



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Il sorgo nella filiera del Parmigiano Reggiano: Esperienze di stalla

Damiano Cavallini, Giovanni Buonaiuto, Andrea Formigoni

Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Introduzione

Nella filiera di produzione del Parmigiano Reggiano è sentita l'esigenza di aumentare la quota di foraggi e mangimi prodotti nel territorio

- Richiesta dalle normative per DOP
- Aumentare il legame con il territorio
- Migliorare la redditività dei terreni e mantenere valore nel territorio
- Ridurre l'impatto ambientale dai trasporti di materie prime provenienti dall'esterno



Principali componenti delle razioni

- Foraggi (essiccati e verdi) – min 50% della sostanza secca
- Mangimi:
 - Cereali vernini e estivi
 - Coprodotti amilacei, fibrosi e zuccherini
 - Proteici
 - Minerali e vitamine



Odierni criteri di razionamento

Soddisfare i fabbisogni ottimizzando la funzionalità digestiva (rumine e intestino)

- Massimizzare la crescita dei batteri ruminali per avere più proteine microbiche
- Promuovere la digeribilità intestinale dei nutrienti *escape* e perseguire il miglior equilibrio fra microbiota e ospite.

Individuare i migliori apporti/rapporti anche per favorire la
produzione di materia utile con il latte.

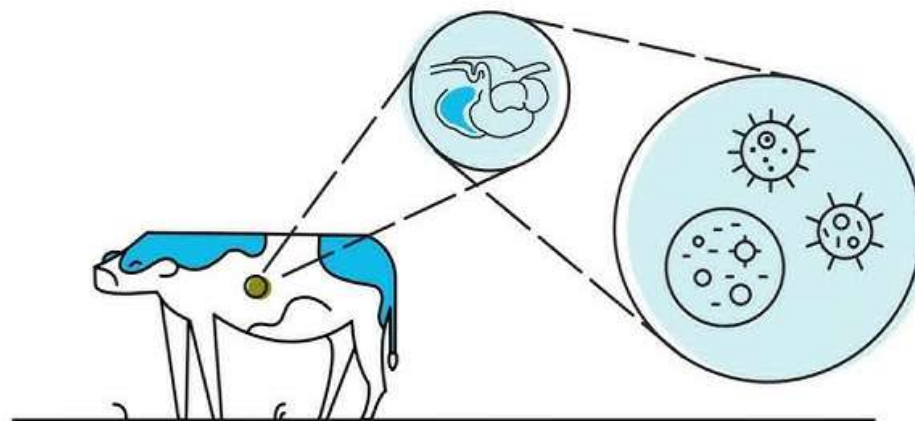


Caseina e Grasso



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fabbisogni delle popolazioni ruminali



➤ **Zuccheri**

➤ **Amidi** degradabili

> crescita batterica soprattutto dei batteri amilolitici

➤ **Fibra** degradabile soprattutto da foraggi per nutrire le popolazioni cellulolitiche.

> velocità di degradazione > ingestione e più latte nelle bovine nelle prime fasi lattazione

➤ Ammoniaca, Peptidi e isoacidi

Fibre: Recenti evoluzioni

- La metodica originale per l'analisi dell'NDF ha subito diverse modifiche = aNDFom
- Da un punto di vista fermentativo riconosciamo 3 diverse entità analiticamente misurabili:
 - pdNDF Rapidamente degradabile (kd: 8-12%/h)
 - pdNDF Lentamente degradabile (kd: 0,1-1%/h)
 - Indegradabile (iNDF ->uNDF)
- Migliore definizione delle velocità di transito
- Poche conoscenze inerenti l'utilizzo intestinale della fibra che sfugge alle degradazioni del rumine



Nuove conoscenze e razionamento

Le razioni si formulano considerando gli apporti giornalieri di queste frazioni:

- pdNDF: >16-18% della ss
- uNDF: 10-11% della ss



Maggiore quantità di pdNDF rapidamente degradabile = maggiore ingestione e energia disponibile = > produzione e < rischi sanitari

Predicting fiber digestibility in cows fed dry-hay based rations

D. Cavallini^{a,*}, E. Raffrenato^b, L.M.E. Mammi^a, A. Palmonari^a, G. Canestrari^a, A. Costa^a, G. Visentin^a,
A. Formigoni^a

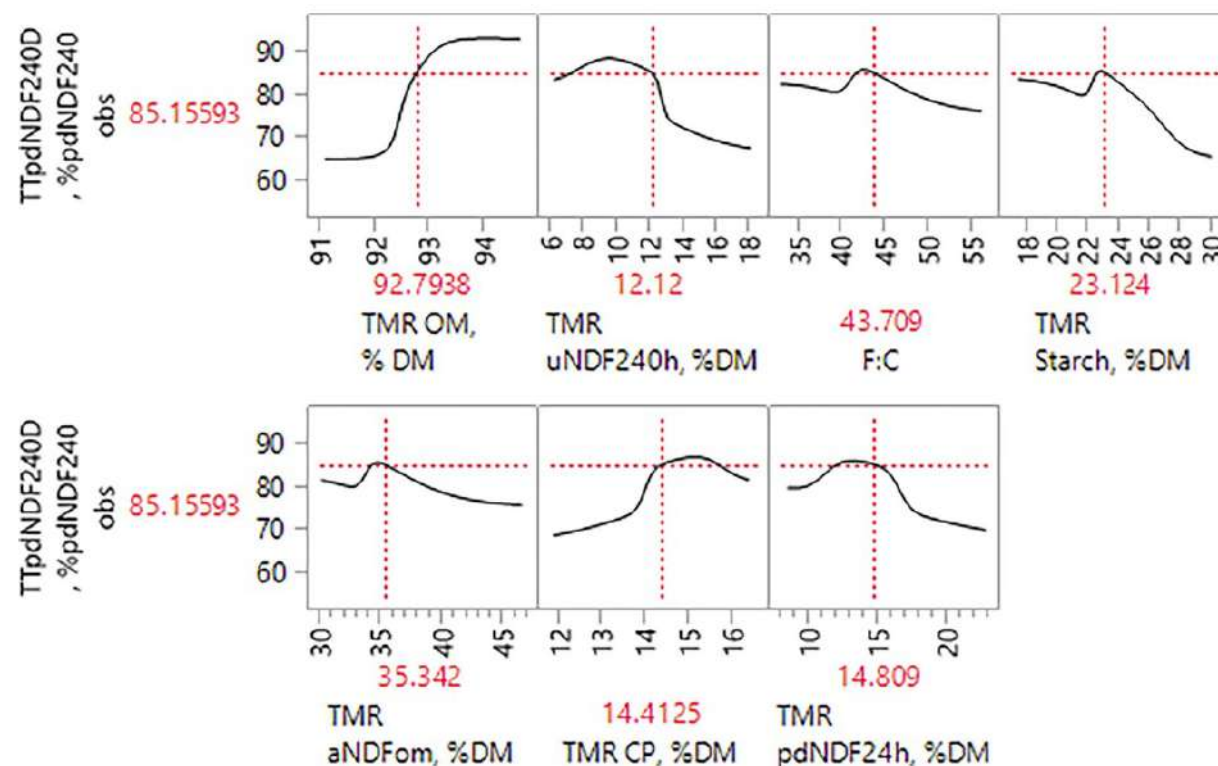


Fig. 2. Pattern of prediction slopes for covariates and their relationship with estimated effect on TTPdNDFD (Total-Tract potentially digestible NDF Digestibility) in Italian Holstein Dairy Cows. The red values on the graph represent the predicted average TTPdNDFD for each combination of covariates, and the red cross indicates the location of each value on the curve. TMR = Total Mixed Ration; F:C = Forage and concentrate ratio; Obs. = Observed; see Table 1 for other abbreviations.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Amido

Nelle bovine in lattazione i livelli utilizzati sono variabili fra il **18/20%** e il **28/30%** della ss.

Un possibile approccio è quello di fornire una quantità di amido rumino degradabile analoga a quella della fibra rumino degradata

➤ **16-22%** della ss

Per massimizzare la produzione di proteina nel latte la quantità di glucosio assorbita in intestino dovrebbe essere del 6-8% della ss

La quantità di amido residua nelle feci dovrebbe essere inferiore a 1-3%

Degradazione ruminale dell'amido (INRA, 2002)

	mais	sorgo	orzo	grano
Amido (%)	64.1	64.1	52.2	60.5
Degr. Teorica (%)	60	60	89	94
a – solubile (%)	23	28	52	58
b – Pot. Degr. (%)	77	72	48	42
Kd - (%/h)	5.5	5	20.5	39



Degradabilità ruminale e digeribilità intestinale dell'amido

Molto variabili e dipendenti da fonte, razione, trattamento, ecc.

Difficile stimare la velocità di degradazione

➤ Comune la metodica *in vitro* con cui si misura la quota residua di amido dopo 7h di fermentazione

- Difficoltà analitiche
- Influenza determinante della granulometria

Pochi dati sulla velocità di transito delle particelle in funzione di granulometria e peso specifico

Stima della digeribilità intestinale «teorica»



Fattori influenti la degradabilità dell'amido

Tipo di cereale (Svihus et al., 2005)

Lavorazione della granella (Callison et al., 2001)

Forma e dimensione dei granuli (Blasel et al., 2006)

Umidità e stadio di maturazione (Masoero et al., 2011)

Processo di insilamento (Oba e Allen, 2003)

Superficie del granulo (Li et al., 2004)

Tipi di granuli (a-b-c) (Remond et al., 2004)

Rapporto amilosio/amilopectina (Song et al., 2000)

Complesso amilosio-lipide (Holm et al., 1993)

Matrice proteica (Larson e Hoffman, 2008)

Tipo di endosperma (Lopes et al., 2009)

Vitreosità (Masoero et al., 2011)

Dimensione delle particelle (Blasel et al., 2006)

Valori proposti di kd dell'amido (Patton et al., 2012)

Orzo farina	15.8 (30)
Mais farina	9.7 (15)
Mais umido	15.5 (27)
Sorgo farina	5.7 (10)
Sorgo fiocco	16.5
Grano farina	14.6 (30)

Kd in vivo (%/ ora) di mais a diversa granulometria (Allen et al., 2008)

Molitura «media»		Molitura «fine»	
Vitreo	Farinoso	Vitreo	Farinoso
5.3	13.7	14.4	24.6
Medio 12.2		Fine 19.5	

Amido rumino degradato (% del totale)

Molitura «Media»		Molitura «Fine»	
Vitreo	Farinoso	Vitreo	Farinoso
16.0	46.2	33.3	61.1
Medio 31.1		Fine 47.2	

Importanza del trattamento tecnologico

Stima della degradabilità in vitro (7h_% del tot.) dell'amido in funzione della granulometria

	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
Oat	85.2	75.4	54.9	48.0
Barley, waxy	83.8	73.1	54.5	38.5
Triticale	78.4	71.5	48.2	37.2
Barley	78.3	69.9	47.9	32.1
Wheat	78.3	66.7	47.8	30.4
Steam flaked Corn	77.0	64.5	47.3	29.4
Corn, 1/2 milk line	76.5	62.9	38.3	28.5
Sorghum	74.9	58.3	34.6	28.1
Corn, flint	70.5	57.6	34.6	23.6
Corn, black line	69.8	53.0	32.6	23.3

Importanza del trattamento tecnologico

Granulometria ottenuta con molitura «fine» di mais e sorgo

	Mais farina	Sorgo farina
Amido, % ss	75,7	71,9
> 1,4 mm	0,1	0,6
1,4 – 1	1,0	4,4
1,0 – 0,7	7,2	21,8
0,7 – 0,3	32,4	45,2
0,3 – 0,15	47,5	27,0
< 0,15	11,1	0,4
IVD 7h Amido	69,72	61,73
Kd amido (%/h)	17,1	13,8

Importanza del trattamento tecnologico

Effetti della fioccatrice del sorgo nell'alimentazione della vacca da latte

	Rullato a freddo	Fioccatore a caldo	P
DMI, Kg/g	25,6	25,1	0.23
Latte, Kg/g	35,6	37,4	0.01
Proteine, %	2,95	3,02	0.01
Proteine, kg/g	1,06	1,14	0.01
Grasso, %	3,20	3,03	0.01
Grasso, kg/g	1,14	1,14	0.90
FCM/DMI	1,39	1,46	0.01
Digeribilità amido total tract, %	83,7	97,1	0.01

(Theuer et al., 1999)

Importanza del trattamento tecnologico

Risposte produttive all'impiego di sorgo e mais fioccati

	Sorgo	Mais	P-value
DMI, Kg/g	25,9	26,1	0.82
FCM 3,5%, Kg/g	34,6	34,4	0.93
FCM/DMI	1,35	1,33	0.69
Latte, kg/g	36,5	36,9	0.84
Proteine, %	2,96	3,00	0.58
Proteine, kg/g	1,08	1,10	0.71
Grasso, %	3,19	3,11	0.45
Grasso, kg/g	1,16	1,14	0.81
Digeribilità amido total tract, %	98,6	97,9	0.86

(Theuer et al., 1999)

Sostituire/integrare il mais: perché?

- Nelle condizioni italiane di coltivazione può risultare contaminato da micotossine



Se aflatossine non utilizzabile per produrre latte



- Il mais richiede molta acqua che potrebbe non essere disponibile
- Necessarie colture alternative per controllo parassiti (Diabrotica)

Sorgo

E' il cereale più simile al mais

Varietà diverse in base a contenuto in tannini

Chiari (basso contenuto di tannini)

Colorati (contenuto di tannini variabile)

Prevalente coltivazione e uso di varietà chiare perché più digeribili

Per le sue caratteristiche e per le condizioni di coltivazione e raccolta è meno suscettibile agli attacchi fungini e, quindi, alla contaminazione da micotossine



Amido e proteine di sorgo coltivato in areale bolognese nel 2019

(dati ottenuti su analisi presso la Coop. Bonlatte)

	% s.t.q.	D.S.
Amido	65,4	1,2
Proteine grezze	10,6	0,7

Risultati relativi a 79 campioni di lotti consegnati dai soci

Mais VS Sorgo: Esperienze UNIBO 1

		SORGO	MAIS-ORZO	P
Produzione	(kg)	30.88	31.52	n.s.
FCM 4%	(kg)	27.76	27.73	n.s.
Grasso	(%)	3.33	3.21	n.s.
Proteina	(%)	3.04	2.97	<0.05
Lattosio	(%)	4.84	4.96	<0.05
Grasso	(g)	1027	1008	n.s.
Proteina	(g)	934	933	n.s.
Cellule somatiche	Score	2.18	2.41	n.s.
Urea	(mmol/L)	5.73	5.97	0.051
Acidità	(°SH)	3.23	3.11	<0.01
BCS	(P.ti)	3.06	3.07	n.s.

(Formigoni et al., 1996, dati non pubblicati)



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Mais VS Sorgo: Esperienze UNIBO 2



Caratteristiche degli animali utilizzati per la ricerca

		Media	Dev.Std.
Latte	kg/d	32.62	2.26
Giorni di lattazione	n°	204.50	36.48
Ordine di parto	n°	3.75	0.89
Età	Anni	5.08	0.76
Peso vivo	Kg	673.59	62.36
BCS	p.ti	2.66	0.23

Composizione delle diete sperimentali

Materia prima		FM	S	Frazione		FM	S
Fieno primo taglio	kg/t.q.	10	10	S.S.	% AF	89,06	88,62
Paglia	kg/t.q.	1	1	Ceneri	% DM	5,82	6,37
Fiocco Mais	kg/t.q.	10	...	Oli e grassi	% DM	4,02	3,95
Farina Sorgo	kg/t.q.	...	10	Proteina	% DM	14,2	14,7
Soia F.E. (44%)	kg/t.q.	3,5	3,5	NDF	% DM	31,64	31,22
Grassi Idrogenati	kg/t.q.	0,4	0,4	ADF	% DM	19,25	19,03
Melassi	kg/t.q.	1,5	1,5	ADL	% DM	3,55	3,48
Premix Min- vit.	kg/t.q.	0,4	0,4	dNDF24h	% NDF	44,61	44,53
				dNDF240h	% NDF	80,03	79,87
				Amido	% DM	25,43	24,12



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Mais VS Sorgo: Esperienze UNIBO 2

Consumi alimentari

Dieta					
Cereale		Mais Fiocco	Sorgo farina	SEM	p-VALUE
Sostanza Secca	kg/d	21,89	22,85	0,51	0,353
Acqua	Litri/d	137,8	155,5	3,87	0,022

Produzione

Dieta					
		Fiocco mais	Sorgo farina	SEM	p-VALUE
Latte	kg	32,26	31,18	1,14	0,610
Grasso	%	3,54	3,78	0,05	0,023
Proteina	%	3,26	3,22	0,19	0,202

pH ruminale

Diete					
		Fiocco mais	Sorgo farina	SEM	p-VALUE
Tempo di Ruminazione	(min/g)	331,80	310,60	15,55	0,499
pH ruminale	item	5,82	5,76	0,03	0,384
pH < 5.8	(min/g)	538,25	655,00	39,04	0,990
pH < 5.5	(min/g)	191,25	237,75	21,36	0,519
pH < 5.8	Delta	161,18	193,44	12,81	0,668
pH < 5.5	Delta	64,07	72,06	3,54	0,339
Temperatura Reticolare	°C	38,84	38,77	0,03	0,250

Liquor ruminale

		FM	S	SEM	p.value
Acetico	mmol/l	61,92	74,30	3,06	0,029
Propionico	mmol/l	29,02	21,28	1,23	0,004
Butirrico	mmol/l	9,92	13,06	0,77	0,028
Isobutirrico	mmol/l	0,70	1,19	0,05	0,001
Valerianico	mmol/l	1,56	1,43	0,08	0,328
Isovalerianico	mmol/l	1,32	2,08	0,06	<,001
C2P	%	61,3	68,1	1,03	0,003
C3P	%	28,9	19,9	1,20	0,002
C4P	%	9,8	12,0	0,48	0,018
C2/C3		2,2	3,5	0,15	0,001
(C2+C3)/C4		2,6	4,2	0,18	0,001

Mais VS Sorgo: Esperienze UNIBO 3

3 settimane dieta mais vs 3 settimane dieta sorgo

Mais 8 kg vs Sorgo 8 kg

Periodi ripetuti 2 volte a Castello e Oppio

Rilievi:

- Ingestione, Latte e qualità, resa formaggio sull'intera mandria
- Patologie
- Dati produttivi su vacche selezionate



Effects of complete replacement of corn flour with sorghum flour in dairy cows fed Parmigiano Reggiano dry hay-based ration

Giovanni Buonaiuto, Alberto Palmonari, Francesca Ghiaccio, Giulio Visentin, Damiano Cavallini, Luca Campidonico, Andrea Formigoni & Ludovica Maria Eugenia Mammi

Caratteristiche delle diete

	Sorgo	Mais
Sostanza secca, % tal quale	79,78	82,99
Proteine grezze	15,29	16,33
Amido	28,03	27,36
aNDF _{om}	31,87	31,44
ADF	22,96	23,10
ADL	4,36	4,53
uNDF ₂₄₀	9,87	11,14
Ceneri	6,44	6,63
Degradabilità amido	69,72	61,73

	PRE	Sorgo	Mais
Fieno graminacee (I° taglio)	3	3	3
Fieno medica (II° taglio)	3	3	3
Fieno medica (III° taglio)	4	4	4
Mais farina	4	-	8
Sorgo farina	4	8	-
Soia f.e.	1,5	1,5	1,5
Nucleo	5	5	5
Grano farina	3	3	3
Acqua	4	4	4
Melasso	1	1	1

Mais VS Sorgo: Risultati – Latte di massa

	Castello		Oppio		SEM	<i>P</i>	<i>P</i>
Dieta	Mais	Sorgo	Mais	Sorgo		Azienda*dieta	dieta
SSI, kg/capo/d	22,09	22,47	22,28	22,85	n.d.	n.d.	n.d.
Latte, kg/d	28,44	28,50	29,39	29,79	0,11	n.s	n.s
Milk/DMI	1,29	1,27	1,32	1,30			



Mais VS Sorgo: Risultati – latte di massa

	Castello		Oppio		SEM	P
Dieta	Mais	Sorgo	Mais	Sorgo		Azienda*dieta
Grasso, %	3,61	3,55	3,62	3,67	0,08	n.s
Caseina, %	2,80	2,83	2,91	2,85	0,03	n.s
Lattosio, %	4,85	4,83	4,87	4,85	0,04	n.s
Urea, mg/100 ml	22,85 ^a	27,48 ^b	22,72 ^a	27,27 ^b	0,82	<0,05
LDG, r'	22,37	19,93	19,19	21,03	1,22	n.s
TBC, x1000 CFU/ml	14,00	23,00	10,50	8,00	3,38	n.s
SCC, Cell/ml*1000	434,50	449,00	274,25	220,25	75,31	n.s
pH	6,72	6,70	6,68	6,71	0,01	n.s
Acidità titolabile, °SH/50 ml	3,55	3,60	3,67	3,55	0,07	n.s

Mais VS Sorgo: Risultati – Latte di massa

	Mais	Sorgo	SEM	<i>P</i>
Grasso, %	3.61	3.61	0.08	n.s.
Caseina, %	2.85	2.84	0.03	n.s.
Lattosio, %	4.86	4.84	0.04	n.s.
Urea, mg/100 ml	22.79 ^b	27.38 ^a	0.83	<.01
LDG, r'	20.78	20.48	1.24	n.s.
TBC, x1000 CFU/ml	12.25	15.50	3.42	n.s.
SCC, Cell/ml*1000	354.38	334.63	76.06	n.s.
pH	6.70	6.71	0.01	n.s.
Acidità titolabile, °SH/50 ml	3.61	3.58	0.07	n.s.



Mais VS Sorgo: Risultati – Produzione totale di latte e formaggio

	Mais	Sorgo	SEM	<i>P</i>
Produzione totale di latte, kg/g	19344,2	19398,62	93,30	n.s.
Latte in caldaia, kg/g	17484,3	17492,67	103,7	n.s.
Produzione di formaggio, kg/g	1765,92	1771,58	13,56	n.s.
Resa in formaggio, %	10,13	10,15	0,04	n.s.
Formaggio, kg/capo/g	2,87	2,87	0,01	n.s.



Mais VS Sorgo: Risultati – Soggetti selezionati

	PRE	Mais	Sorgo	SEM	<i>P</i>
Capi, n	50	50	50		
Lattazione, n	1.65	1.65	1.65		
Giorni in mungitura, n	70.1	131.4	132.2		
Produzione di latte, kg	29,83	31,34 ^b	32,43 ^a	0,21	<0,1
FCM, kg	29,60	31,72	32,87	0,81	n.s.
ECM, kg	26,50	29,39	30,22	0,66	n.s.
Grasso, %	3,38	3,57	3,76	0,09	n.s.
Proteina, %	3,23	3,65	3,66	0,02	n.s.
Lattosio, %	4,91	4,83 ^b	4,88 ^a	0,01	<,01
Urea, mg/10 dl	-	21,63 ^b	29,62 ^a	0,57	<,01
Caseina, %	-	2,82	2,85	0,01	0,09
SCC	46,48	372,85	166,66	156,43	n.s.

Mais VS Sorgo: Risultati – Analisi delle feci

	Castello		Oppio		SEM	<i>P</i>	<i>P</i>
Dieta	Mais	Sorgo	Mais	Sorgo		Azienda*dieta	dieta
Sostanza secca, g/kg	15.19	14.88	14.51	14.95	0.39	n.s.	0.1417
Proteine grezze	15.81 ^a	16.93 ^b	16.74 ^{ab}	15.92 ^{ab}	0.49	n.s.	0.0023
Amido	2.92 ^a	4.5 ^b	3.85 ^b	3.03 ^a	0.29	n.s.	<.0001
aNDFom	60.51 ^a	54.14 ^b	53.36 ^b	59.76 ^a	1.16	n.s.	<.0001
ADF	44.11 ^a	41.25 ^b	42.86 ^a	43.61 ^a	0.61	0.006	<.0001
ADL	24.2 ^a	26.71 ^b	26.01 ^b	23.85 ^a	0.64	n.s.	<.0001
Ceneri	11.35 ^a	12.75 ^b	12.99 ^b	11.58 ^a	0.35	n.s.	<.0001
uNDF240, % SS	45.1 ^a	39.1 ^c	41.22 ^{bc}	42.39 ^{ab}	1.18	0.001	<.0001
uNDF240, % NDF	74.44 ^{ab}	71.99 ^{ac}	77.33 ^b	71.01 ^c	1.32	<.0001	0.03
pdNDF240, % NDF	25.56 ^{ab}	28.01 ^{ac}	22.66 ^b	28.98 ^c	1.32	<.0001	0.03
pdNDF240, % SS	15.45 ^{ac}	15.05 ^a	12.13 ^b	17.34 ^c	0.76	<.0001	<.0001
TTDpdNDF, % pdNDF	83.88 ^a	83.76 ^a	89.13 ^b	76.94 ^c	1.44	<.0001	<.0001

Mais VS Sorgo: Conclusioni

Conclusioni:

- Il sorgo granella può sostituire il mais senza particolari inconvenienti sulla produzione di latte e formaggio

...ma la razione deve essere equilibrata in termini di amido fermentescibile

- Attenzione alla tecnica di molitura per evitare granulometria difforme e eccessiva
- Interessante il trattamento termico per elevare/standardizzare la degradabilità/digeribilità dell'amido

Le diete a base di sorgo possono consentire un leggero **risparmio** di proteine e necessitano di essere equilibrate per l'apporto in amido degradabile

+ sorgo, + frumento con riduzione della soia



Grazie per l'attenzione!

damiano.cavallini@unibo.it

giovanni.buonaiuto@unibo.it



Follow us!

stalladidattica_unibo

