



I FORAGGI IDROPONICI

Dr. Francesco Serrapica
francesco.serrapica@unina.it

Agricoltura irrigua

Nel nostro Paese, il settore agricolo assorbe circa la metà (48%) dell'intera domanda di acqua del Paese, seguito da quello civile e industriale (19%) e dagli usi energetici (14%)

Uso sostenibile della risorsa idrica: l'accesso al premio unico aziendale (PAC) è vincolato al rispetto di norme di buona pratica agricola (eco-condizionalità)

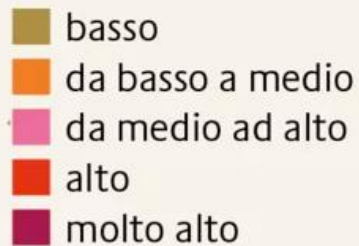
Cresce la domanda di acqua: il turismo è il principale antagonista dell'agricoltura

L'influenza dei cambiamenti climatici : crescente tropicalizzazione

- ✓ maggiore frequenza di eventi estremi caratterizzati da precipitazioni intense concentrate solo in alcuni periodi dell'anno, alternate a prolungati periodi di siccità. Negli ultimi 20 anni, la porzione di territorio nazionale colpita da fenomeni siccitosi è passata dall'8% al **20%**

PREVISIONI FOSCHE

Stress idrico previsto entro il 2040



Lo stress idrico si verifica quando c'è uno squilibrio tra il consumo di acqua e le risorse idriche disponibili o rinnovabili

La metamorfosi del territorio italiano: uso del suolo

Suolo Agricolo

CORINE Land Cover (ISPRA, 2018)

Mappatura dell'uso e della copertura del suolo e delle sue variazioni (1990-2018)

Il processo più significativo in atto, in Europa e nel nostro Paese, è rappresentato dalla progressiva diminuzione della superficie destinata all'uso agricolo, spesso in maniera indipendente dalla fertilità e dalla produttività dei terreni (circa i tre quarti dei cambiamenti di uso del suolo avvenuti in Italia tra il 1960 e il 2017 sono dovuti a questa tipologia di trasformazione)

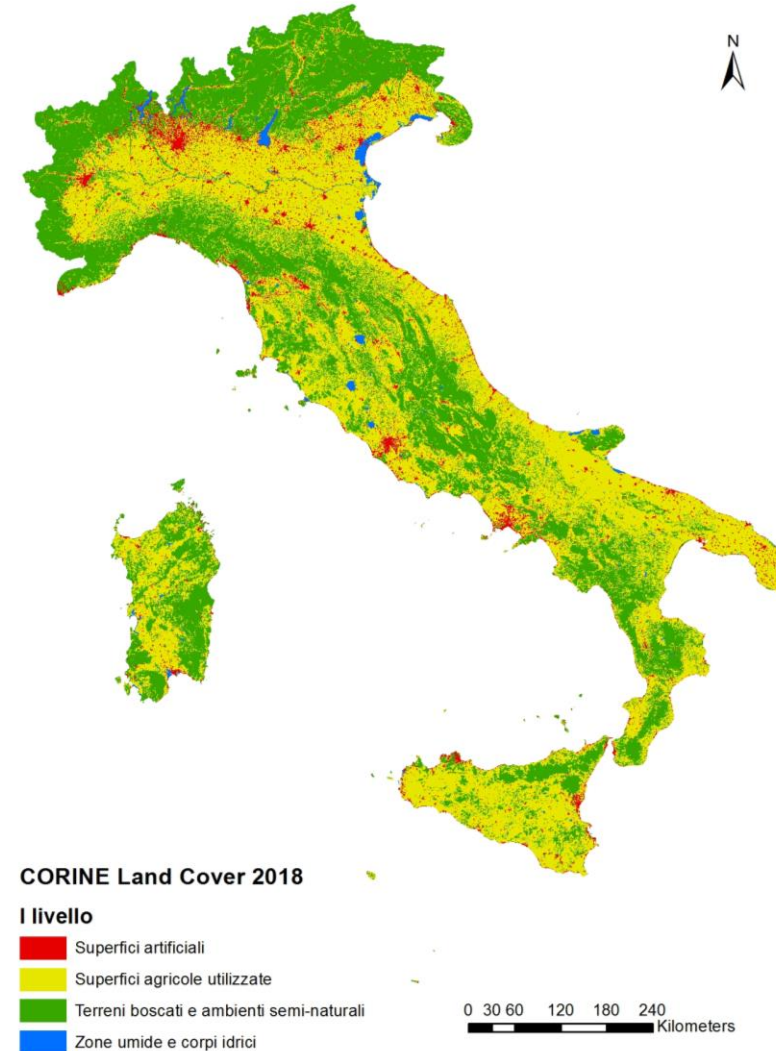
La metamorfosi del territorio italiano: uso del suolo

L'aggressione al suolo agricolo avviene contemporaneamente su due fronti:

- espansione dei territori boscati e degli ambienti semi-naturali, in particolare nelle aree interne e montane/collinari, determinata da fenomeni di abbandono colturale con successiva ricolonizzazione del territorio da parte delle superfici forestali
- aumento delle aree artificiali, in particolare nelle pianure e lungo le coste e i fondivalle (+180% dalla fine degli anni '50)

Le superfici a copertura artificiale in Italia superano il 7.26%, concentrandosi prevalentemente in aree urbane e agricole e mostrando una tendenza alla crescita

La metamorfosi del territorio italiano: uso del suolo





Piana del Sele

“mar de plastica” italiano (secondo territorio europeo per densità di impianti serricoli)

La metamorfosi del territorio italiano: uso del suolo

Nel Salernitano, su una superficie complessiva di circa 10mila ettari coltivati ad ortaggi (86% solo in Piana del Sele), l'area degli impianti di serre già realizzati arriva al 70% e ci sono previsioni di crescita di almeno un ulteriore 15%

- Problemi idrologici: impermeabilizzazione del terreno, alluvioni ed esondazioni
- Qualità delle acque di falda: "picchi di nitrati"
- Alterazione del microclima
- Aumento del prezzo dei terreni



Raddoppiati in dieci anni!



Coltivare senza terra?

L'alternativa versatile dell'*indoor growing*

La coltivazione *indoor* è una tecnica che permette di coltivare essenze orticole, da fiore e frutto all'interno di un ambiente chiuso (*grow unit*)

L'*indoor growing* è in forte crescita negli ultimi anni poiché consente di coltivare colture di qualsiasi tipologia, che chiedono esigenze climatiche differenti e stagionalità cicliche

Soddisfa la crescente richiesta di prodotti freschi a km 0 prodotti con metodi più sostenibili nei grossi centri urbani (fasce di consumatori a reddito elevato)

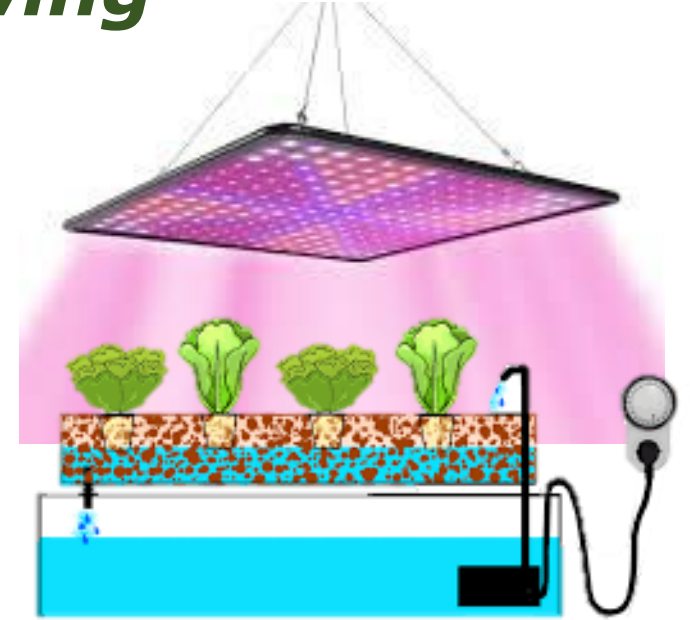


Aumento dell'efficienza nell'uso delle risorse idriche e del territorio, riducendo l'applicazione di pesticidi e migliorando le caratteristiche qualitative

Coltivare senza terra?

L'alternativa versatile dell'*indoor growing*

- ✓ Illuminazione artificiale
- ✓ Soluzione nutritiva
- ✓ Differenti substrati
 - **inorganico** o inerte (argilla espansa, pomice)
 - **organico** (torba, fibra di cocco)
 - **mezzo liquido** (Nutrient Film Technique NFT, floating system, aeroponica: si parla in questo di idroponica vera e propria)



Information technology

Sviluppo su più livelli ➡ *vertical farming*





L'alternativa versatile dell'*indoor growing*

Quale prodotto?

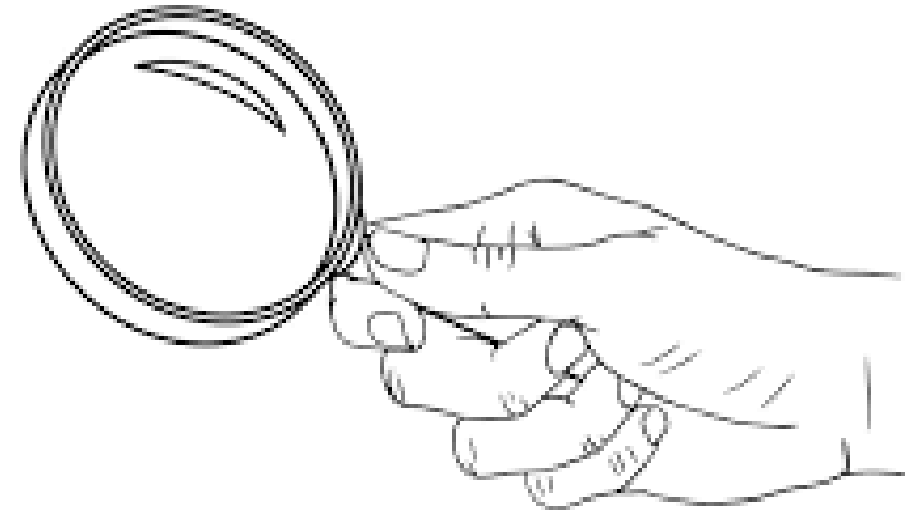
taglia bassa e ciclo breve (insalate e erbe aromatiche)



"le vertical farm riempiono il contorno del piatto, non il centro" (Jonathan Foley)

A quali costi?

Quale sostenibilità?



**Foraggi
idroponici**

Cosa sono?

Germogli di specie ad elevata germinabilità e rapida crescita iniziale ottenuti fuori suolo attraverso cicli produttivi di breve durata

- Generalmente graminacee: orzo *in primis*
- Intervallo semina-raccolta: 6-8 giorni
- Uso di input produttivi limitato dove le condizioni ambientali lo consentono (soglie termigrometriche elevate)
- Esclusivo impiego di acqua (soluzione nutritiva *sansus lato*)





La tecnica del germogliamento

1. I semi vengono messi in vassoi o su nastri trasportatori

1



2. I semi vengono lasciati germinare in condizioni ambientali controllate

2



3. In breve tempo (4-7 d) si ottiene un foraggio verde poco fibroso

3





Il prodotto finale

Radici, semi e parte aerea delle piantine

12 - 14 cm in altezza

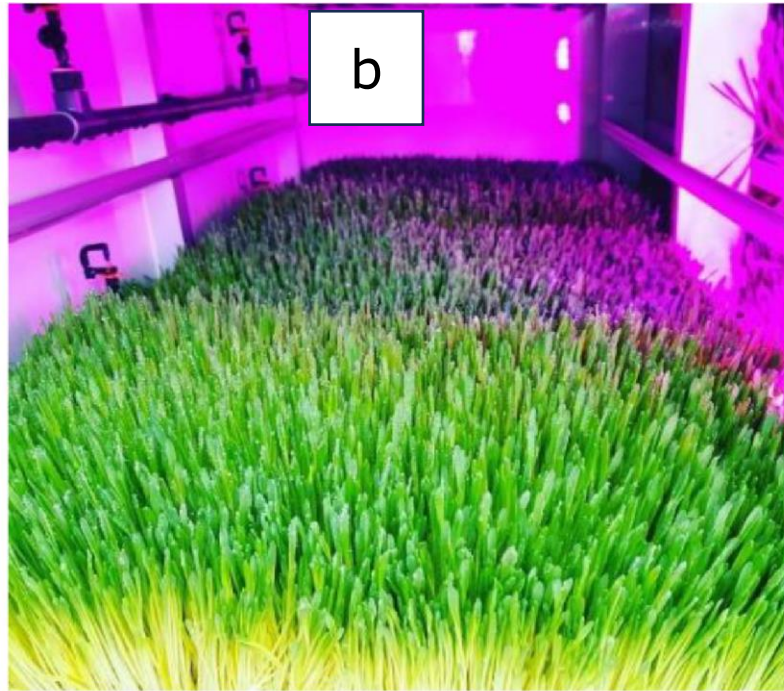


Produrre germogli dai semi di cereali è un modo comune ed economico per compensare la carenza stagionale di foraggio fresco nelle aree siccitose dell'Africa e dell'Asia



Verso una produzione su larga scala.....

Numerose start-up si sono costituite col fine di sviluppare tecnologie adatte alla produzione foraggio in ambiente controllato, soprattutto negli Stati Uniti, in Australia e medio Oriente (Golfo Persico)



Produzione di foraggio in ambiente controllato: serra (a), container (b), vertical farm (c)

Impianti di tipo industriale

Processo completamente
automatizzato

Riduzione dei costi di
manodopera

Elevate produzioni
giornaliere

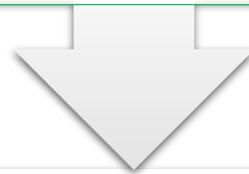


Soluzioni prospettate

Produzione di foraggio
senza terra

Limitati consumi idrici

Disponibilità di foraggio
tutto l'anno



Allevamenti

Opzione interessante per le aziende zootecniche con scarsa disponibilità di terra

Uso in alimentazione animale

La ricerca on-line per il termine "foraggio idroponico" restituisce siti entusiastici che mostrano bovine (e non solo) divorare germogli felicemente "come farebbe un vegetariano davanti a un'insalata"

Cosa c'è di meglio che alimentare le bovine con i germogli!

Cosa sappiamo realmente?



- Vasto corpus di letteratura, purtroppo quasi sempre di tipo aneddotico
- Buona parte delle esperienze documentate è riferita a esperimenti su piccola scala realizzati nelle condizioni operative tipiche del sud est-asiatico o del nord Africa
- Quasi sempre usati in razione come sostituti parziali dei concentrati (dunque a basse dosi!)
- Scarse informazioni sulla qualità dei prodotti ottenuti da animali alimentati con foraggi idroponici
- Impatto sul ciclo di vita dei prodotti di origine animale non affrontato

Questioni aperte

Quale è il valore nutrizionale dei foraggi idroponici?

Quali rese e con quale efficienza?

Possono essere un'alternativa ai foraggi tradizionali nell'alimentazione dei ruminanti?

Quali effetti sulla produzione quanti-qualitativa?

Con quali costi?



La nostra ricerca



Cerase
Azienda
Agricola



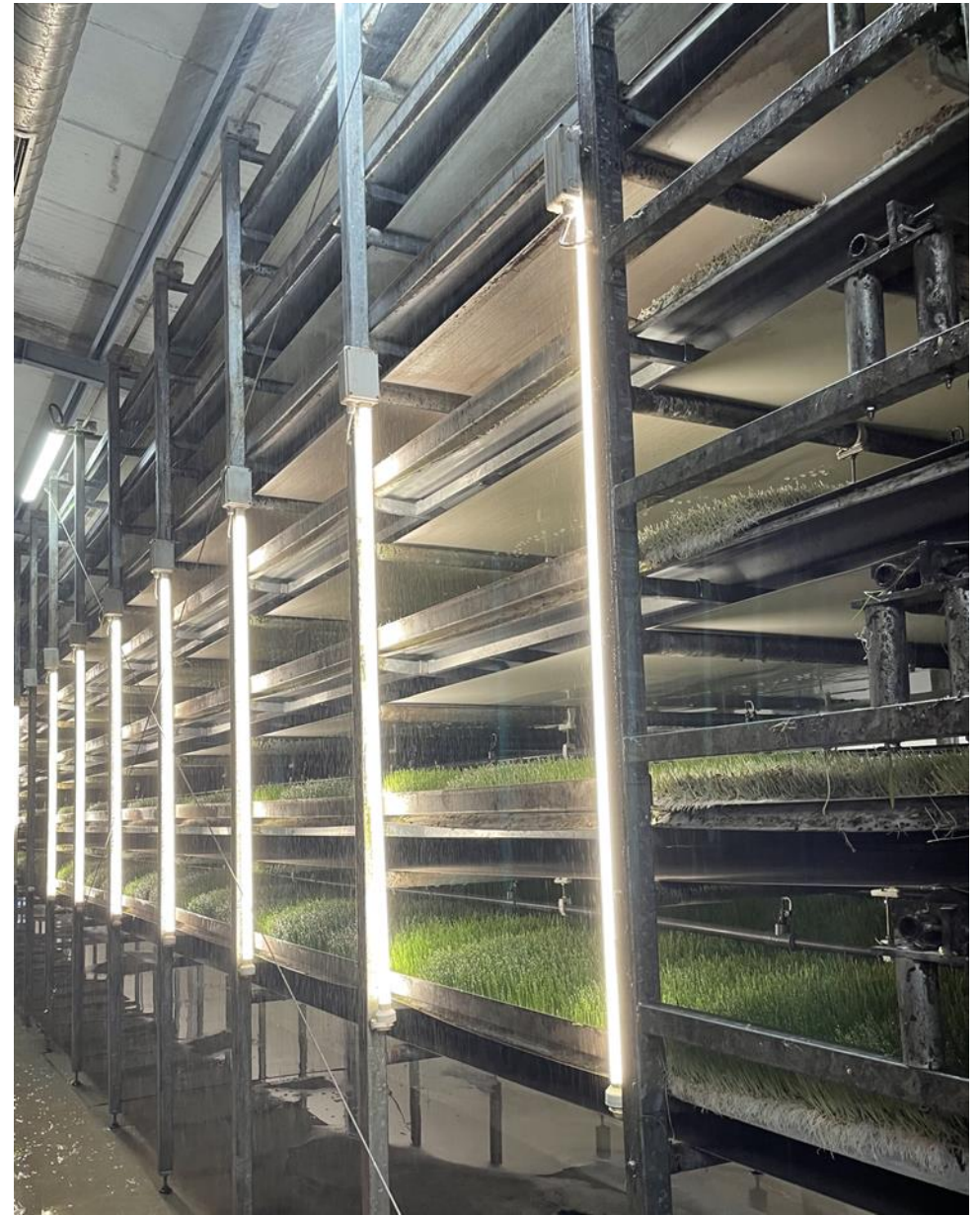
Test di crescita e valore
nutrizionale

Prove di alimentazione

Uso di acque reflue

L'impianto

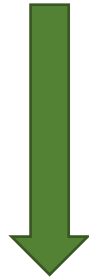
- EA-38*2, Eleusis International, Spagna
- Produzione indoor (capannone in lamiera coibentata; 8 m x 100 m x 7 m)
- Due linee di produzione parallele con 7 nastri trasportatori
- Carico e scarico dei nastri di crescita completamente automatizzato
- Controllo dei parametri ambientali da remoto
- Temperatura ~ 15-18°, acqua nebulizzata (UR ~ 70%) illuminazione artificiale (24 W)



L'impianto

Ciclo produttivo della durata di 7 giorni

Giornalmente 2 linee vengono scaricate e
riseminate in sequenza



**Produzione giornaliera di circa 6000 kg
(~ 1000 kg SS)**



Test di crescita e valore nutrizionale

Resa in biomassa, profilo nutrizionale e la digeribilità in vitro di germogli ottenuti da specie diverse



Hordeum vulgare



Avena sativa



Triticum durum



Triticum aestivum



Medicago sativa



Resa in biomassa e indice di muffa di germogli delle diverse specie

	Avena	Grano duro	Grano tenero	Orzo	Medica	<i>ES</i>	<i>P</i>
Resa in biomassa, kg/kg seme	2.96 ^d	3.33 ^c	3.27 ^c	4.64 ^b	9.45 ^a	0.741	***
Sostanza secca, %	27.3 ^{ab}	24.6 ^b	28.4 ^a	18.5 ^c	8.3 ^d	1.72	***
Resa in sostanza secca, kg/kg seme	0.81 ^b	0.82 ^b	0.84 ^a	0.86 ^a	0.78 ^c	0.145	**
Indice di muffa¹	0.33 ^a	0.47 ^a	0.40 ^a	0.47 ^a	0.53 ^a	0.141	NS

¹ 0 = assenza di muffe; 1 = muffa al 20%; 2 = muffa al 40%; 3 = muffa al 60%; 4 = muffa all'80%; 5 = muffa al 100%

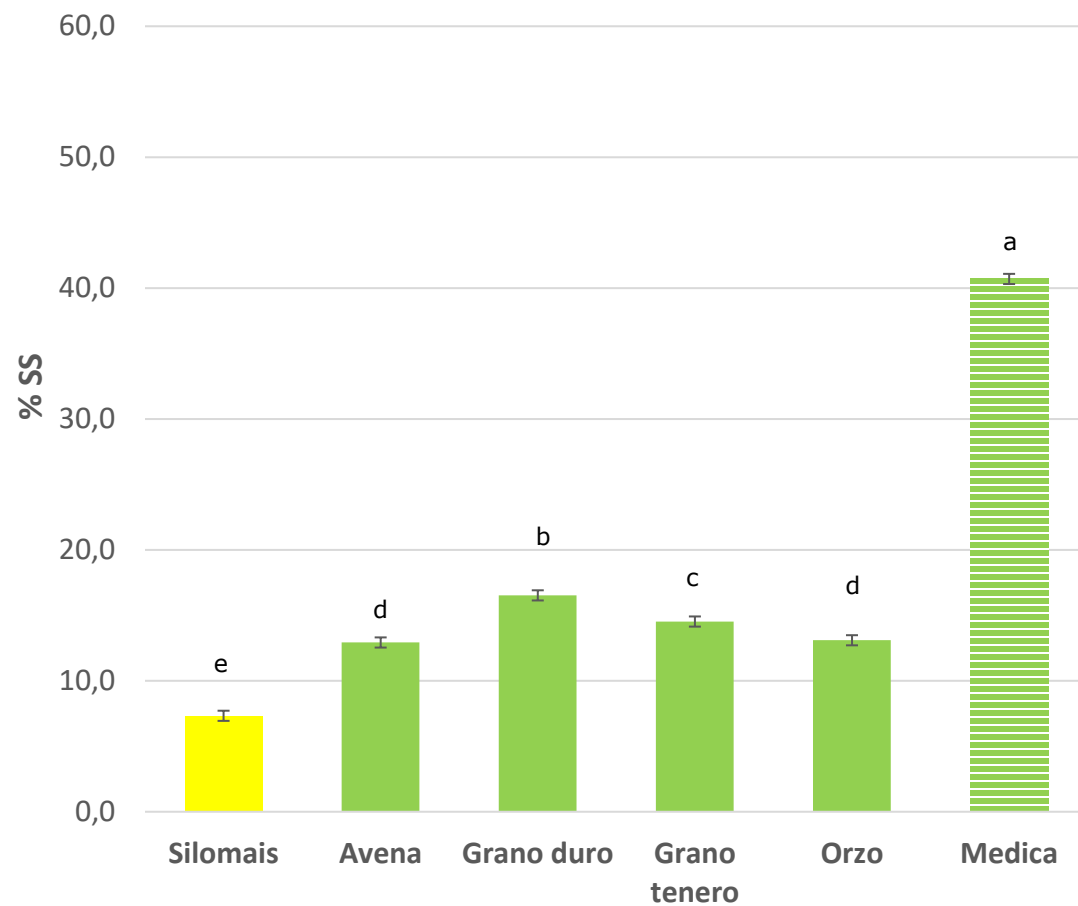
a, b P<0.05; NS Non significativo



Composizione chimica di germogli di specie diverse

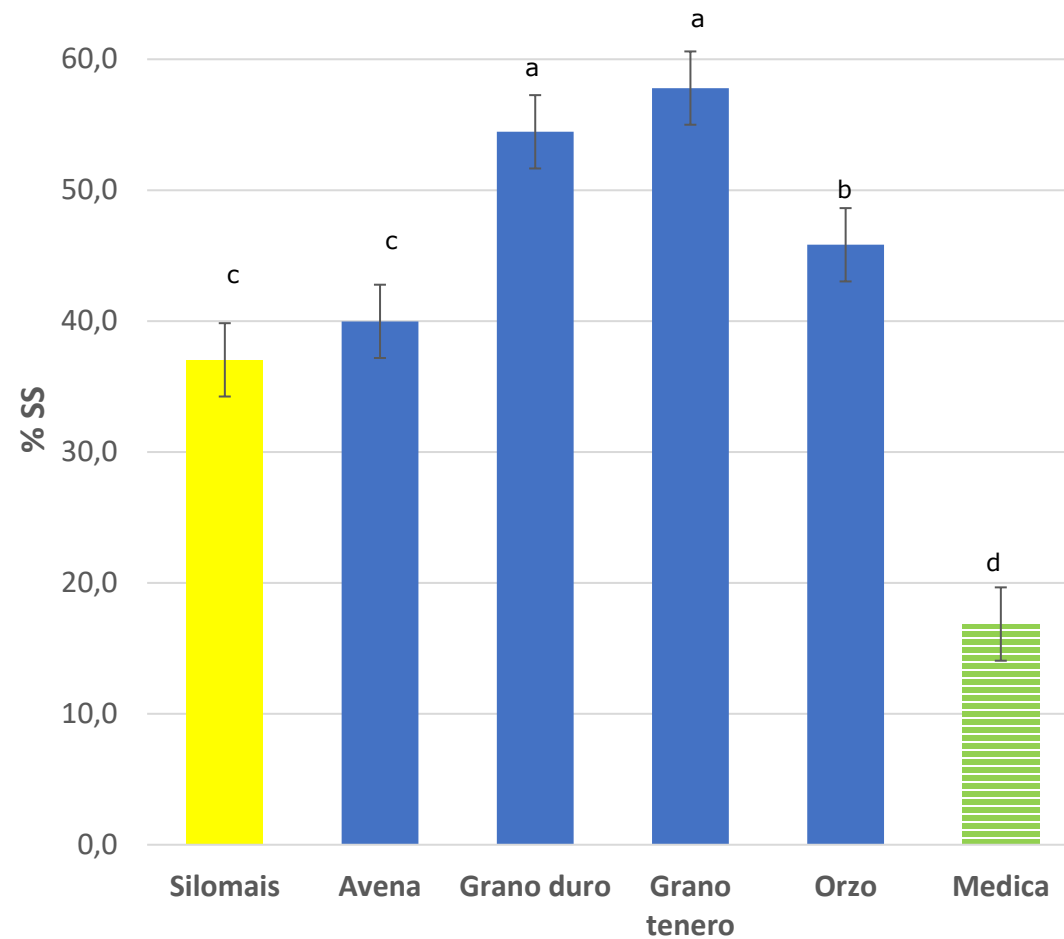
Proteine grezze

$P < 0.001$



Carboidrati non strutturali

$P < 0.001$

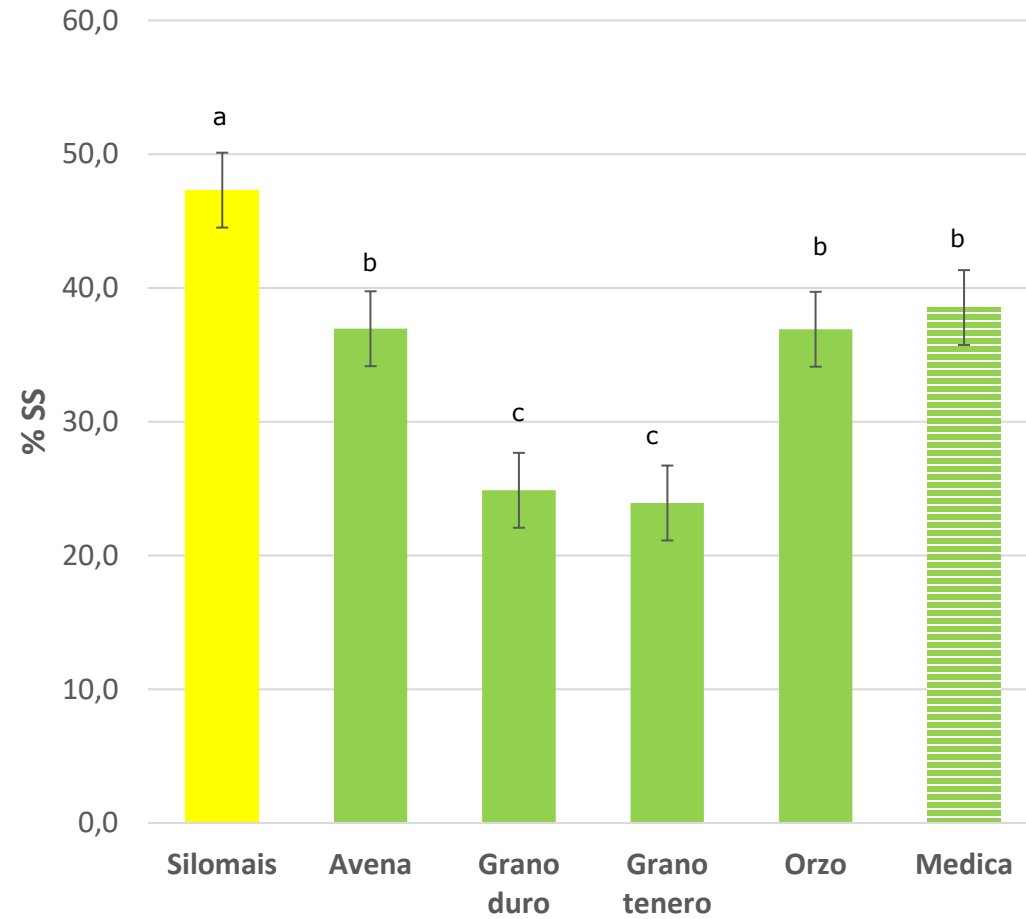




Composizione chimica di germogli di specie diverse

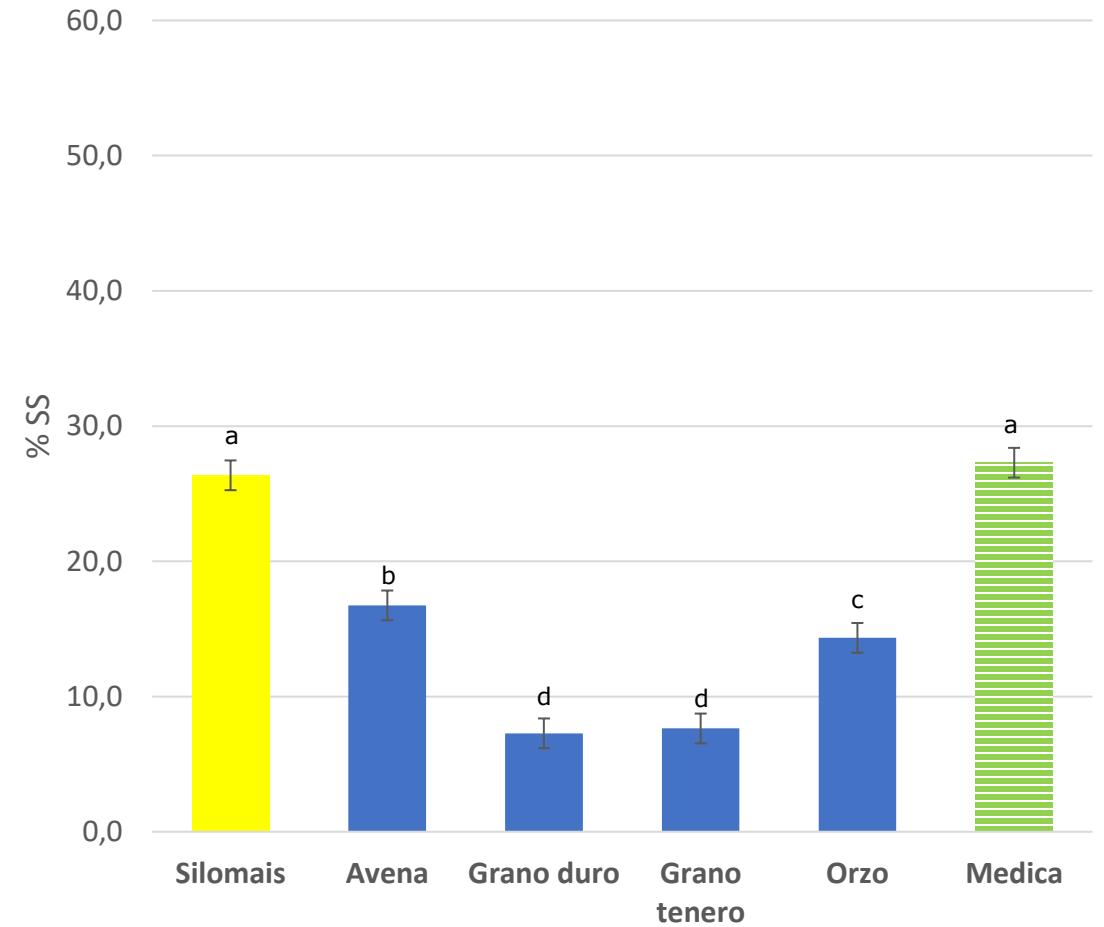
NDF

P<0.001



ADF

P<0.001

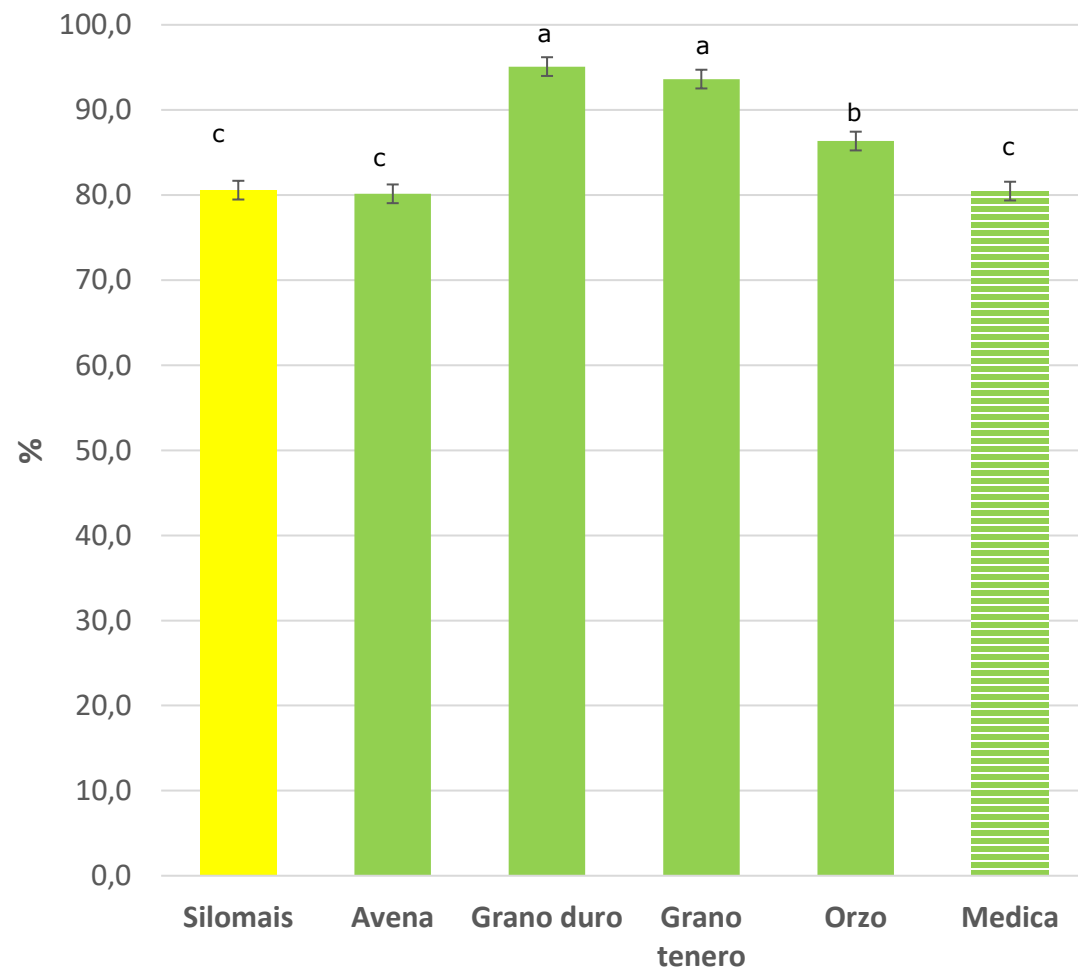




Composizione chimica di germogli di specie diverse

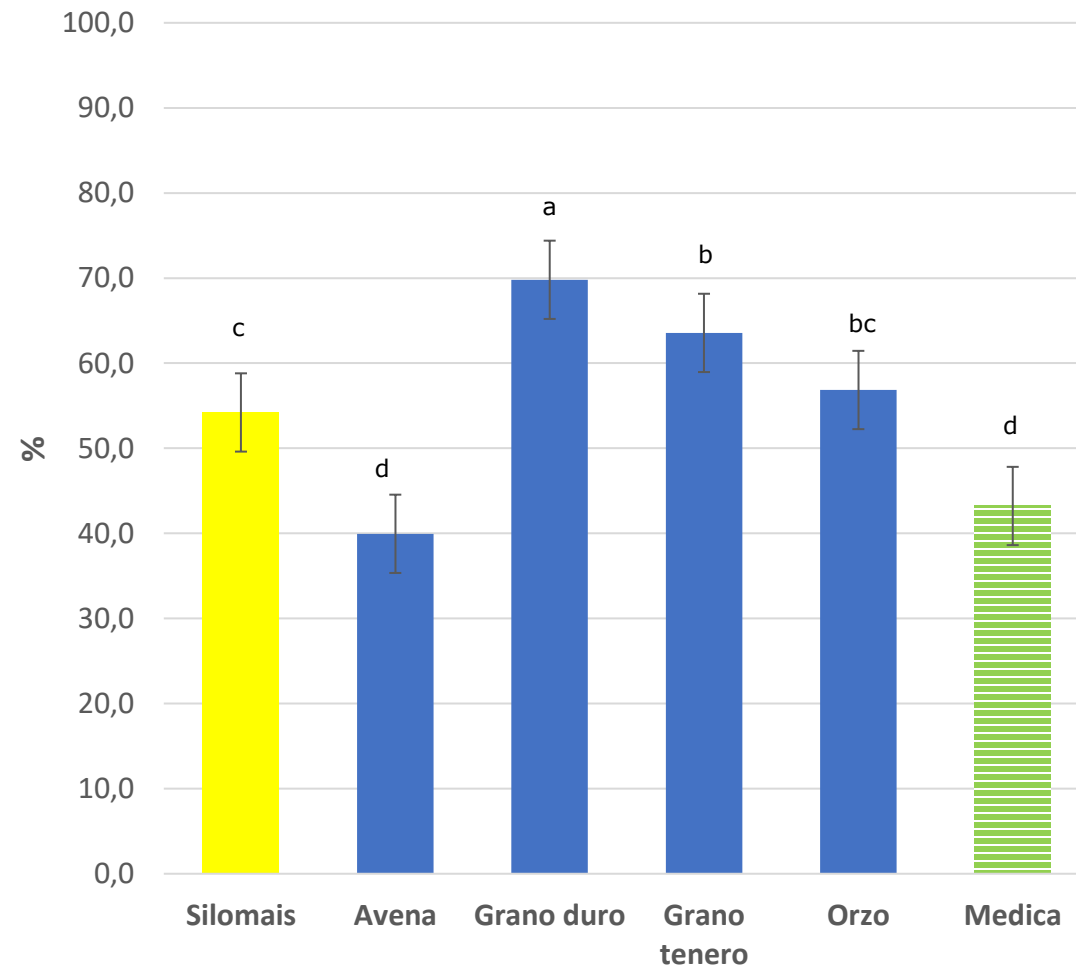
IVDMD

$P < 0.001$



IVNDFD

$P < 0.001$



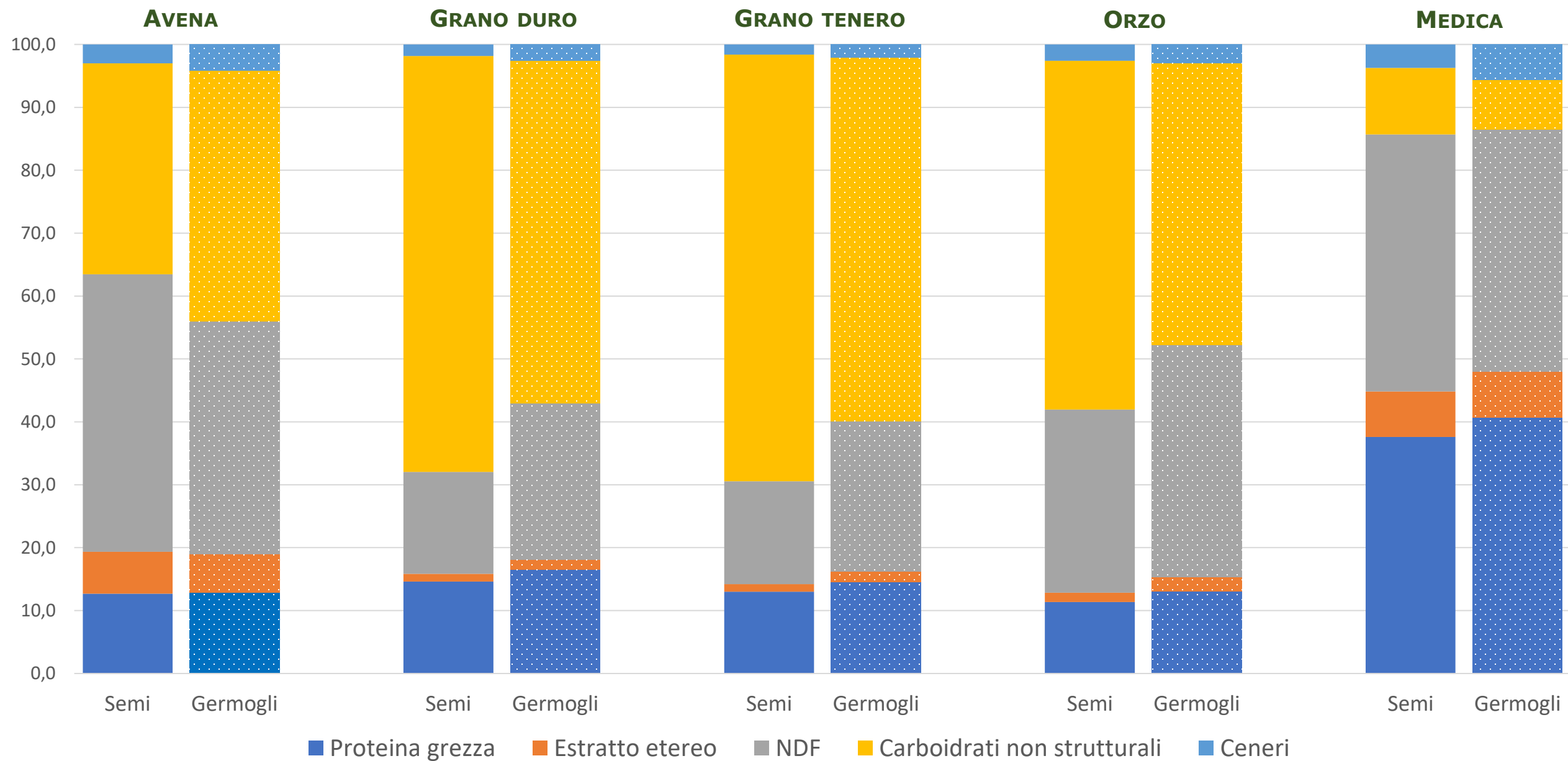


Indice di conversione dei nutrienti (kg germogli/kg semi)

	Avena	Grano duro	Grano tenero	Orzo	Medica	<i>ES</i>	<i>P</i>
Sostanza secca	0.90^c	0.91^{bc}	0.93^{ab}	0.95^a	0.87^d	0.02	**
Ceneri	1.18 ^d	1.34 ^c	1.58 ^b	1.17 ^d	1.70 ^a	0.04	**
Proteina grezza	1.08^d	1.02^d	1.30^a	1.21^b	1.14^c	0.03	***
Estratto etereo	0.92 ^a	0.91 ^a	0.90 ^a	0.90 ^a	0.75 ^b	0.01	***
Carboidrati non strutturali	0.88^a	0.82^{bc}	0.85^{ab}	0.80^c	0.74^d	0.04	**



Composizione chimica di semi e germogli di specie diverse



Take home message

In 7 giorni di ciclo si ha una perdita netta di SS
- 0.8 Kg di SS da foraggio a partire da 1 kg di SS del
seme

Rispetto ai semi di partenza, i germogli presentano
un maggior titolo proteico ma una ridotta
concentrazione di carboidrati non fibrosi (amido)

**Il seme di orzo ha le migliori rese in biomassa,
mentre i germogli di orzo hanno un profilo
nutrizionale simile a quello dell'insilato di mais**



Prove di alimentazione

Allevamenti di bufale da latte

- In competizione con altre attività agricole per l'uso dei terreni agricoli
- Sistema foraggero basato sull'insilato di mais

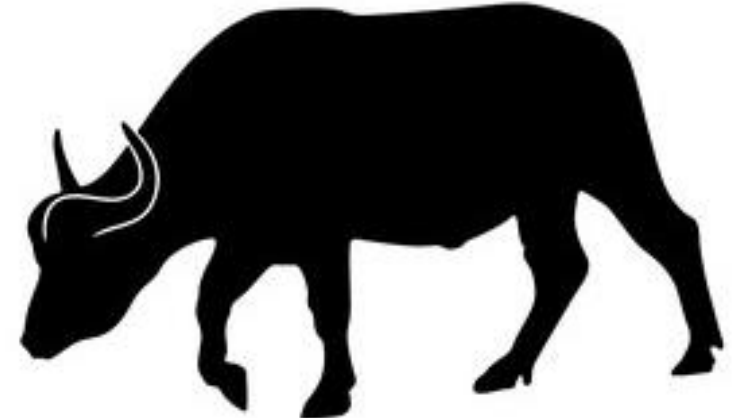
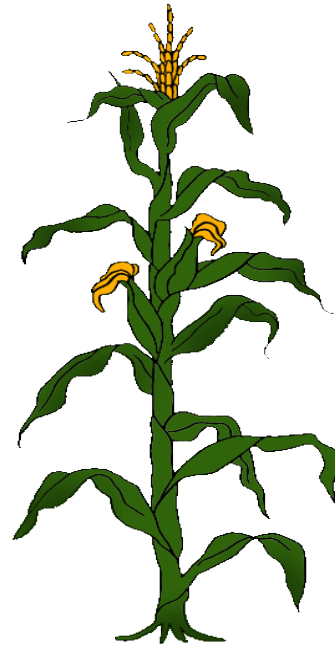
Domande

I foraggi idroponici
possono sostituire il
silomais

?

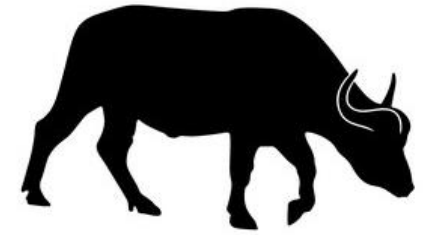
Con quali effetti

?





33 bufale in lattazione



Prestazione produttive

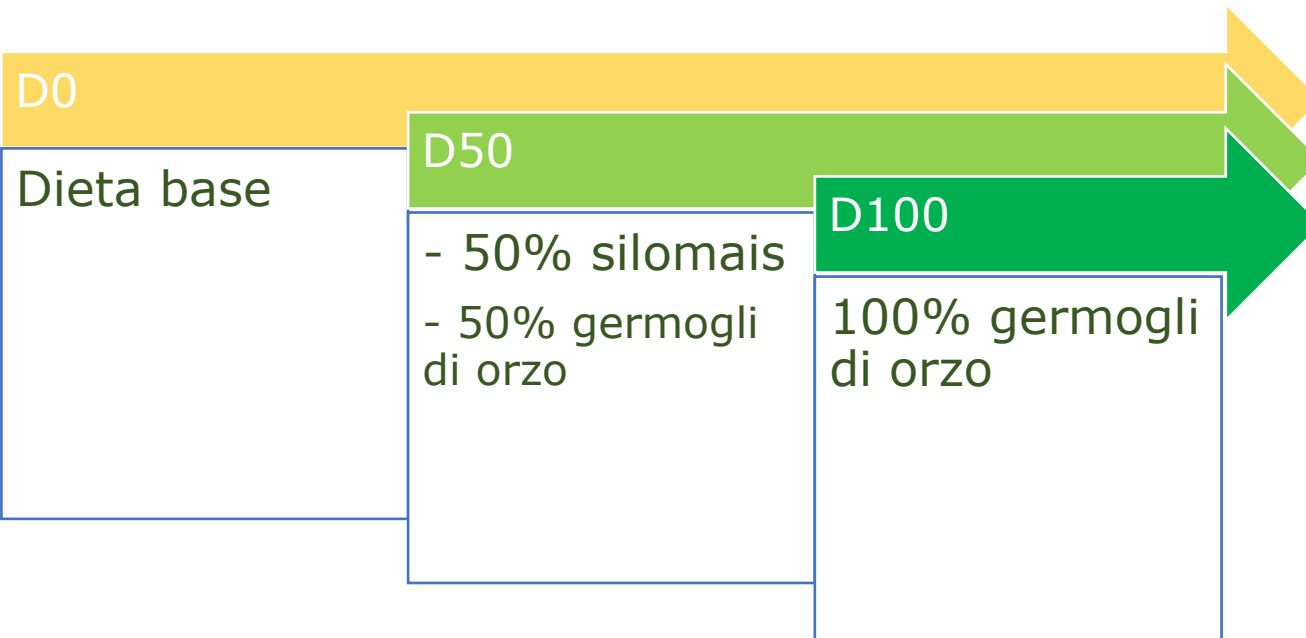
- Ingestione di SS
- Peso vivo
- Condizione corporea
- Produzione lattea

Qualità del latte

- Composizione
- Caseificabilità
- Resa in mozzarella

Qualità della mozzarella

- Profilo sensoriale



Diete sperimentali

Ingredienti (kg/capo/d)	D0	D50	D100
<i>Silomais</i>	↘ 16.0	↘ 9.0	↘ -
<i>Germogli di orzo</i>	-	↗ 16.0	↗ 25.0
<i>Fieno di medica</i>	4.0	4.0	4.0
<i>Fasciato di erba medica</i>	4.0	4.0	4.0
<i>Fieno polifita</i>	1.0	1.0	↗ 2.0
<i>Farina di mais</i>	3.8	3.8	3.8
<i>Concentrati</i>	2.0	2.0	2.0

Composizione chimica dei foraggi sperimentali

	MS	HBF
<i>SS (%)</i>	↪ 35.50	↪ 15.40
<i>Ceneri (% SS)</i>	6.04	3.65
<i>Proteina grezza (% SS)</i>	↪ 9.03	↪ 14.0
<i>Estratto Etereo (% SS)</i>	2.52	3.25
<i>NDF (% SS)</i>	↪ 43.41	↪ 35.10
<i>ADF (% SS)</i>	22.30	20.17
<i>Amido (% SS)</i>	↪ 29.40	↪ 11.00
<i>Carboidrati solubili (% SS)</i>	↪ 1.35	↪ 25.36
<i>Proteina solubile (% PG)</i>	↪ 3.06	↪ 8.44
<i>Azoto non proteico (% PG)</i>	↪ 0.58	↪ 6.49
<i>NEL (MJ/kg SS)</i>	↪ 5.97	↪ 6.00

MS= silomais

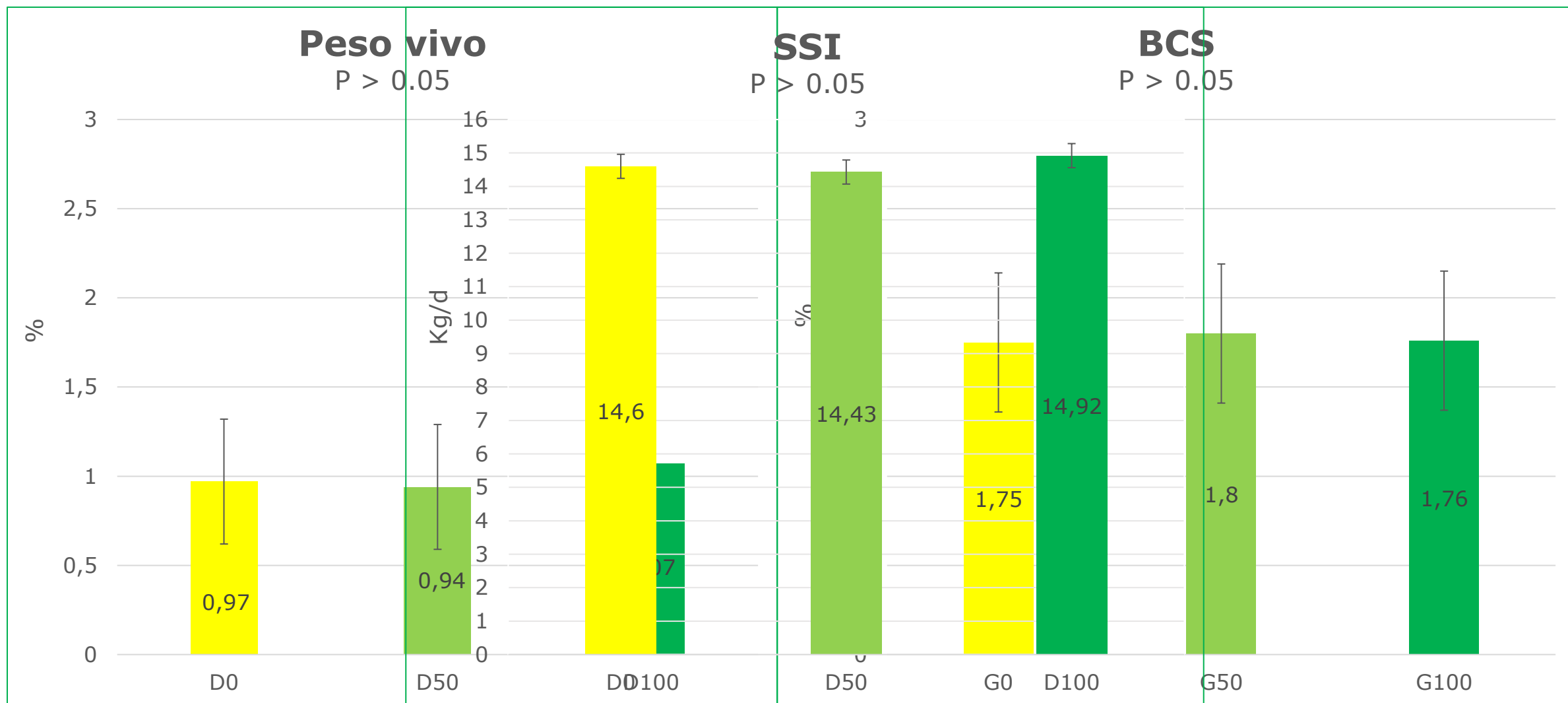
HBF= foraggio idroponico di orzo

Composizione chimica delle diete sperimentali

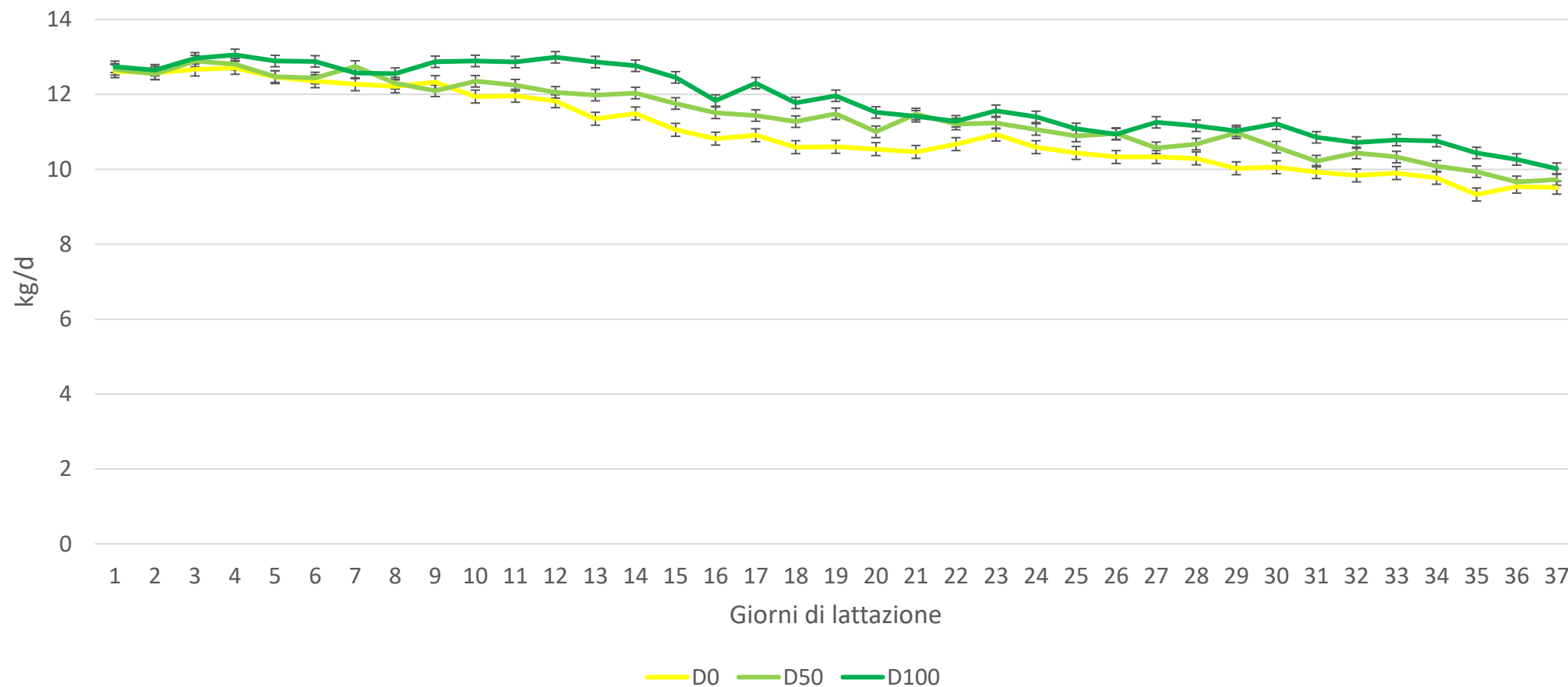
	D0	D50	D100
<i>Sostanza secca (%)</i>	53.97	42.59	40.52
<i>Ceneri (% SS)</i>	7.24	6.87	6.91
<i>Proteina grezza (% SS)</i>	↪ 14.56	↪ 15.14	↪ 15.47
<i>Estratto Etereo (% SS)</i>	2.95	3.05	3.03
<i>NDF (% SS)</i>	39.66	38.51	39.19
<i>ADF (% SS)</i>	24.05	23.70	24.66
<i>Amido (% SS)</i>	23.51	20.95	17.52
<i>Carboidrati solubili (% SS)</i>	2.73	6.19	8.25
<i>Proteina solubile (% PG)</i>	30.31	34.14	35.86
<i>Azoto non proteico (% PG)</i>	19.98	24.59	27.67
<i>NEL (MJ/ kg SS)</i>	↪ 6.18	↪ 6.18	↪ 6.11

D0= dieta base; D50C = 50% silomais sostituito con foraggio idroponico; D100 = 100% silomais sostituito con foraggio idroponico

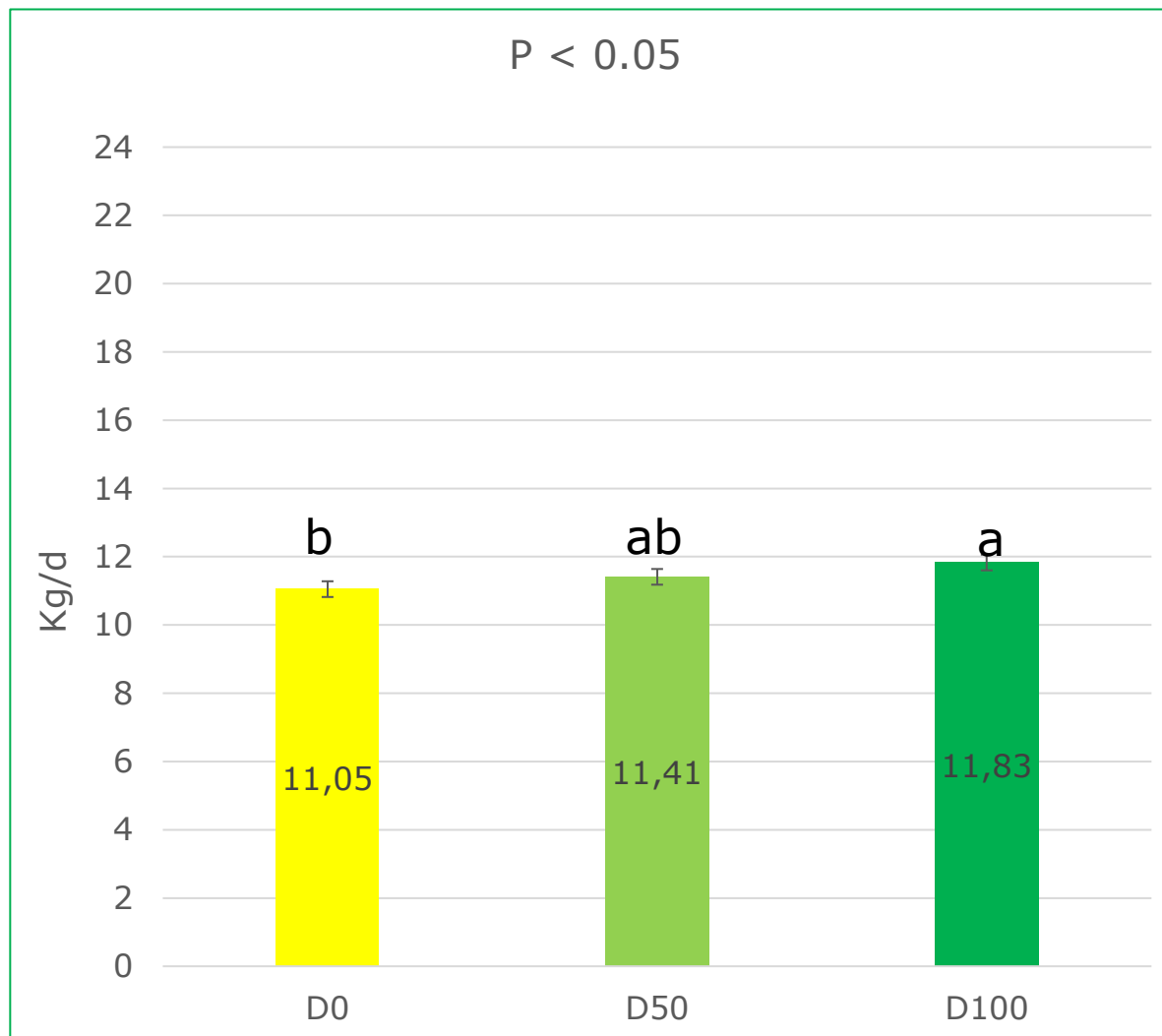
Prestazioni produttive



Produzione lattea

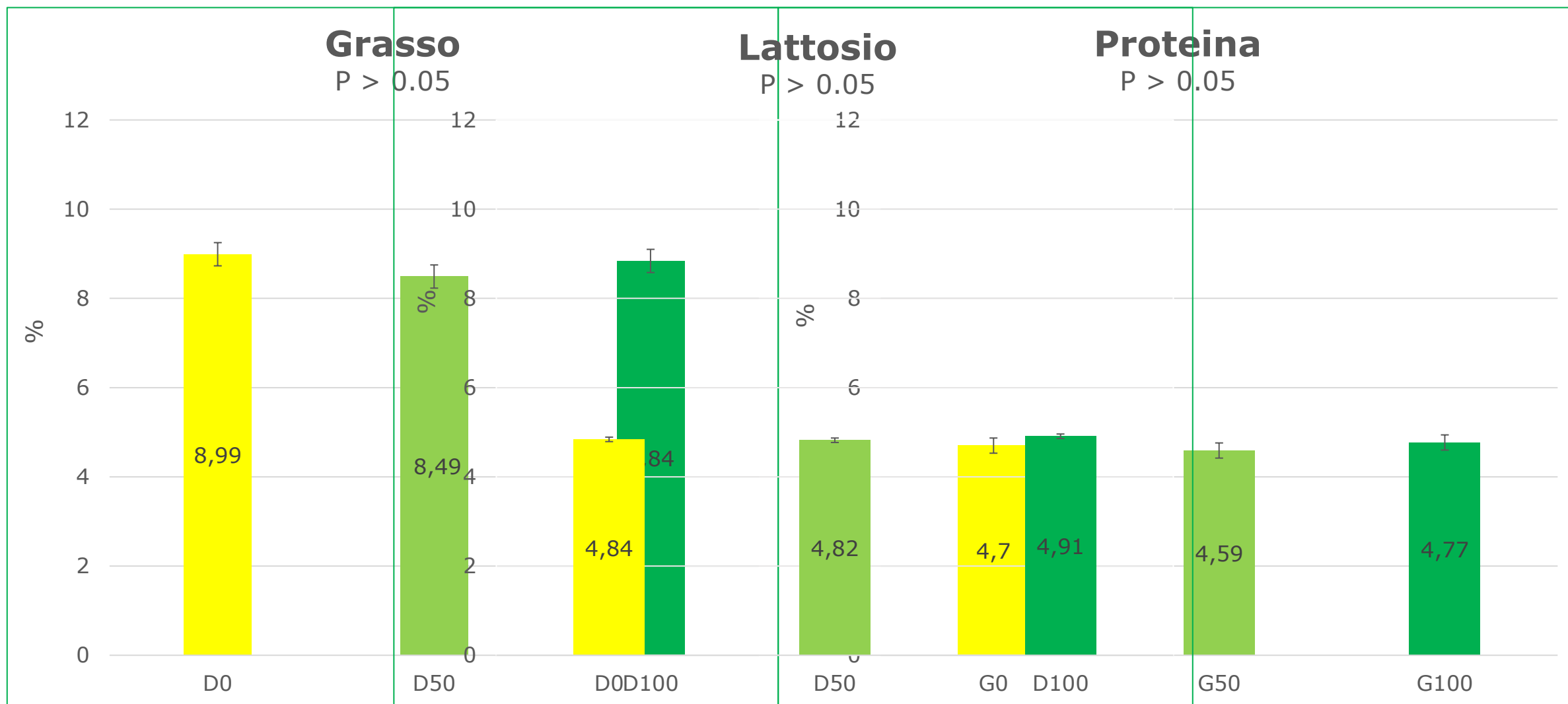


Effetto della dieta sulla produzione di latte

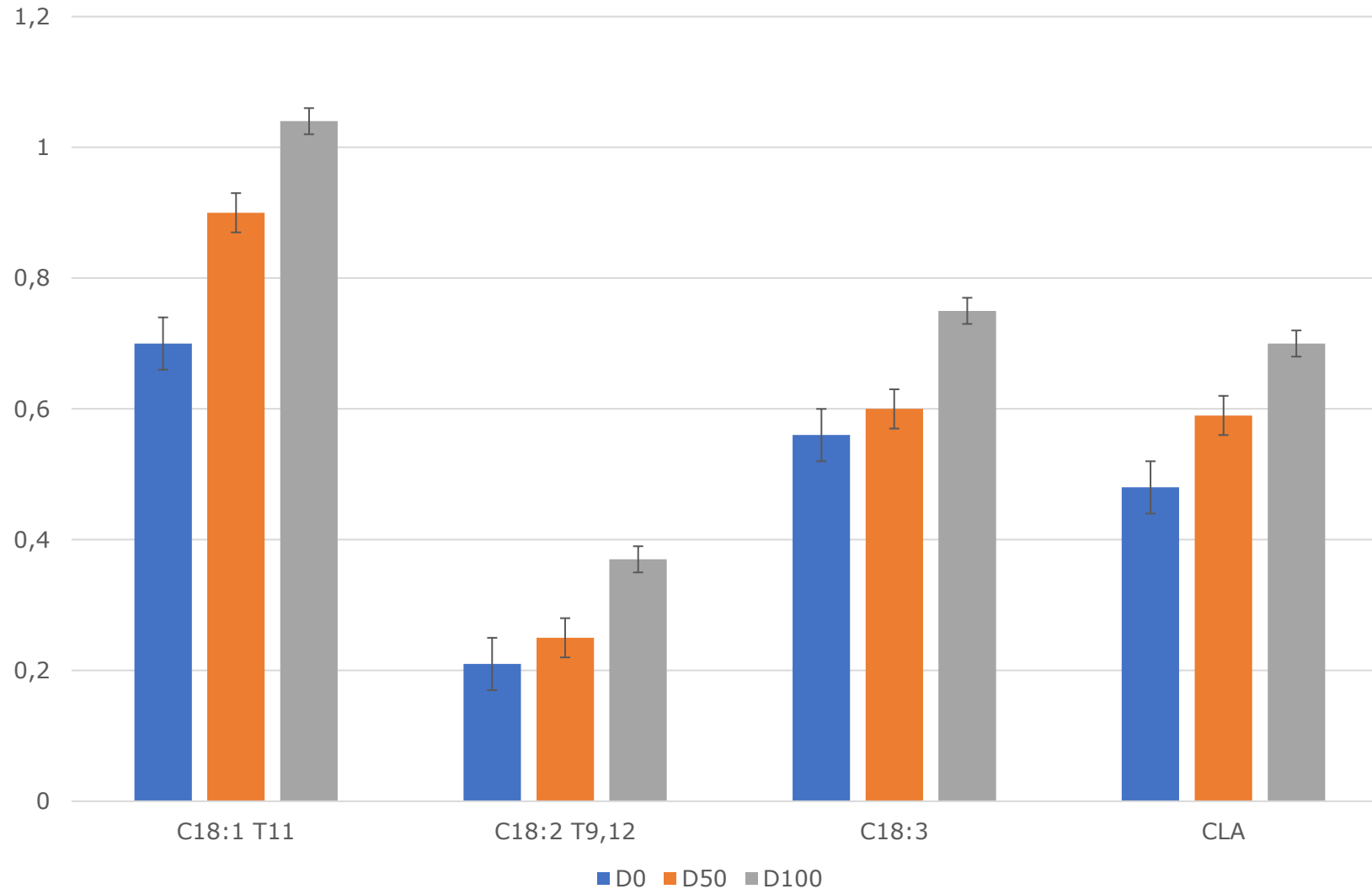


^{a,b}Medie contrassegnate da lettere diverse differiscono significativamente

Effetto della dieta sulla qualità del latte



La sostituzione del mais insilato con i foraggi idroponici migliora il contenuto in MUFA e PUFA



Effetto della dieta sui parametri di caseificabilità del latte e sulla resa in mozzarella

	D0	D50	D100	SEM	P
<i>RCT (min)</i>	25.49	24.36	27.37	9.60	<i>ns</i>
<i>K₂₀ (min)</i>	2.61	2.47	2.31	1.33	<i>ns</i>
<i>A₃₀ (mm)</i>	29.3	27.73	25.93	2.33	<i>ns</i>
<i>Resa alla caseificazione¹ (%)</i>	26.86	25.80	26.77	3.19	<i>ns</i>

$$^1[3.5 \times (\text{proteine, \%}) + 1.23 \times (\text{grasso, \%})] - 0.88$$

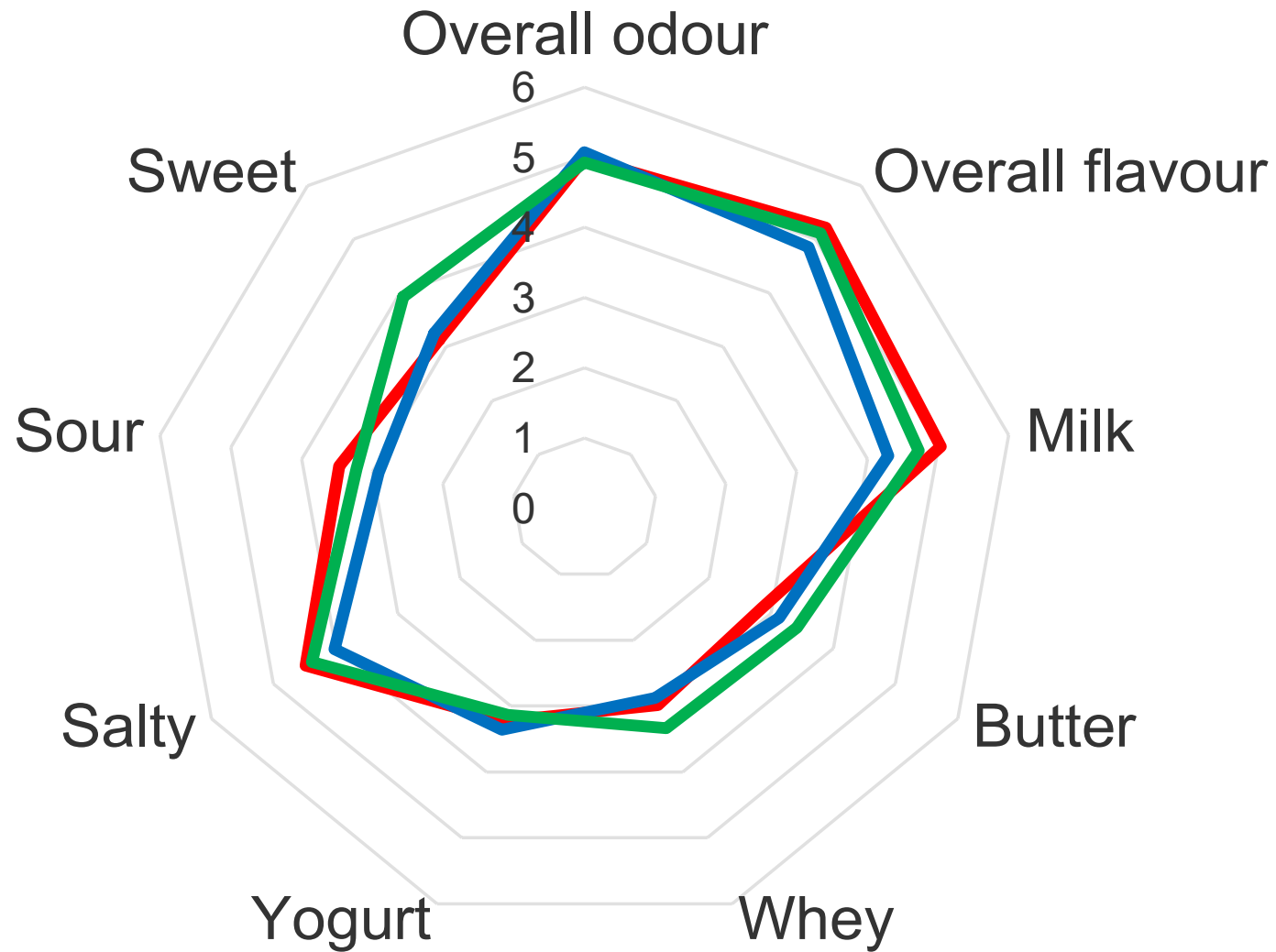
ns= non significativo

Qualità della mozzarella



— D0 — D50 — D100

Qualità della mozzarella



— D0 — D50 — D100

Take home message

La sostituzione completa dell'insilato di mais con i germogli di orzo ha determinato un leggero aumento della produzione di latte senza un impatto significativo sui componenti determinanti la resa in mozzarella

Al massimo tasso di sostituzione (100%) l'uso del foraggio idroponico permette un miglioramento della qualità del grasso (riduzione degli acidi grassi saturi)



....e quindi?

Sostenibilità

- Impronta energetica
- Impronta idrica

Impatto economico

- Stima del costo di produzione unitario: foraggi – razione – latte
- Ricavi al netto dei costi di alimentazione (IOFC)





Life Cycle Approach

Single-issue life cycle assessment (LCA)



quantizzare l'energia e l'acqua complessivamente utilizzate nel corso del ciclo di produzione (ISO, 2006)

Goal and Scope Definition

- **Unità funzionale**  1 Kg di FPCM (8.3% grasso, 4.73% proteine)

- **Confini di sistema (System boundary)**  Cradle-to-farm gate

Input diretti = energia e acqua usata direttamente in azienda

Input indiretti = energia immobilizzata sottoforma di fattori produttivi

Energy and water

Background

Background process

Chemicals

Seed

Electricity

Diesel fuel

Human labour

Purchased feed

Fertilizers

Lubricant

Embodied energy in structures, machinery and equipment

Crop production



Feeding



MILK
1 KG
FPCM

Farm operations



Breeding



Energy Use

- **Analisi di inventario** → Energia usata in ciascun processo produttivo
- **Fattori di conversione energetica** → LCA Ecoinvent 2.0 database

Indici di efficienza



Energia immobilizzata

- Fabbricati e strutture: 30 anni di ciclo
- Macchine: 20 anni
- Attrezzi: 15 anni

- $\text{Energy Use Efficiency} = \frac{\text{Output Energetico Totale}}{\text{Input Energetico Totale}}$
- $\text{Energy Productivity} = \frac{\text{Sostanza Secca}}{\text{Input Energetico Totale}}$
- $\text{Specific Energy} = \frac{\text{Input Energetico Totale}}{\text{Sostanza Secca}}$

Impronta energetica

- Energia impiegata nel processo produttivo/FPCM prodotto





Water use

Acqua usata per l'alimentazione + acqua di abbeverata

 Bilancio idrico delle colture + acqua virtuale dei concentrati

L'acqua utilizzata per la produzione dei fattori produttivi (acqua indiretta) e il consumo diretto di acqua per le operazioni di stalla (pulizia, mungitura) sono stati esclusi in quanto trascurabili

Indici di efficienza

- $\text{Water Productivity} = \text{Sostanza Secca} / \text{Input Idrico Totale}$
- $\text{Specific Water} = \text{Input Idrico Totale} / \text{Sostanza Secca}$

Impronta energetica

- Acqua impiegata nel processo produttivo/FPCM prodotto



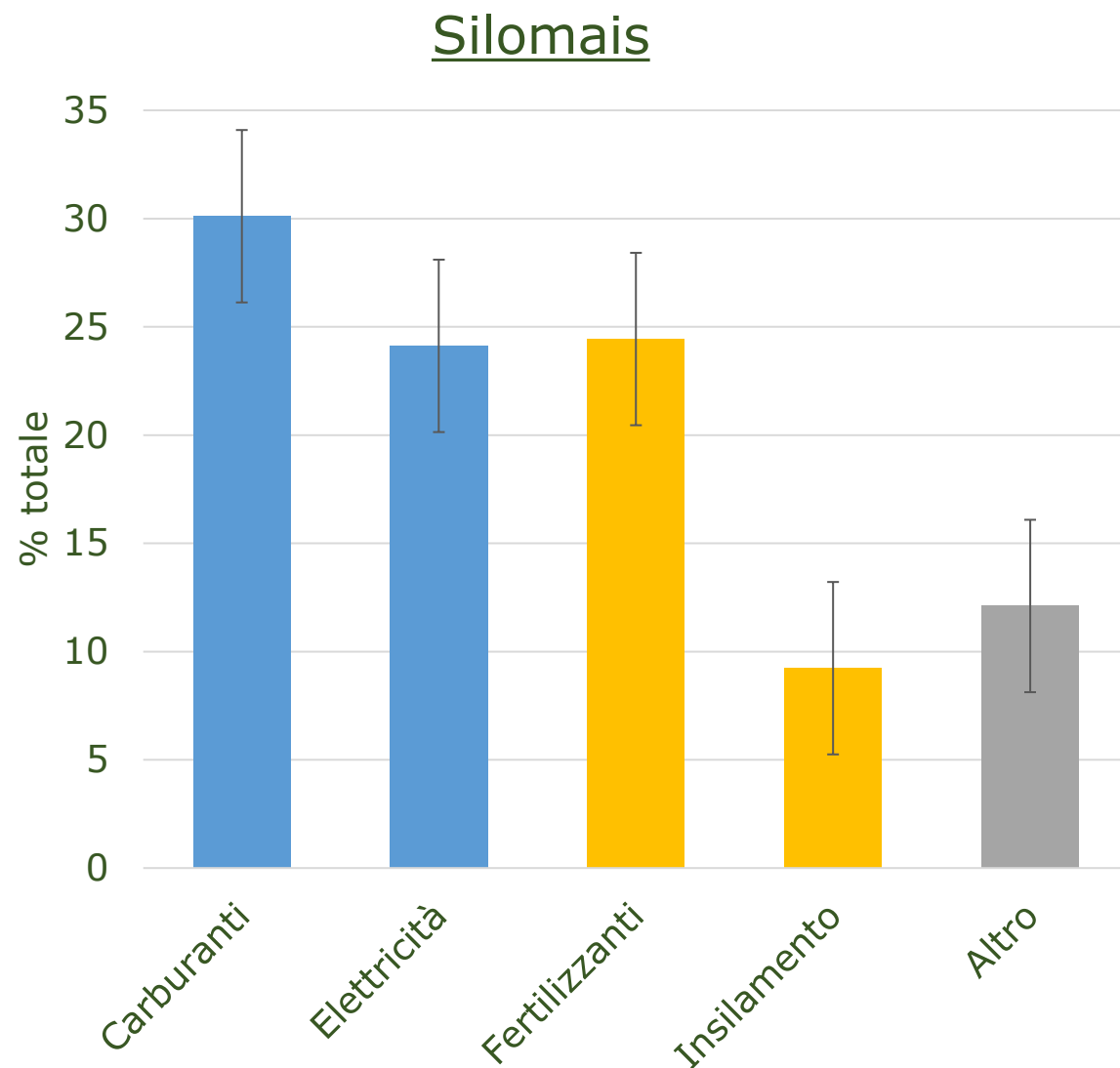
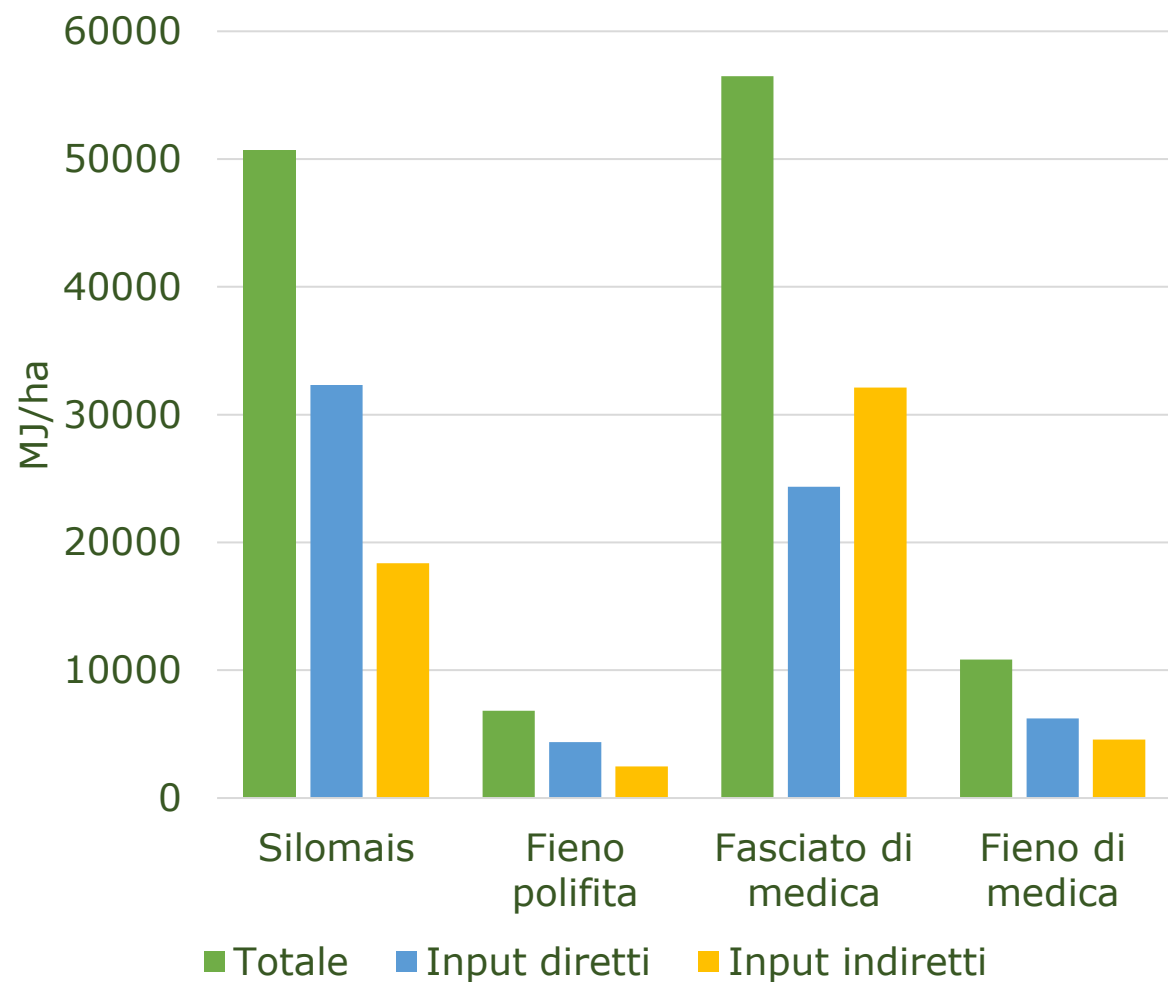


Resa in energia delle foraggere convenzionali (1 ha di coltura)

	Maize silage	Mixed hay	Alfalfa wrapped bale	Alfalfa hay
Resa , ton/ha	75.0	8.9	12.6	19.3
Sostanza secca (SS) , %	34.5	94.0	47.2	93.2
Resa in SS , ton/ha	25.9	8.4	6.0	18.0
Equivalente energetico , MJ/Kg DM	19.6	18.7	18.6	18.7
Output energetico , MJ/ha	507597	157369	111843	335765



Fabbisogno energetico delle foraggere convenzionali (1 ha di coltura)



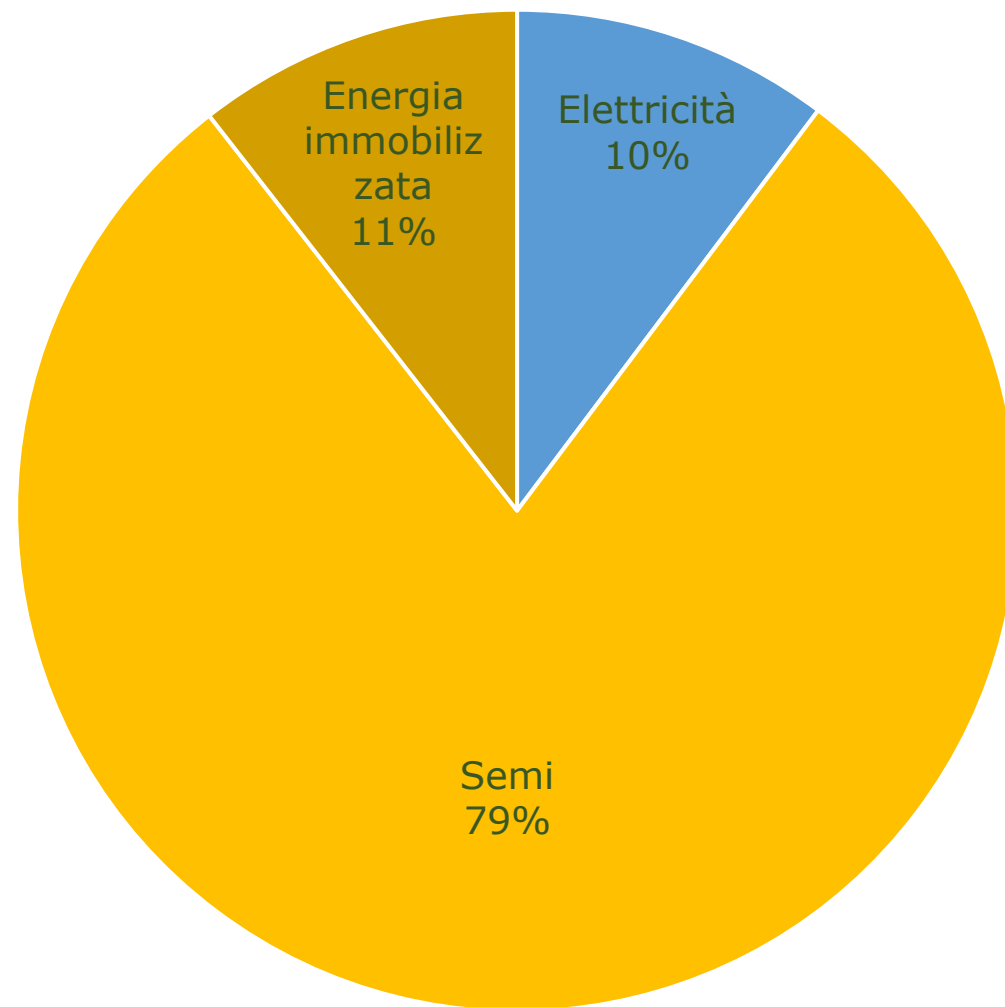
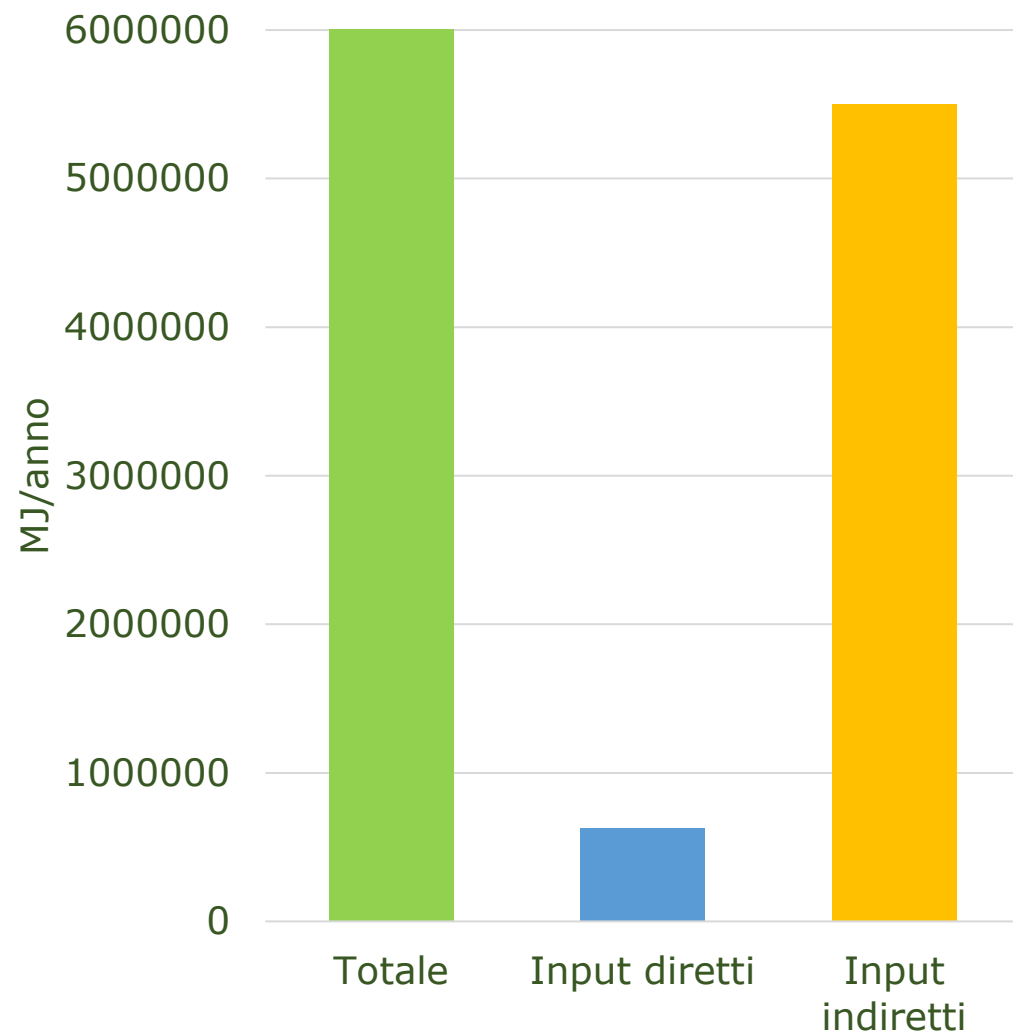


Resa in energia del foraggio idroponico (1 anno di esercizio)

	Foraggio idroponico
Semi (87% SS), ton/anno	12.0
Resa in biomassa , ton/anno	63.0
Resa in biomassa : semi	5.3
Sostanza secca(SS), %	15.0
Resa in SS , ton/anno	9.4
SS biomassa : SS semi	0.91
Equivalente energetico, MJ/Kg SS	20.2
Output Energetico , MJ/anno	191392



Fabbisogno energetico del foraggio idroponico (1 anno di esercizio)





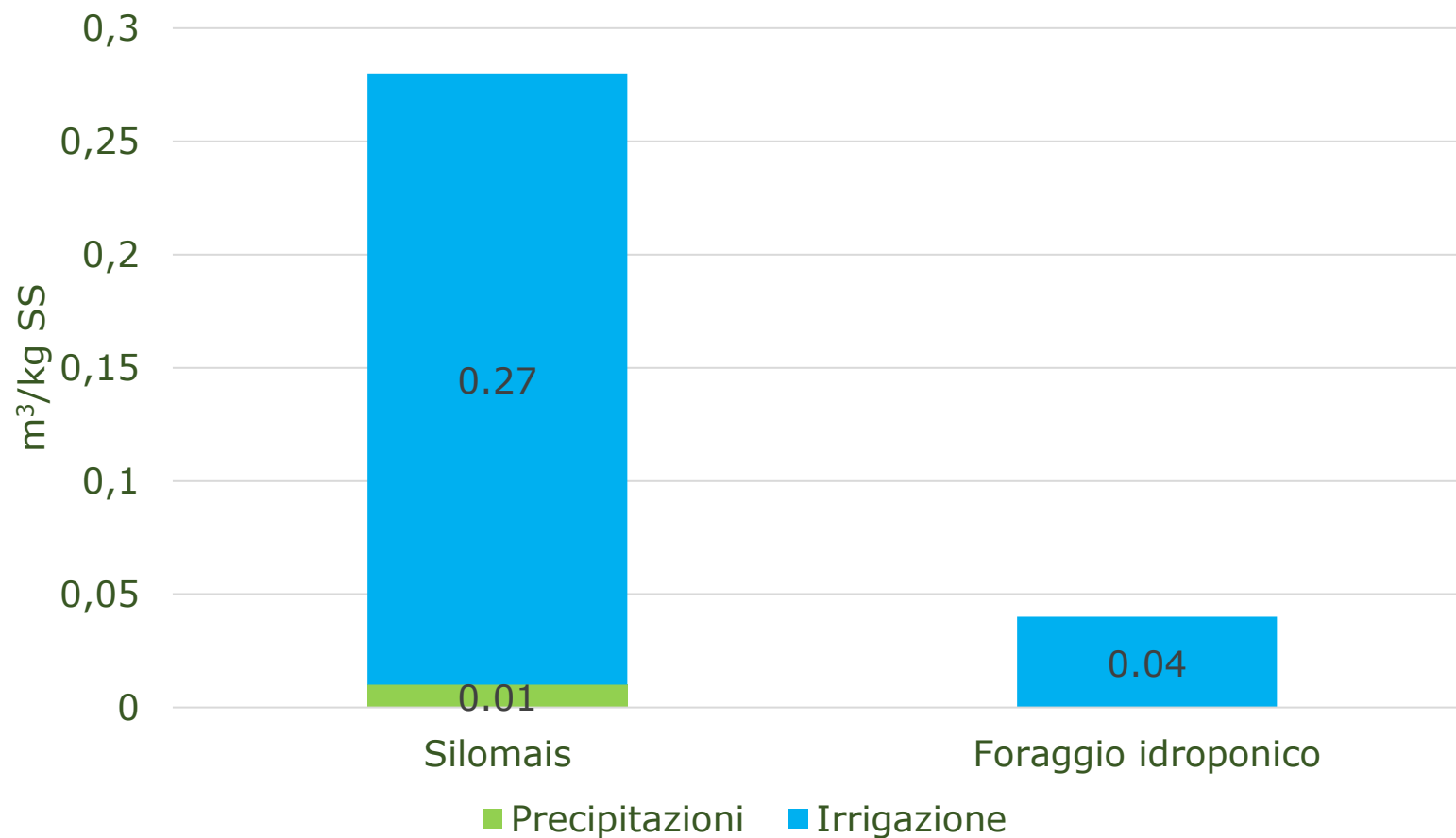
Indici di efficienza energetica

	Energy Use Efficiency	Energy Productivity (Kg SS/MJ)	Specific Energy (MJ/Kg SS)
Foraggio idroponico	0.03	0.002	32.0
Silomais	10.0	0.5	2.0
Fieno polifita	23.0	1.2	0.8
Fasciato di medica	2.0	0.5	9.4
Fieno di medica	31.0	1.7	0.6



Bilancio idrico di silomais e foraggio idroponico

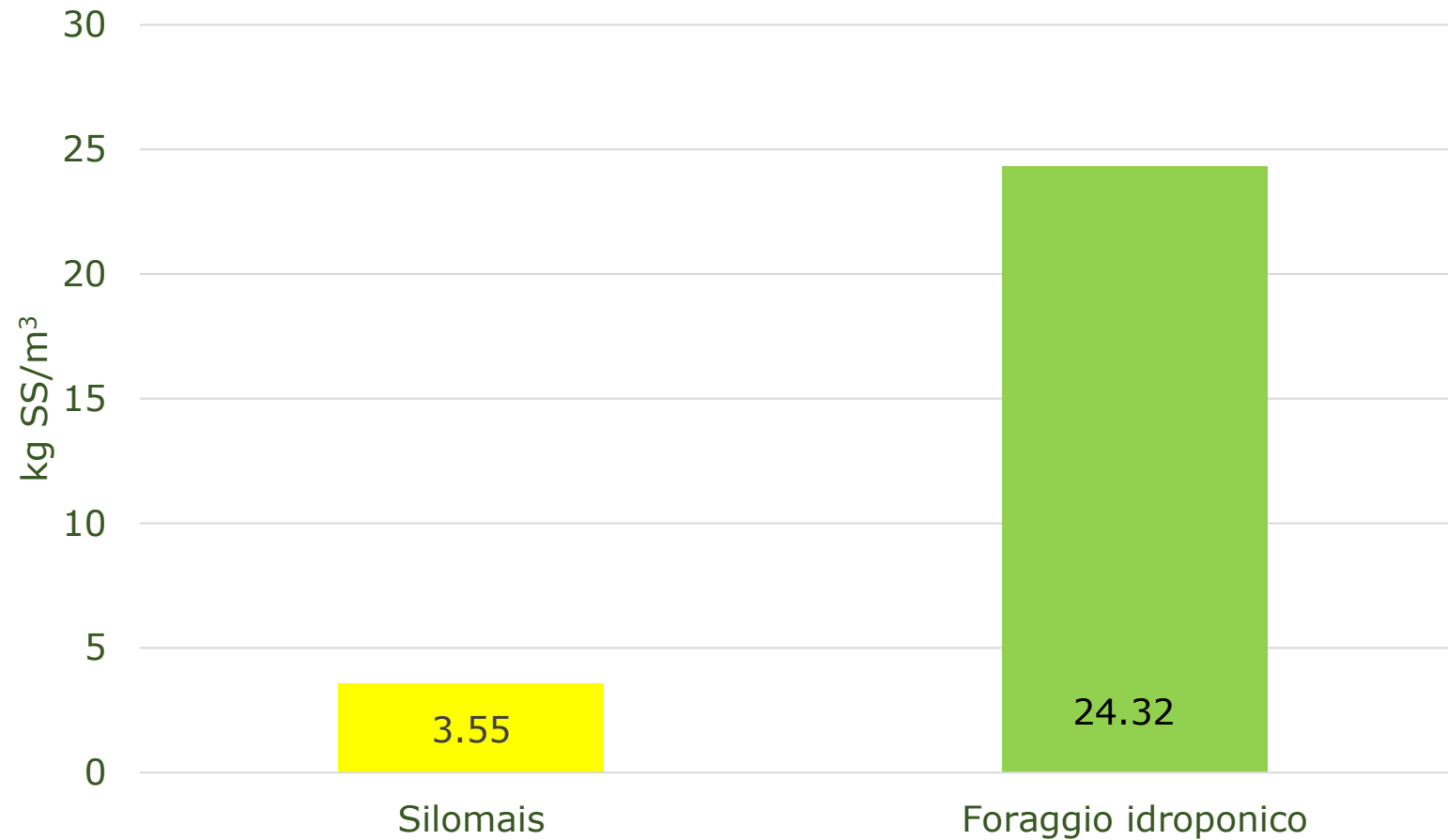
Specific water ($\text{m}^3/\text{kg SS}$)





Bilancio idrico di silomais e foraggio idroponico

Water productivity (kg SS/m³)





Consumo energetico e idrico giornaliero di bufale alimentate con diete a base di silomais e foraggio idroponico

	D0	D50	D100
Energia totale, MJ/capo	107.3	160.8	189.3
Energia per l'alimentazione, MJ/capo	45.1	98.51	126.83
Acqua totale, m ³ /capo	9.3	8.8	8.2
Acqua per l'alimentazione, m ³ /capo	9.2	8.7	8.1



Indici di efficienza di uso dell'energia e dell'acqua per kg di FPCM ottenuto da bufale alimentate con diete a base di silomais e foraggio idroponico

	D0	D50	D100
Impronta energetica, MJ/kg FPC	9.72	14.09	15.96
Produttività dell'energia, MJ/kg FPCM	0.10	0.07	0.06
Impronta idrica, m ³ /capo	0.84	0.77	0.69
Produttività dell'acqua, m ³ /capo	1.19	1.30	1.44



Efficienza economica

Income over feed cost (€/gg per capo)

Ricavi dalla vendita del latte – Costo di alimentazione

Prezzo di vendita latte= 2.0 €/kg

Costo di alimentazione ➡ Partial budget

└➡ Concentrati di provenienza extra-aziendale= prezzo di mercato

Foraggi aziendali= costo di produzione

└➡
- Costi fissi (quote)
- Costi variabili ➡ Dati di inventario



Efficienza economica

Costo di produzione foraggi (€/tonn SS)

	Silomais	Foraggio idroponico
Costi variabili	79.6	406.7
Seme	11.1	316.1
Elettricità	4.0	80.1
Costi fissi	48.7	129.4
Totale costi	127.4	536.0



Efficienza economica

Income over feed cost (€/gg per capo)

	D0	D50	D100
Ricavi	22.0	22.82	23.66
Costo di alimentazione	4.06	5.07	5.55
Silomais	0.70	0.40	-
Foraggio idroponico	-	1.32	2.06
IOFC	17.95	17.75	18.11
Δ ricavi	-	0.82	1.66
Δ costi	-	1.0	1.49
Beneficio netto	-	-0.19	0.17

Uso delle acque reflue nella produzione di foraggio idroponico



Dove

Allevamento di bovine da latte in Gioia del Colle (BA)

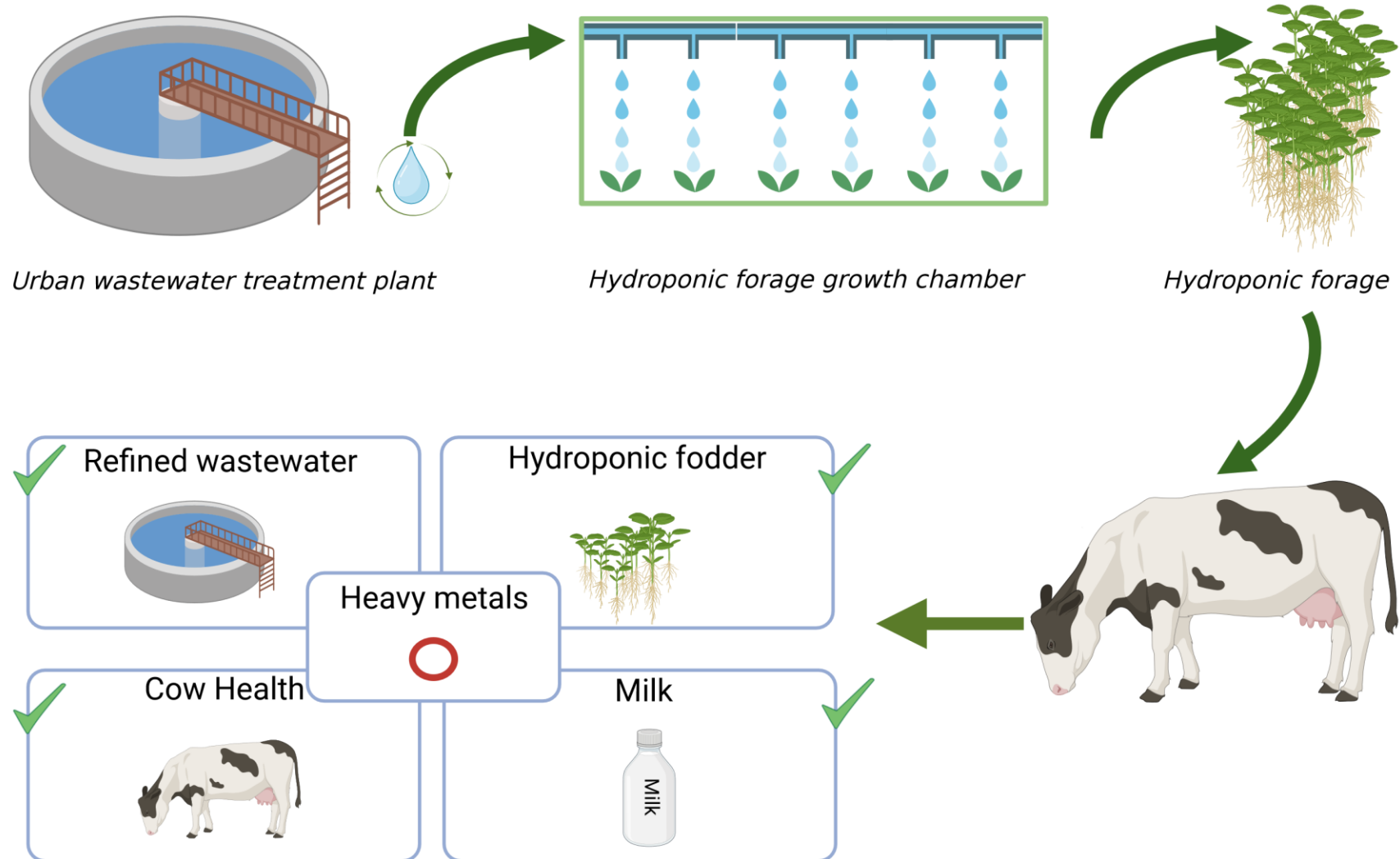
Impianto a container ELEUSIS



Acque raffinate

Acquedotto pugliese

Ceci, L., Cavallera, M. A., Serrapica, F., Di Francia, A., Masucci, F., Carelli, G. *Use of reclaimed urban wastewater for the production of hydroponic barley forage: water characteristics, feed quality and effects on health status and production of lactating cows.* doi.org/10.3389/fvets.2023.1274466.



Referenze utili

Ceci, L., Cavalera, M. A., Serrapica, F., Di Francia, A., Masucci, F., & Carelli, G. (2023). Use of reclaimed urban wastewater for the production of hydroponic barley forage: water characteristics, feed quality and effects on health status and production of lactating cows. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1274466

Masucci, F., Serrapica, F., Cutrignelli, M. I., Sabia, E., Balivo, A., & Di Francia, A. (2024). Replacing maize silage with hydroponic barley forage in lactating water buffalo diet: impact on milk yield and composition, water and energy footprint, and economics. *Journal of Dairy Science*, *11*, 9426-9441

Balivo, A., Masucci, F., Parlato, S., Serrapica, F., Romano, R., Di Francia, A., & Genovese, A. (2024). Can hydroponic forage affect the chemical and sensory properties of PDO buffalo Mozzarella cheese? *International Journal of Dairy Technology*. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.13147>

Pagani, M., Vittuari, M., Johnson, T. G., & De Menna, F. (2016). An assessment of the energy footprint of dairy farms in Missouri and Emilia-Romagna. *Agricultural systems*, *145*, 116-126

Prochnow, A., Drastig, K., Klauss, H., & Berg, W. (2012). Water use indicators at farm scale: methodology and case study. *Food and Energy Security*, *1*(1), 29-46

Bellingeri, A., Cabrera, V., Gallo, A., Liang, D., & Masoero, F. (2019). A survey of dairy cattle management, crop planning, and forages cost of production in Northern Italy. *Italian journal of animal science*, *18*(1), 786-798