kg latte" è la bovina più produttiva ad avere un impatto minore:

- Bovina da 20 kg latte/d: $335/20 = 16,7 \text{ g N escreto/kg latte}$

- Bovina da 30 kg latte/d: $392/30 = 13,1 \text{ g N escreto/kg latte}$

La valutazione dell'impatto ambientale non andrebbe fatta quindi in modo assoluto, ma ponderato sul latte prodotto. Così facendo gli animali ad alta produzione risultano quasi sempre più sostenibili di quelli poco produttivi. In questo gioca un peso determinante la quota di "mantenimento"

Calcolo di efficienza

Bovina da 20 kg

$$N \text{ ingerito (g/d)} = \text{SSI (Kg/d)} * N \text{ (g/Kg SSI)} = (19 * 1000) * (0,145 \text{ PG}/6,25) = 440,8 \text{ g/d}$$

$$N \text{ latte (g/d)} = (20 * 1000) * (3,3/100) / 6,38 = 103,44$$

$$\text{NUE} = N_{\text{latte}} / N_{\text{ingerito}} = 103,44 / 440,8 = 23,46\%$$

$$N \text{ escreto} = N_{\text{ingerito}} - N_{\text{latte}} = 440,8 - 103,44 = 337,36 \text{ g/d}$$

Bovina da 30 Kg

$$N \text{ ingerito} = 545 \text{ g/d (+104.2)}$$

$$N \text{ latte} = 155,17 \text{ g/d (+51,73)}$$

$$\text{NUE} = 28,47\%$$

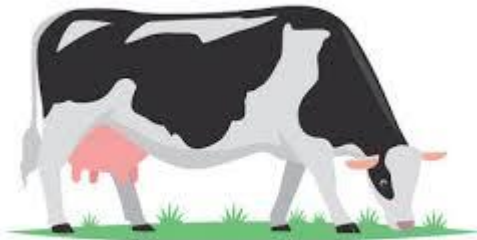
$$N \text{ escreto} = 389,83 \text{ g/d (+52,47)}$$

g N escreto/Kg latte

$$\text{Bovina 20 Kg} = 337,36 / 20 = \mathbf{16,88 \text{ g/Kg}}$$

$$\text{Bovina 30 Kg} = 389,83 / 30 = \mathbf{12,99 \text{ g/kg}}$$

Gli animali più produttivi impattano di meno per unità di prodotto conferito



40 kg latte/d



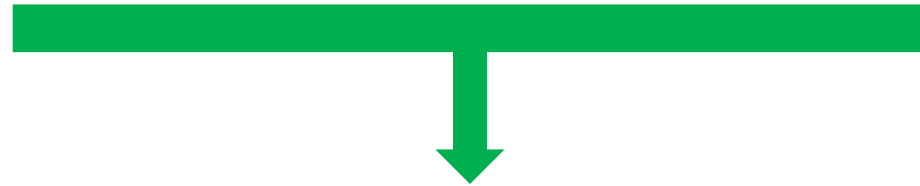
99 Kg N al campo/anno
7,8 Kg N al campo/Kg latte



20 kg latte/d

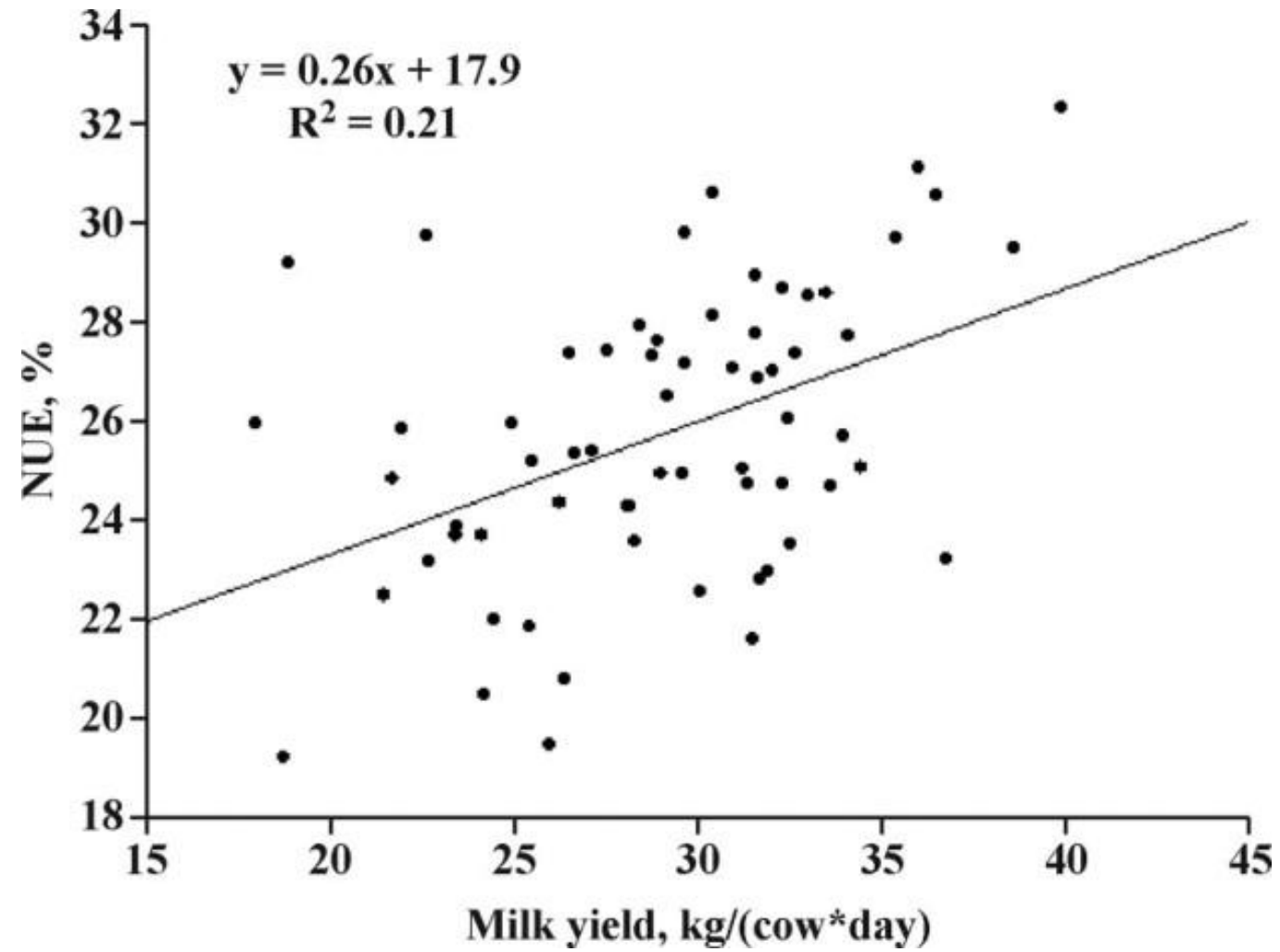


20 kg latte/d

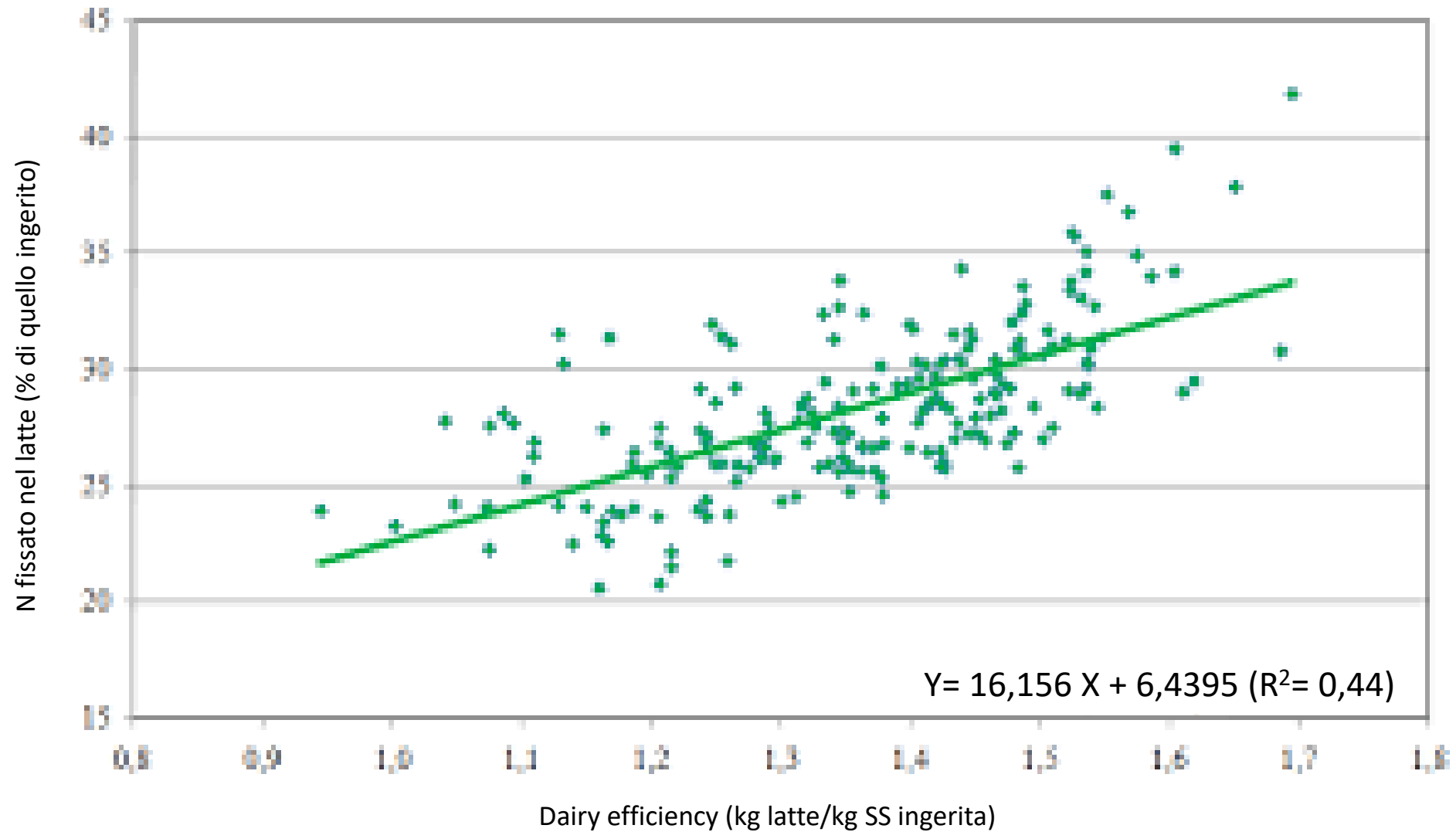


157 Kg N al campo/anno (+59%)
12,7 g N al campo/Kg latte

L'efficienza d'uso dell'N alimentare aumenta all'aumentare del livello produttivo



Relazione tra azoto fissato nel latte e *dairy efficiency*



Strategie gestionali di riduzione dell'escrezione azotata

- Aumento della produzione/capo
 - ✓ effetto: fabbisogni (ed escrezioni) di mantenimento diluiti in un maggior volume di produzione
 - ✓ risultato: < ingestione (ed escrezione) di N/Kg di latte prodotto
 - ✓ entità del risultato: va attentamente valutata ponderando il rapporto tra l'N escreto/latte prodotto

In bovine ad alta produzione, l'aumento della produzione oltre i 7000 Kg anno (20 litri/d) determina un aumento della quota di N escreto variabile da 4.7 (Gallo et al., 2006) a 7 Kg (Børsting et al., 2003) per ogni 1000 litri di latte prodotto in più

- Gestione della rimonta
 - ✓ aumento della longevità delle bovine: nelle primipare la quota di N ritenuto è maggiore (fabbisogni di accrescimento). In media, la riduzione della quota di rimonta dal 35 al 30% comporta una riduzione dell'escrezione di N del 5-8%
 - ✓ riduzione dell'età al primo parto delle manze: una riduzione da 28 a 24 mesi comporta una riduzione delle escrezioni azotate del 3%
 - ✓ centri specializzati di produzione rimonta??

Strategie alimentari di riduzione dell'escrezione azotata

- ✓ Obiettivo: aumentare l'efficienza di conversione dell'N alimentare in N ritenuto nel latte ricercando una maggiore aderenza tra fabbisogni e apporti
- ✓ Effetti
 - riduzione % PG razione con influenze minime/nulle su produzione di latte
 - effetti prospettati su riduzione di emissioni di N promettenti (Satter et al., 2002: < dell'apporto proteico di 10-15%, con riduzione N emesso del 15-20%)

La maggior parte dei risultati ottenuti in questo senso derivano da simulazioni o prove sperimentali basate su realtà nordeuropea / USA

Ancora carente il trasferimento alle realtà operative

In ogni caso le linee di indirizzo devono essere:

- 1) Rispettare gli standard di razionamento
- 2) Razionare per gruppi
- 3) Ridurre i livelli di proteina grezza ottimizzando gli apporti alimentari di proteina e carboidrati fermentescibili e uso di aminoacidi di sintesi

Rispettare gli standard di razionamento

Produzione di latte (kg/d)	20	30	40
UFL, d	14,3	18,7	23,1
PG mantenimento, kg/d	0,53	0,53	0,53
PG totale Kg/d	2,37	3,29	4,21
PG degradabile, % PG	65	64	62
Ingestione SS, Kg/d	18,2	22,1	24,7
PG, % SS	13,1	14,9	17,0

NRC 2001: valori relativi ad un latte al 3,5% di grasso e 3,3% di proteine

N.B. i valori relativi ai fabbisogni derivati da Centri di Ricerca stranieri possono essere sovrastimati

escrezione N: + 12.9 kg/vacca/anno per ogni % in più di PG


Razione pratica per bovine con produzione latte di 30 Kg

Ingredienti	Eccesso di PG	Bilanciata in PG
UFL, Kg SS	93	89
PG, % SS	17,5	15,0
dPG, % PG	0,63	0,64
NDF, % SS	32	33
Silomais, Kg t.q.	19	19
Fieno polifita	1,2	3
Mais	4,0	4,0
Orzo	2,5	3
Crusca frumento	1,2	0
Soia f.e.	2,7	2,0
Soia integrale tostata	1,7	0,8
Medica disidratata	3,0	2,8
Integratori	0,3	0,3
Totale, Kg SS/d	21,3	20,7
N netto nei reflui Kg/vacca/anno	110	80

Razionare per gruppi

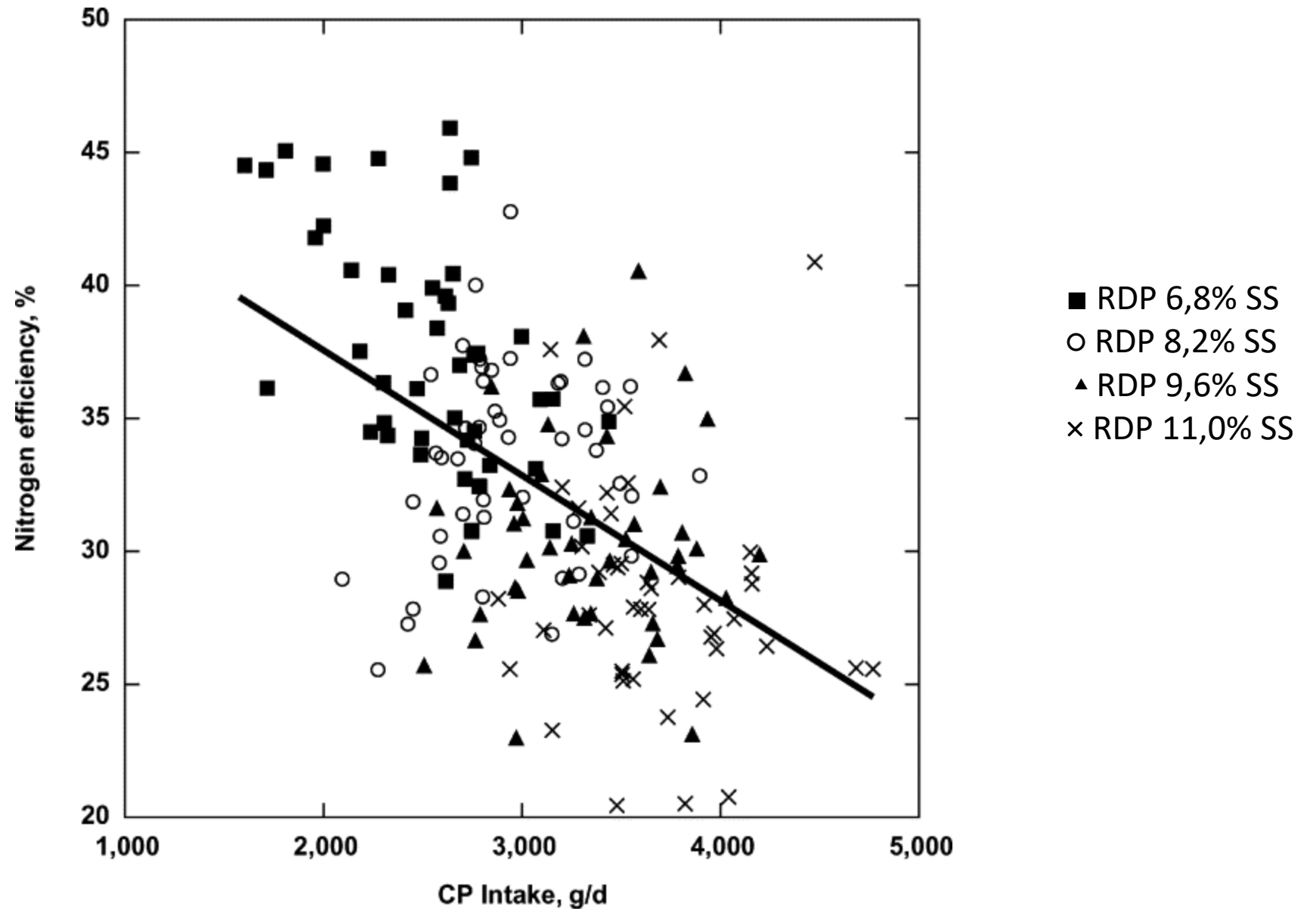
	Unifeed unico	Unifeed gruppo 1	Unifeed gruppo 2	Unifeed gruppo 3
Vacche	100%	50%	25%	25%
Latte, Kg/d	26	20	30	35
Ingestione, Kg SS/d	20,8	18,2	22,1	24,7
PG, %SS	17,0	13,4	15,3	17,0
N netto escreto/vacca, Kg/anno	100	67	87	112

Si possono ottenere riduzioni dell'escrezione del 15%

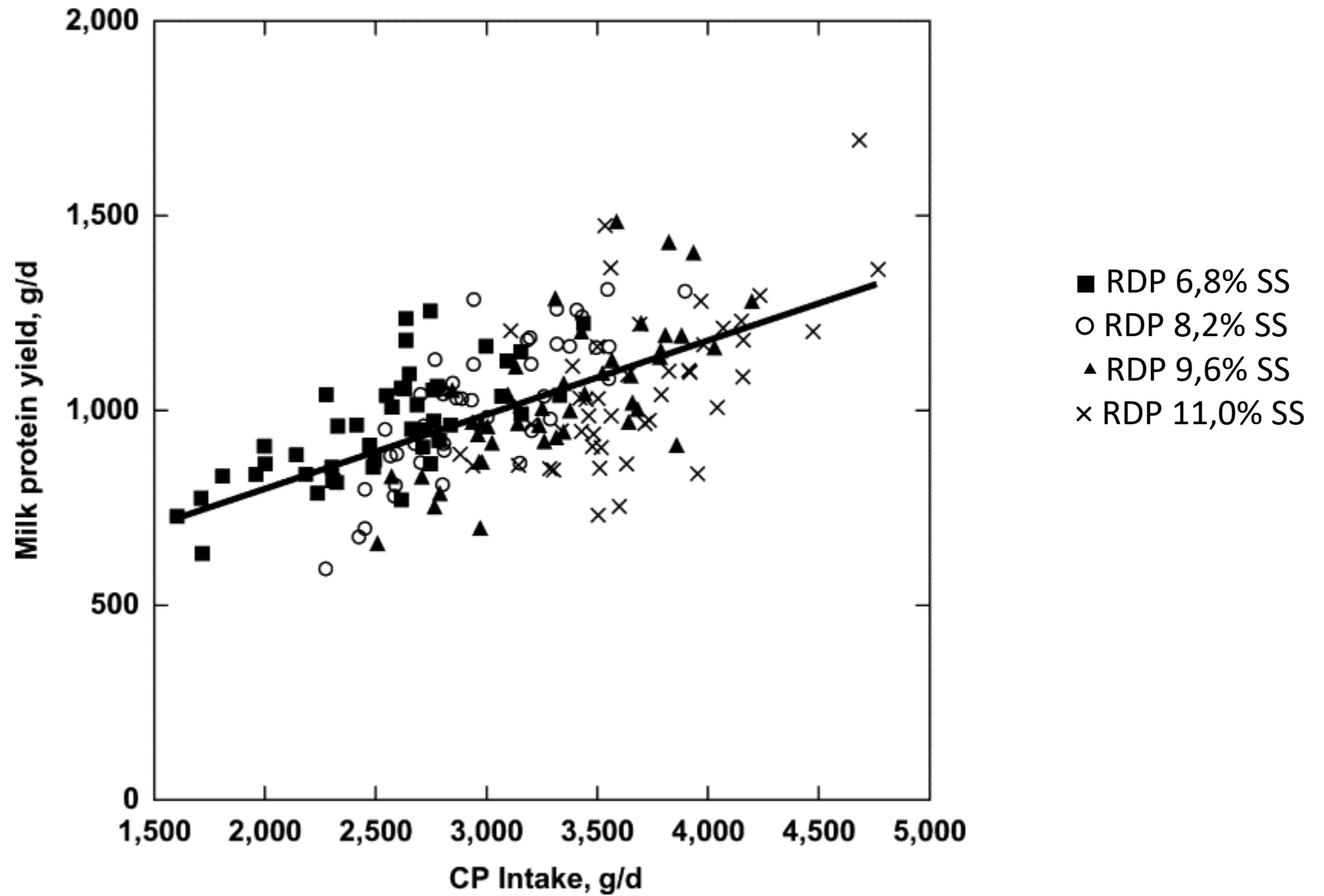


media: 83 Kg!

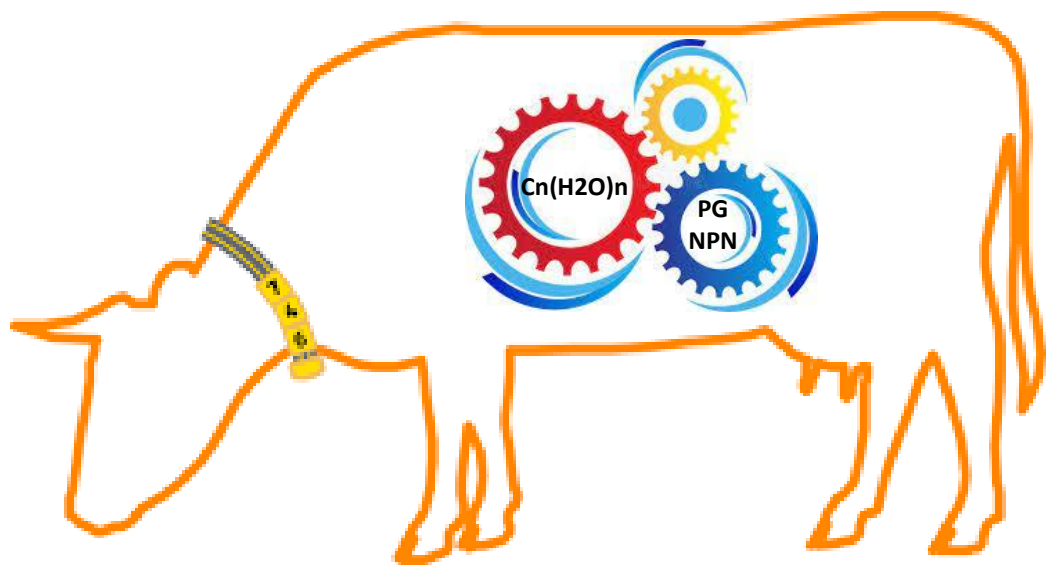
NUE a diversa percentuale di PG sottoforma di RDP (RUP = 5,8%)



Resa in proteina del latte a diversa percentuale di PG sottoforma di RDP (RUP = 5,8%)



Sincronizzazione dei nutrienti



- ✓ Obiettivo: bilanciare la degradabilità ruminale dei carboidrati con la RDP (Rumen Degradable Protein) al fine di favorire la massima formazione di proteina microbica (più della metà dei fabbisogni in PM dell'animale)

I tassi di degradazione ruminale dei carboidrati non strutturali (= quantità di energia rilasciata nel rumine) variano a seconda del tipo di granella (ad esempio orzo>frumento>mais>sorgo) e, a parità di materiale, in funzione di eventuali trattamenti a cui la granella è sottoposta

Valutare anche la fibra solubile come alternativa all'amido

		Proporzione di utilizzazione (%)			
Metodo di processamento		Rumine	Piccolo intestino	Grosso intestino	Totale
Mais granella	Spezzatura	69	13	8	90
	Macinazione	78	14	4	96
	Fiocatura a vapore	83	16	1	100
	Granella immatura	86	6	1	93
	Orzo macinato	95

Zuccheri solubili (es. melasso) ➡ con basi foraggere rappresentate da insilato di erba

	Trattamento				Effetto
	M0	M50	M100	M150	
Resa in latte, Kg/d	22,1	23,2	23,3	23,7	*(L)
Grassi, g/Kg	38,1	37,4	37,3	36,1	*(L)
Proteine, g/Kg	30,6	30,9	31,0	31,4	*(L)
Lattosio, g/Kg	45,7	49,5	46,1	45,8	*(Q)
SSI, Kg/d	14,8	16,6	17,4	18,2	*** (L)

(Murphy, 1999)



Urea: fonte di NPN

I batteri ruminali, in particolare i cellulolitici, funzionano al massimo delle loro possibilità quando la concentrazione di ammoniaca è pari a circa 8-10 mL/dL

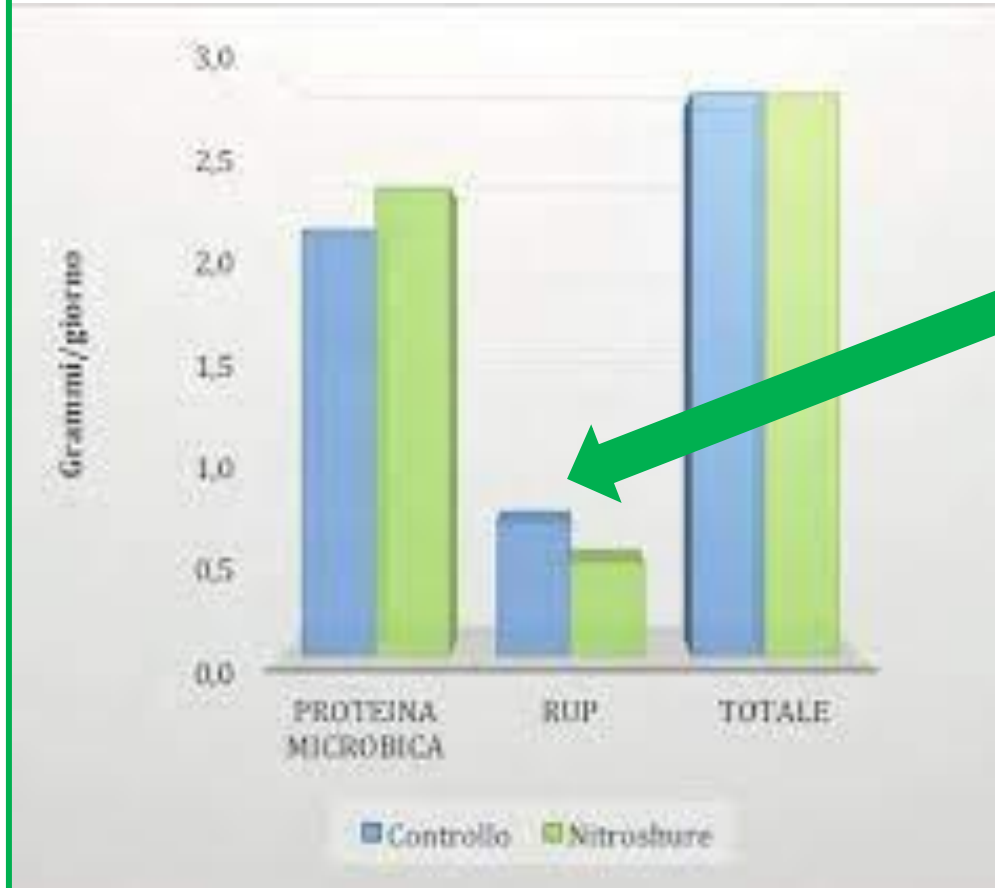
Urea  100% N solubile  Completamente scisso dalla microflora ruminale in NH_3 e CO_2

I **benefici** attesi da questo approccio possono essere:

- il costo della razione può risultarne ridotto;
- si crea «spazio in razione», permettendo l'inserimento di altri nutrienti (energia o fibra a seconda delle necessità);
- diminuisce la variabilità di costo della razione o del costo per litro di latte prodotto (ad esempio, visto il minor utilizzo di materie prime in razione, l'incidenza della variazione di qualità e costo di ciascuna di queste è ridotto);
- aumenta la costanza dei nutrienti disponibili alla vacca in confronto a prodotti proteici come la soia;
- può essere utilizzato con sofisticati software di riformulazione al fine di soddisfare uno specifico fabbisogno al miglior rapporto costo/beneficio. In alcuni casi questo approccio consente di abbassare il livello proteico della dieta, con un conseguente miglioramento del costo alimentare

Urea: fonte di NPN

Effetto della sostituzione di soia con slow release urea sulla produzione di proteina microbica a livello ruminale



Soia f.e. (900 g) vs slow release urea (170 g)

- Aumento della produzione di proteina microbica del 10-12%
- Nessuna variazione nella produzione di proteina digeribile intestinale

Urea: fonte di NPN

Limiti

- La disponibilità ruminale è limitata a poche ore dopo il pasto
- Elevato passaggio di NH_3 nel circolo sanguigno

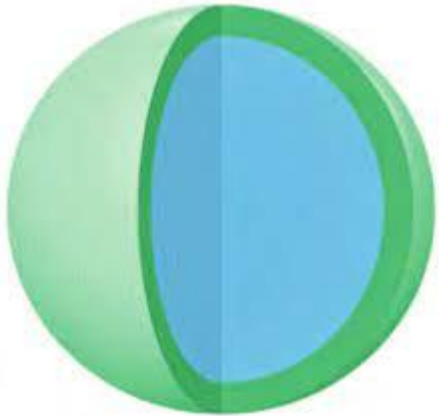


uso di quantità eccessive

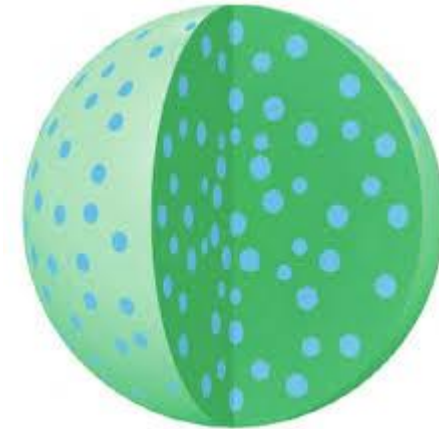


apporto sbilanciato rispetto a zuccheri e carboidrati facilmente fermentescibili

Lento rilascio



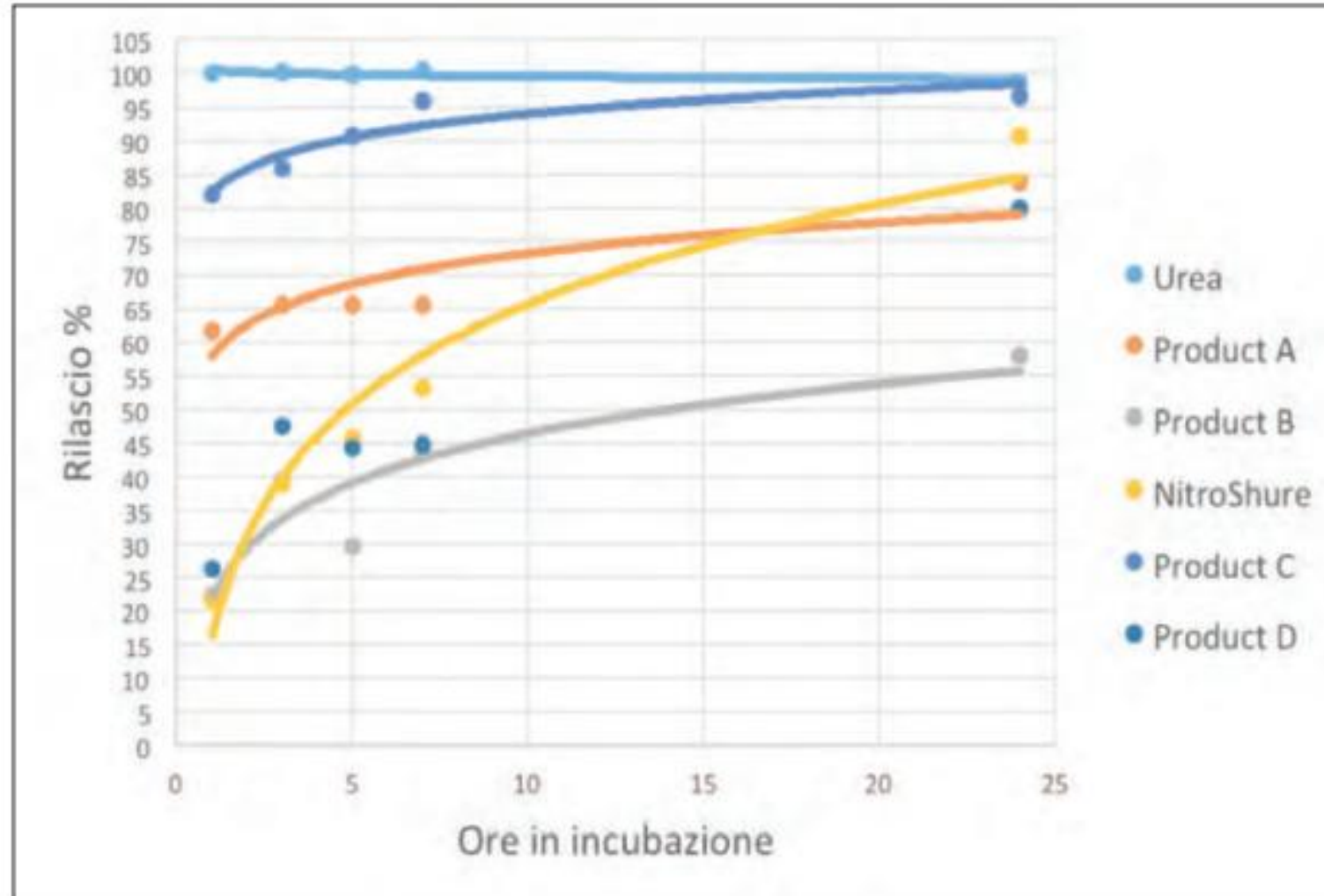
Struttura ad «uovo» con rivestimento lipidico che incapsula il granulo di urea



Dispersione di microgranuli entro una matrice lipidica

Urea: fonte di NPN

Rilascio di NH_3 in diverse fonti di NPN



Urea: fonte di NPN

Lento rilascio

Residui di urea dopo la rimozione dei grassi tramite solvente in due fonti di azoto non proteico a lento rilascio



Matrice lipidica ad «uovo»

Dispersione di microgranuli

Aminoacidi rumino-protetti

Bilanciare i fabbisogni in AA bio-disponibili a livello intestinale è un importante obiettivo per migliorare:

- la sintesi dei macro-costituenti del latte (proteina e grasso)
- le performance ambientali

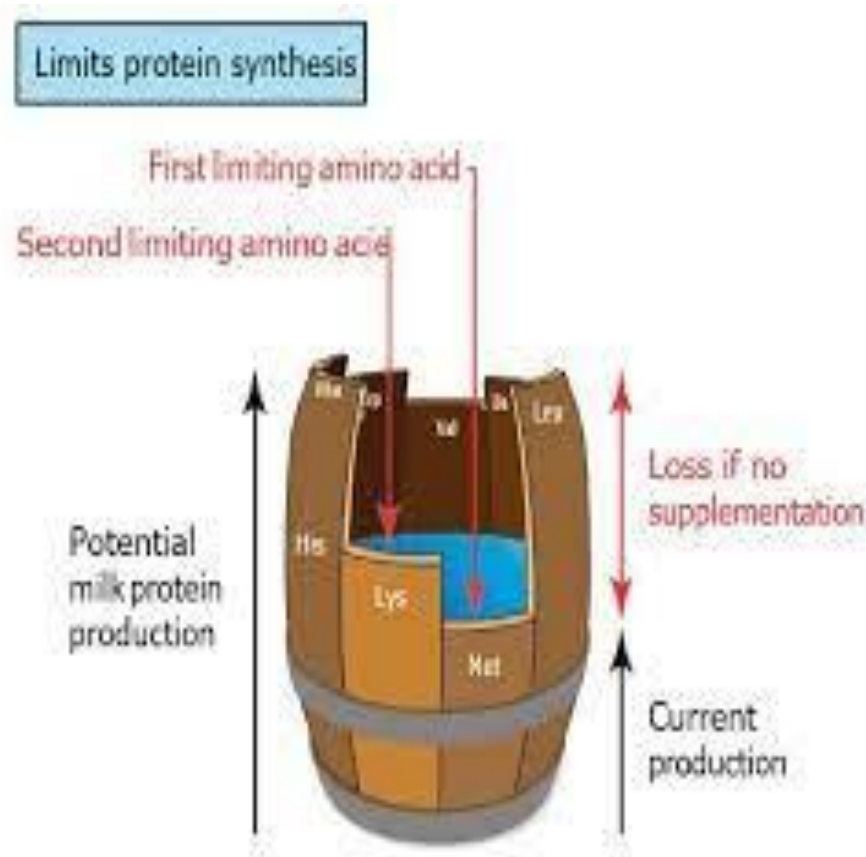
I fabbisogni nutritivi della bovina da latte sono aumentati più della capacità di ingestione della vacca stessa. Per ottimizzare la quantità di sostanza secca ingerita è necessario considerare i fabbisogni dei costituenti base degli alimenti. Per esempio è bene riferirsi ai singoli aminoacidi piuttosto che alla proteina. Nei ruminanti la composizione amminoacidica della proteina fornita con la razione risulta diversa da quella che l'animale assorbe nell'intestino a causa dell'azione della microflora del rumine. Per questo motivo, la razione deve essere bilanciata affinché i diversi AA essenziali assorbiti a livello intestinale possano soddisfare i rispettivi fabbisogni dell'animale. A questo scopo è necessario utilizzare dei sistemi di valutazione della dieta in grado di prevedere la rielaborazione operata dai microrganismi ruminali sui composti azotati forniti con la razione

Aminoacidi rumino-protetti

Prima di tutto va considerato che: 1) più del 50% degli AA limitanti assorbiti nell'intestino della bovina derivano dalla digestione della proteina costituente i microrganismi ruminali che fluiscono nel tratto gastro-intestinale; 2) la restante parte deriva dalla digestione gastro-intestinale delle proteine degli alimenti della razione che non sono state degradate nel rumine (RUP); 3) infine, una piccola quota deriva dalle proteine di origine endogena. Inoltre, è importante considerare la qualità del profilo amminoacidico: 1) quello della proteina di origine microbica è ottimo perché gli AA limitanti in essa presenti sono ben bilanciati rispetto al profilo amminoacidico delle proteine del latte; 2) quello derivante dalla RUP di origine alimentare dipende dal tipo di alimenti presenti in razione e non è altrettanto ben bilanciato.

Infine, è da considerare che i primi amminoacidi limitanti per la bovina da latte sono la metionina (Met) e la lisina (Lys)

Aminoacidi rumino-protetti



La metionina è considerata un AA essenziale e generalmente è ritenuta limitante in alcune tipologie di razioni per bovini da latte, specialmente in quelle con un elevato contenuto di farina di soia. Nei mammiferi, un codone Met viene utilizzato per l'inizio della sintesi della maggior parte delle proteine; quindi la Metionina ha un ruolo cruciale in tutti gli aspetti della funzione cellulare. Inoltre, Met è un **AA funzionale**, con ruoli importanti nella metilazione del DNA, nella regolazione della traduzione, nella sintesi di altre molecole (ad esempio, colina, poliammine) e nell'equilibrio antiossidante

Aminoacidi rumino-protetti

Numerosi hanno riportato una maggiore concentrazione di proteine del latte in quelle vacche alimentate con **metionina rumino-protetta (RPM)** sia prima che dopo il parto, sebbene il quantitativo di proteine e la produzione di latte non sempre siano apparsi aumentati. Pertanto, gli effetti della RPM fornita con la dieta riportati in letteratura appaiono alquanto discordanti, con notevoli variazioni per alcune risposte sulle performance della lattazione

Più di recente, gli studi si sono concentrati sulla somministrazione di RPM con la dieta durante il periodo di transizione (circa 3 settimane prima e 3 settimane dopo il parto), con l'obiettivo di migliorare il metabolismo e la salute della bovina. Il periodo del periparto è critico ed impegnativo, perché le vacche possono andare incontro a bilanci negativi in termini di energia, PM e AA, che possono poi portare alla comparsa di dismetabolie e alla diminuzione delle performance di lattazione. La maggior parte degli studi è concentrata sul bilancio energetico, sebbene alcuni si occupino di determinare lo status delle proteine e degli AA, la salute degli animali e le performance di produzione in seguito all'aggiunta di specifici AA

Aminoacidi rumino-protetti

Raccomandazioni da seguire nel formulare la razione per soddisfare in modo adeguato i fabbisogni amminoacidici della bovina in lattazione:

- impiegare in razione foraggi di alta qualità, cereali e sottoprodotti, che forniscano carboidrati fermentescibili e fibra effettiva in grado di ottimizzare la salute del rumine e massimizzare l'assunzione di sostanza secca, la produzione di latte e la produzione di proteina microbica
- formulare per ottenere livelli adeguati ma non eccessivi di RDP per soddisfare i fabbisogni dei microrganismi ruminali di peptidi, AA e ammoniacale
- inserire in razione concentrati proteici ad alto contenuto di Met (es. farine di estrazione colza), o una combinazione di concentrati proteici ad alto contenuto di Met e un integratore di RPM, per ottenere concentrazioni di Met digeribile nell'intestino (Met_Di) (in % della proteina metabolizzabile, PM) che si avvicinino alla concentrazione ottimale indicata dal modello di valutazione che si sta utilizzando. Ad es., il modello CNCPS v. 6.55 indica un livello ottimale di Met_Di pari **al 5,0% della MP**
- inserire in razione un integratore di lisina rumino-protetta (RP-Met) in quantità opportuna **per ottenere un rapporto Lys_Di/Met_Di** ottimale per il modello che si sta utilizzando. Ad es., utilizzando il modello CNCPS v. 6.55, il rapporto ottimale per massimizzare la produzione di proteina del latte è pari a circa **2,7** (Van Amburgh et al., 2015). Si tenga anche presente che la quantità ottimale di Met_Di (g/d) può essere valutata in relazione all'energia metabolizzabile ingerita (ME, Mcal/d), come segue: **Met_Di = 1,19 g/Mcal ME** (Van Amburgh et al., 2015)

Aminoacidi rumino-protetti

Nitrogen efficiency

Low = 11 g Medium = 19.3 g High = 27.5 g

	Controllo	Low-Met	Medium-Met	High-Met	P-value
Energy Corrected Milk (kg)	39.73 ^b	40.87 ^{ab}	40.96 ^{ab}	41.30 ^a	<0.05
Proteina del latte (kg/d)	1.20 ^b	1.23 ^{ab}	1.25 ^a	1.26 ^a	<0.05
Grasso del latte (kg/d)	1.40	1.44	1.44	1.44	NS*
Escrezione di N con le feci come % della quota ingerita	44.8 ^c	36.8 ^b	35.7 ^{ab}	31.4 ^a	<0.05
Escrezione di N con il liquame come % della quota ingerita	79.7 ^a	71.1 ^{ab}	66.6 ^{ab}	61.2 ^b	<0.01
Bilancio azotato ¹	-71.8 ^c	-29.1 ^{bc}	4.6 ^{ab}	50.6 ^a	<0.01

¹ *Bilancio azotato = N ingerito – N fecale – N urinario; * NS = non significativo*