



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA

**IL FORAGGIO DI LUPINELLA E GLI ESTRATTI DEL QUEBRACHO:
FONTI ALTERNATIVE DI TANNINI CONDENSATI**

COMPOSIZIONE CHIMICA E VALORE NUTRITIVO DEL FORAGGIO DI LUPINELLA

Prof. Luca Rapetti

Luino (VA), 21 novembre 2022



PSR LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
NETTE RAGGI
2014 2020



Regione
Lombardia



Progetto n. 6 operazione 16.1.01 «Gruppi operativi PEI»
PSR 2014-2020 della Regione Lombardia
*Iniziativa realizzata nell'ambito del progetto CASCO,
cofinanziato dal FEASR.*

Capofila del Partenariato: Università degli Studi di Milano.

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

I tannini



I **tannini** sono una famiglia molto varia di metaboliti secondari delle piante.

- Le piante ricche in tannini contengono in genere una miscela di tannini con diversa struttura
- La quantità e la struttura dei tannini presenti è diversa fra i vari tessuti e può subire cambiamenti con lo sviluppo della pianta.
- All'interno della pianta, i tannini sono contenuti nei vacuoli cellulari.
- Le maggiori concentrazioni si hanno nelle foglie e negli organi riproduttivi.
- Nell'organismo vegetale svolgono diverse funzioni, alcune ancora in parte sconosciute (Mueller-Harvey, 2018).
- Uno dei ruoli principali è quello di difesa contro gli erbivori grazie alla loro azione astringente, questo spiega la più alta concentrazione di tannini nelle foglie e negli organi riproduttivi.

I tannini



- I tannini possono svolgere **funzioni positive** sull'animale come l'aumento dell'efficienza nella digestione delle proteine e la riduzione di metano enterico.
- I tannini sono, tra gli estratti naturali, quelli che presentano la più elevata attività antielmintica.
- Nelle piante terrestri, i tannini sono classificati in tannini **condensati** e **idrolizzabili** (Zeller, 2019; Jayanegara et al., 2011).
- I **tannini condensati** (CT) o “proantocianidine” sono un grande gruppo chimico eterogeneo di polimeri fenolici (polifenoli), che in natura si presentano come oligomeri idrosolubili e polimeri insolubili derivanti dal monomero flavan-3-olo (Zeller, 2019; Shay et al., 2017).
- I **tannini idrolizzabili** (HT) sono una famiglia più omogenea e sono poliesteri dell'acido gallico e di zuccheri (Jayanegara et al., 2011; Makkar, 2003).

I tannini in alimentazione animale



- Entrambe le famiglie di tannini hanno **effetti sia positivi che negativi** sugli animali, a seconda della loro struttura e concentrazione nella dieta, della formulazione della dieta stessa e ad altri fattori come la specie e lo stato fisiologico dell'animale.
- In ambiente acquoso, hanno una grande affinità con ioni metallici, aminoacidi, polisaccaridi, ma soprattutto **si legano con le proteine** formando complessi (Makkar, 2003).
- La tendenza a legarsi alle proteine può aumentare la quota di proteine by-pass ruminali, migliorando, quindi, l'efficienza d'uso dell'azoto e spostando alle feci parte dell'azoto che, senza tannini, sarebbe stato escreto con le urine, riducendo in questo modo **l'impatto ambientale** dell'allevamento (Aboagye e Beauchemin, 2019).
- I tannini determinano una riduzione delle flogosi intestinali (Paolini et al., 2003).
- Hanno un **effetto astringente**, con riduzione della percentuale di acqua nelle feci, migliorando lo stato della lettiera con ripercussioni positive sul benessere animale (Manfredi et al., 2010).
- Un altro aspetto positivo sarebbe il possibile effetto di riduzione delle **emissioni di metano**.

I tannini in alimentazione animale



- Tra gli **aspetti negativi** bisogna sicuramente citare **l'effetto astringente** che i tannini causano agli alimenti diminuendone **l'appetibilità**.
- Tuttavia si è visto che nella **saliva delle capre**, come adattamento a questo fenomeno e a differenza di altri ruminanti, è presente un maggior numero di **glicoproteine** che hanno la funzione di legarsi ai tannini per ridurre questo effetto negativo (Aboagye e Beauchemin, 2019).
- Sempre a causa della tendenza a legarsi con altre molecole, i tannini potrebbero **ridurre la digeribilità della fibra** e avere addirittura degli effetti tossici per gli animali.
- È bene però ricordare che tutti questi effetti, positivi o negativi che siano, dipendono soprattutto dalle concentrazioni di tannini nella dieta che, per quanto riguarda gli effetti tossici e anti-nutrizionali, difficilmente saranno raggiunte con una dieta ben formulata. Comunemente, si ritiene che nella capra una dieta con una concentrazione di tannini inferiore al 5% sull'intera sostanza secca ingerita non causi problemi, come ad esempio una riduzione della digeribilità, ma, anzi, l'animale ne trarrebbe dei benefici.

I foraggi ricchi in tannini



Tra i foraggi che ben conosciamo, quelli a più alta concentrazione di tannini sono

- **ginestrino** (*Lotus corniculatus*)
- **lupinella** (*Onobrychis viciifolia*)
- **sulla** (*Hedysarum coronarium*)



tutti appartenenti alla famiglia delle leguminose.

Il ginestrino



Il **ginestrino** (*Lotus corniculatus*) è una leguminosa presente normalmente nei pascoli e nei prati naturali europei.

- È una pianta erbacea, perenne, alta 0,4-0,7 m, con apparato radicale fittonante, ricco di tubercoli.
- Si adatta abbastanza bene a eccessi di umidità così come a condizioni di siccità.
- I limiti termici del ginestrino sono all'incirca quelli della medica.
- Presenta una certa tolleranza all'acidità del terreno che lo rende una specie adatta ad essere coltivata in terreni organici anche di montagna.
- I valori ottimali di pH del terreno si aggirano intorno a 6,5.
- Solitamente utilizzato in prati in consociazione con altre specie con una durata di 2-4 anni.
- E' sensibile alla competizione con altre piante a causa del suo sviluppo molto lento.
- E' seminato su terreno nudo, appena sotto la superficie, con dosi di 10-20 kg/ha.
- Può essere utilizzato per il pascolo o affienato.

Il ginestrino



- Le rese sono variabili in funzione dell'anno di semina, delle condizioni climatiche e del numero di sfalci possibili: si passa da una resa di 2-3 t/ha al primo anno fino alle 6-14 t/ha di sostanza secca in condizioni ottimali (Feedipedia.org).
- Il fieno è ricco di **proteine** ($19,2 \pm 2,3\%$ s.s.) ma la qualità della fibra non è molto buona visto l'alto contenuto di lignina ($9,6 \pm 1,1\%$ s.s.).
- Nel ginestrino, i **tannini condensati** variano con percentuali dallo **0,7% al 4%** sul peso della sostanza secca (Aboagye e Beauchemin, 2019).

La lupinella



La **lupinella** (*Onobrychis viciifolia*) è una leguminosa con apparato radicale fittonante, ricco di numerosi tubercoli radicali.

- Gli steli sono eretti e presentano foglie imparipennate con 7-12 paia di foglioline.
- L'infiorescenza è un racemo ascellare non ramificato di colore rosato.
- Il frutto è un legume spinoso e indeiscente che, solitamente, contiene un solo seme reniforme di colore bruno.
- La lupinella resiste discretamente al freddo e alla siccità.
- Si adatta a terreni calcarei, sabbiosi, asciutti.
- È adatta anche agli argillosi purché non umidi, teme i terreni acidi.
- La semina può essere fatta sia con seme nudo che vestito con dosi variabili dai 50 ai 160 kg/ha.
- Come foraggera è un'ottima pianta miglioratrice della fertilità del suolo, resta in coltura 2-3 anni, collocandosi bene tra due cereali.
- Ha una scarsa attitudine al ricaccio, il primo taglio rappresenta quindi il grosso della produzione.

La lupinella



- Le **rese** sono di 20-25 t/ha di erba, pari a circa 4-5 t/ha di fieno.
- Il fieno di lupinella ha un discreto contenuto di **fibra NDF** ($47,7 \pm 10,6\%$ SS) ma con un alto contenuto di lignina ($9,0 \pm 1,9\%$ SS)



Pl. 93. Sainfoin cultivé. *Onobrychis sativa* Lmk.

- Ha una buona concentrazione di **proteine** ($15,2 \pm 3,3\%$ SS).
- Ha un contenuto di **tannini condensati** di 1,6-9,4% sulla sostanza secca (Aboagye e Beauchemin, 2019).

La sulla



La **sulla** (*Hedysarum coronarium*) è una leguminosa con apparato radicale fittonante.

- Gli steli sono eretti, alti da 0,80 a 1,50 m, da cui partono foglie imparipennate, composte da 4-6 paia di foglioline, leggermente ovali.
- Le infiorescenze sono racemi ascellari che portano 20-40 fiori di colore rosso.
- Il frutto è un lomento con 3-5 semi.
- La sulla è resistente alla siccità, ma non al freddo.
- Si adatta bene a terreni argillosi.
- La semina può essere fatta in autunno con 80-100 kg/ha di seme vestito o in primavera con 20-25 kg/ha di seme nudo.
- La sulla è un'ottima foraggera miglioratrice, che ben si inserisce tra due colture di cereali. Il primo anno è utilizzato come pascolo.
- La produzione per foraggio è soddisfacente solo dal secondo anno con una resa media di 4-5 t/ha, tutta rappresentata dal primo e unico taglio. A causa dell'alto contenuto di acqua è meglio preferire l'insilamento alla fienagione.

La sulla



- Il fieno di sulla ha una buona concentrazione di **proteine** ($14,3 \pm 1,7\%$)
- Ha un discreto contenuto di **fibra NDF** ($48,2 \pm 6,3\%$ SS) ma con molta lignina ($8,6\%$ SS).
- Ha un contenuto di **tannini condensati** di 3,3-6,8% sulla sostanza secca (Aboagye e Beauchemin, 2019).

Composizione chimica e contenuto di tannini condensati di ginestrino, lupinella e sulla

(Adattato da Feedipedia.org e Aboagye e Beauchemin, 2019).

	Ginestrino <i>Lotus <u>corniculatus</u></i>	Lupinella <i>Onobrychis <u>viciifolia</u></i>	Sulla <i>Hedysarum <u>coronarum</u></i>
Sostanza Secca (% TQ)	91,2 ± 2,8	89,7 ± 3,8	87,2 ± 1,5
Proteine Grezze (% SS)	19,2 ± 2,3	15,2 ± 3,3	14,3 ± 1,7
Fibra Neutro Detersa (% SS)	41,1 ± 8,4	47,7 ± 10,6	48,2 ± 6,3
Fibra Acido Detersa (% SS)	33,9 ± 5,5	35,7 ± 8,7	37,7 ± 6,7
Lignina (% SS)	9,6 ± 1,1	9,0 ± 1,9	8,6
Estratto Etereo (% SS)	1,7	2,1	2,0
Ceneri (% SS)	11,0 ± 2,6	7,9 ± 2,5	10,9 ± 2,3
Tannini Condensati (% SS)	0,7 - 4	1,6 - 9,4	3,3 - 6,8





Il valore nutritivo della lupinella

Obiettivi dello studio:

- Caratterizzazione della composizione chimica della lupinella e delle sue parti costituenti (steli, foglie, fiori)
- Determinazione degli effetti dei tannini condensati presenti nella pianta sulle fermentazioni ruminali, attraverso incubazioni in vitro con liquido ruminale

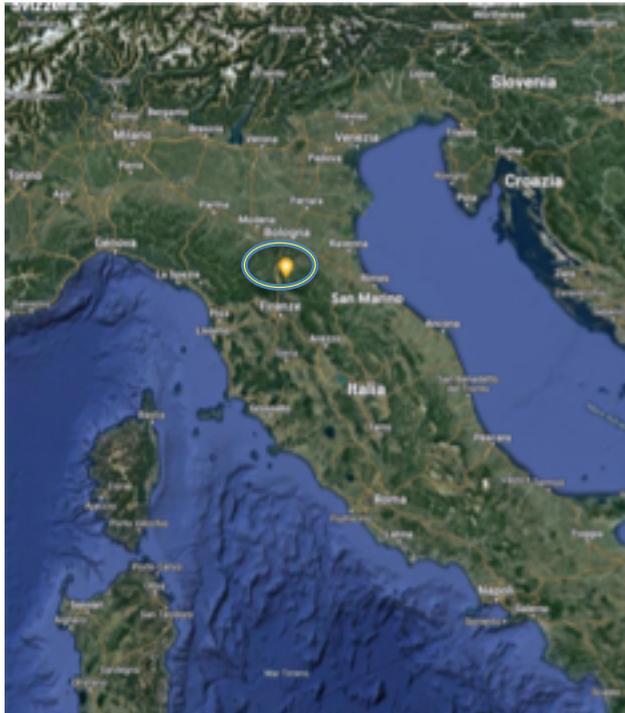
DiSAA
ZOOTECNIA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



La lupinella di Firenzuola (FI)



Materiale e metodi



Subito dopo il taglio è stata eseguita la **raccolta dei campioni** delle piante di lupinella **in tre punti** differenti del campo.

Le piante raccolte sono quindi state utilizzate per costituire i seguenti campioni da analizzare:

- 3 campioni di **pianta intera**
- 3 campioni di **foglie**
- 3 campioni di **infiorescenze**
- 3 campioni di **steli**

Materiale e metodi



Al fine di caratterizzazione del valore nutritivo del foraggio di lupinella e delle sue parti (infiorescenza, foglie e steli) sono state condotte le seguenti analisi per la determinazione di:

- sostanza secca
- ceneri
- sostanza organica
- proteina grezza
- estratto etero
- fibra neutro detersa (aNDFom),
- fibra acido detersa (ADFom),
- Lignina (sa)

Materiale e metodi



Parte sperimentale *in vitro*

- Le fermentazioni ruminali sono state effettuate con fluido ruminale bovino utilizzando il metodo del **Gas Test**, secondo le indicazioni di Menke e Steingass (1988) e di Theodorou et al. (1994)
- Per indagare gli effetti dei tannini presenti nel foraggio è stato aggiunto a due delle quattro repliche per ogni campione, 1 mL di una soluzione di polietilene glicol (**PEG**), polimero capace di complessare i tannini presenti.

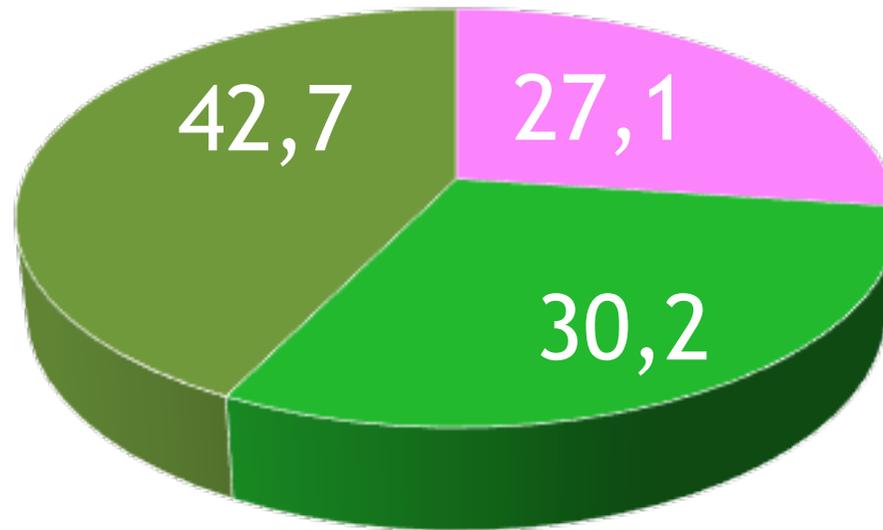




Contributo percentuale delle parti di lupinella sulla quantità totale di sostanza secca dell'intera pianta



% della SS totale



■ Infiorescenze ■ Foglie ■ Steli

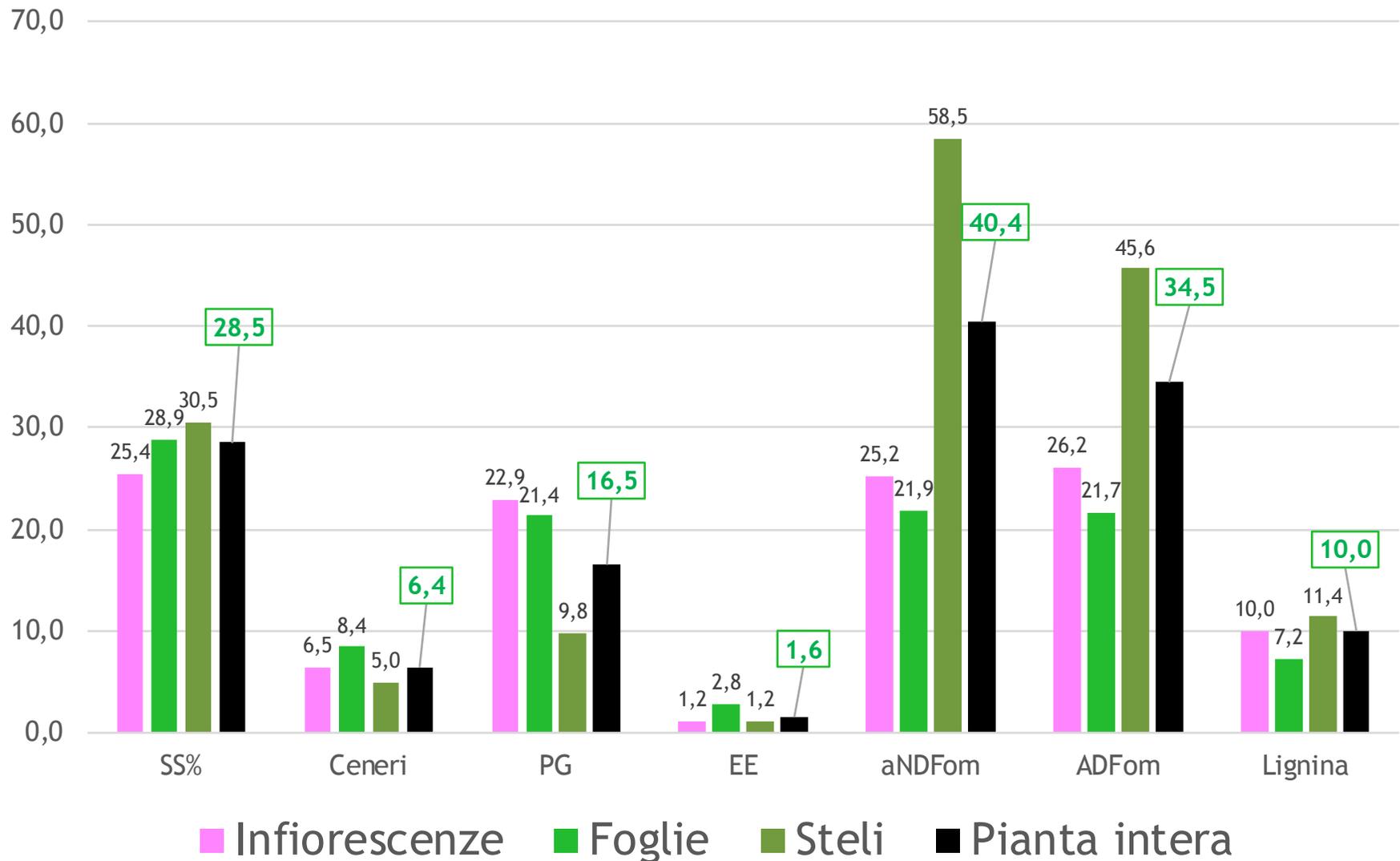




Composizione chimica (% s.s.) della pianta intera di lupinella e delle sue frazioni (infiorescenze, foglie e steli)

DiSAA
2007/EC/11A

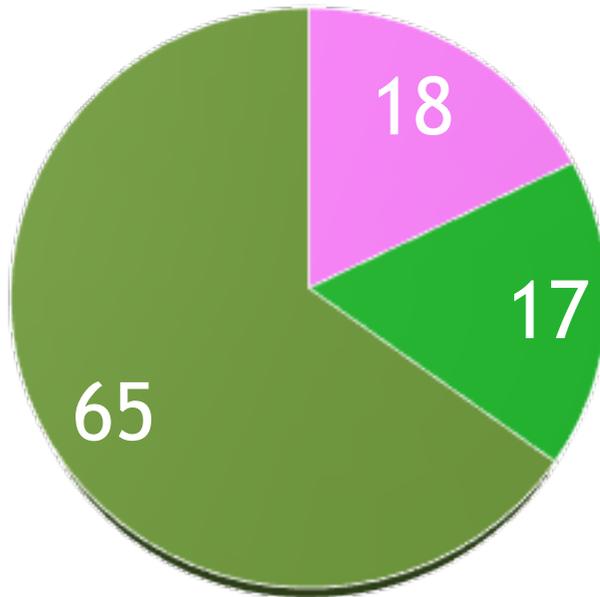
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA





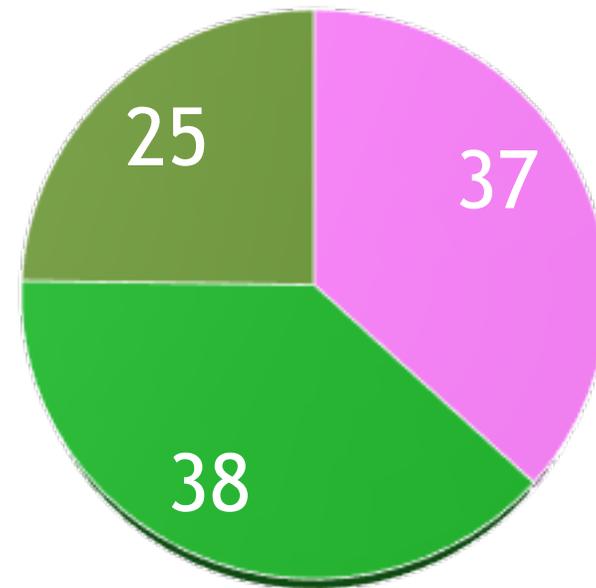
Contributo percentuale delle parti di lupinella sulla quantità totale di FIBRA (aNDFom) e di PROTEINA (PG) dell'intera pianta

% della NDF totale



■ Infiorescenze ■ Foglie ■ Steli

% della PG totale



■ Infiorescenze ■ Foglie ■ Steli

DiSAA
2007/2011



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA





La preparazione del pellet di lupinella

Taglio: 25/05/2020



Andanatura: 28/5/2020



Campionamento e analisi NIR



Imballaggio: 28/5/2020



...successivamente le rotoballe sono state impiegate per produrre il pellet presso il Consorzio Agrario di Cremona





Il foraggio usato per produrre il pellet

Oltre alla lupinella è evidente anche la presenza di essenze graminacee che ha determinato delle differenze, in termini di composizione chimica e valore nutritivo, rispetto alle sole piante di lupinella.





Composizione chimica (% s.s.) del pellet di lupinella



	Ceneri	SO	PG	EE	aNDFom	ADFom	Lignina	NFC
Lupinella pellet 1	8,5	91,5	10,6	1,6	48,4	35,1	7,6	30,9
Lupinella pellet 2	8,2	91,8	10,0	1,5	49,5	32,9	6,4	30,8
Lupinella pellet 3	7,8	92,2	9,5	1,6	50,7	34,6	6,8	30,4
Media pellet	8,2	91,8	10,0	1,5	49,5	34,2	6,9	30,8
Lupinella pianta intera	6,4	93,6	16,5	1,6	40,4	34,5	10,0	35,1

La concentrazione in TC nel pellet di lupinella è risultata essere pari al 2% s.s.



Digeribilità ruminale *in vitro* (Gas Production, GP) e valore nutritivo (UFL) della lupinella e delle sue frazioni costituenti, in funzione alla presenza di PEG

DiSAA
2007/ECNIA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



	PEG	Fiori	Foglie	Steli	Pianta intera	Pellet	ES	P-subst	P-peg
GP 0-24 h	NO	161 ^a	127 ^b	115 ^c	132 ^b	125 ^c	5,04	<0,001	0,280
(ml/g SS)	SI	165 ^a	134 ^b	115 ^c	136 ^b	123 ^c			
GP 24-48 h	NO	44,5 ^a	38,0 ^b	33,9 ^b	37,3 ^b	47,5 ^c	2,97	<0,001	0,45
(ml/g SS)	SI	46,3 ^a	41,0 ^b	33,5 ^b	39,0 ^b	46,2 ^c			
GP 0-48 h	NO	205 ^a	165 ^{b*}	149 ^c	169 ^b	172 ^b	5,57	<0,001	0,17
(ml/g SS)	SI	212 ^a	175 ^{b*}	148 ^c	175 ^b	169 ^b			
UFL	NO	0,92 ^a	0,81 ^{b*}	0,66 ^d	0,77 ^c	0,73 ^e	0,01	<0,001	0,052
(n/kg SS)	SI	0,94 ^a	0,84 ^{b*}	0,66 ^d	0,79 ^c	0,73 ^e			

Note:

ES = errore standard;

* = medie con differenza statisticamente significativa in funzione alla presenza di PEG (P < 0,05);

a, b, c, d, e = Medie con lettere diverse sulla stessa riga sono significativamente differenti (P < 0,05).



Produzione di metano in vitro della lupinella e delle sue frazioni costituenti, in funzione alla presenza di PEG



	PEG	Fiori	Foglie	Steli	Pianta intera	Pellet	ES	P-subst	P-peg
CH ₄ 0-48 h (ml/g SS)	NO	40,0 ^{a*}	30,9 ^{b*}	32,8 ^b	33,2 ^b	34,7 ^b	1,75	<0,001	0,001
	SI	43,3 ^{a*}	36,3 ^{b*}	34,3 ^b	37,1 ^b	35,8 ^b			
CH ₄ 0-48 h (% GP)	NO	19,4 ^a	18,6 ^{a*}	22,0 ^b	19,6 ^a	20,1 ^c	0,032	<0,001	<0,001
	SI	20,4 ^a	20,6 ^{a*}	23,1 ^b	21,1 ^a	21,1 ^c			

Note:

ES = errore standard;

* = medie con differenza statisticamente significativa in funzione alla presenza di PEG (P < 0,05);

a, b, c = Medie con lettere diverse sulla stessa riga sono significativamente differenti (P < 0,05).



Produzione in vitro di acidi grassi volatili (AGV) in seguito alla fermentazione della lupinella e delle sue frazioni costituenti, in funzione della presenza di PEG

DiSAA
2007/LEONIA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



	PEG	Fiori	Foglie	Steli	Pianta intera	Pellet	ES	P-subst	P-peg
AGV totali	NO	70,2	67,9	61,7	73,6	69,2	7,99	0,249	0,583
(mmol/litro)	SI	74,9	69,8	61,4	72,5	71,5			
Ac. acetico	NO	67,0	68,4	66,6	68,7	65,5	1,35	0,582	0,189
(%)	SI	66,0	66,3	66,2	66,6	65,9			
Ac. propionico	NO	18,9 ^{ab}	18,4 ^b	18,9 ^{ab}	18,0 ^b	19,6 ^a	0,46	0,025	0,415
(%)	SI	19,1 ^a	18,2 ^b	19,3 ^a	19,0 ^{ab}	19,3 ^a			
Ac. butirrico	NO	10,5	9,9	11,0	10,1	11,3	0,80	0,746	0,353
(%)	SI	10,9	11,2	11,0	10,6	11,2			
Ac. valerico		3,6	3,4	3,5	3,2	3,6	0,43	0,660	0,133
(%)		4,0	4,2	3,5	3,7	3,6			

Note:

ES = errore standard;

* = medie con differenza statisticamente significativa in funzione alla presenza di PEG (P < 0,05);

a, b = Medie con lettere diverse sulla stessa riga sono significativamente differenti (P < 0,05).

Conclusioni

- Nel corso del progetto è emersa una grande difficoltà nell'individuare aziende che coltivino la lupinella in purezza.
- Il valore nutritivo della lupinella in purezza è interessante sia sotto il profilo energetico che proteico. La presenza di graminacee nell'erbaio ne ha ridotto la valenza nutrizionale, soprattutto rispetto alle proteine.
- La concentrazione di tannini presenti nei campioni di pianta intera di lupinella ha mostrato degli effetti statisticamente non significativi sulle fermentazioni ruminali a causa della loro modesta concentrazione, soprattutto negli steli. Diversamente, i campioni di foglie sembrerebbero esserne più dotati.



Conclusioni

- L'impiego di foraggi contenenti tannini condensati nell'alimentazione della capra ha delle potenzialità che meritano di essere ulteriormente indagate in maniera approfondita, anche mediante delle valutazioni *in vivo*.
- Tuttavia, nell'ambito del progetto CASCO, data la modesta concentrazione di tannini condensati riscontrata nel pellet di lupinella prodotto (circa 2% s.s.), nella prova effettuata *in vivo* si è voluto testare un additivo commerciale ad elevato tenore in tannini condensati (circa 70% s.s.) addizionato alla dieta secondo tre differenti dosaggi.

