

Convegno conclusivo del progetto *OrtoBioStrip*
“Orticoltura Biologica a Strisce”

Coltivazione agroecologica a strisce:
Valutazione delle performance agronomiche e degli impatti
ambientali e socio-economici
Fabrizio Leteo (CREA OF) & Ileana Iocola (CREA AA)

Obiettivi ed ipotesi del progetto Ortobiostrip

Obiettivo generale

Implementare in contesti aziendali strategie agroecologiche di diversificazione colturale

Obiettivi specifici

1. Introdurre tecniche basate sulla coltivazione a strisce, colture di servizio, materiali eterogenei, minima lavorazione
2. Aumentare la produttività per unità di superficie e la stabilità dei redditi in agricoltura
3. Ridurre i fenomeni erosivi
4. Potenziare la lotta biologica conservativa contro le avversità biotiche
5. Migliorare il valore estetico e multifunzionale del paesaggio.
6. Preservare e migliorare i servizi ecosistemici

Ipotesi di lavoro

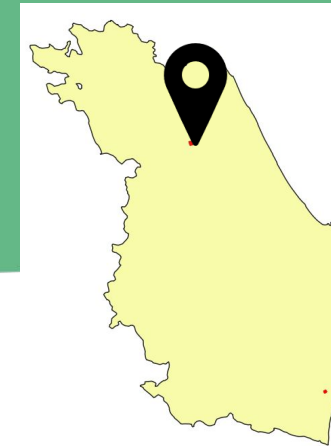
- La **diversificazione colturale** riduce i rischi produttivi e biotici, aumentando la **stabilità dei redditi**
- I sistemi agroecologici in strip garantiscono maggior copertura del suolo e apporti di sostanza organica rispetto al convenzionale
- L'innovazione potrebbe generare **costi più alti** (gestione e manodopera), compensati nel medio periodo da **benefici ambientali, sociali ed economici**



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



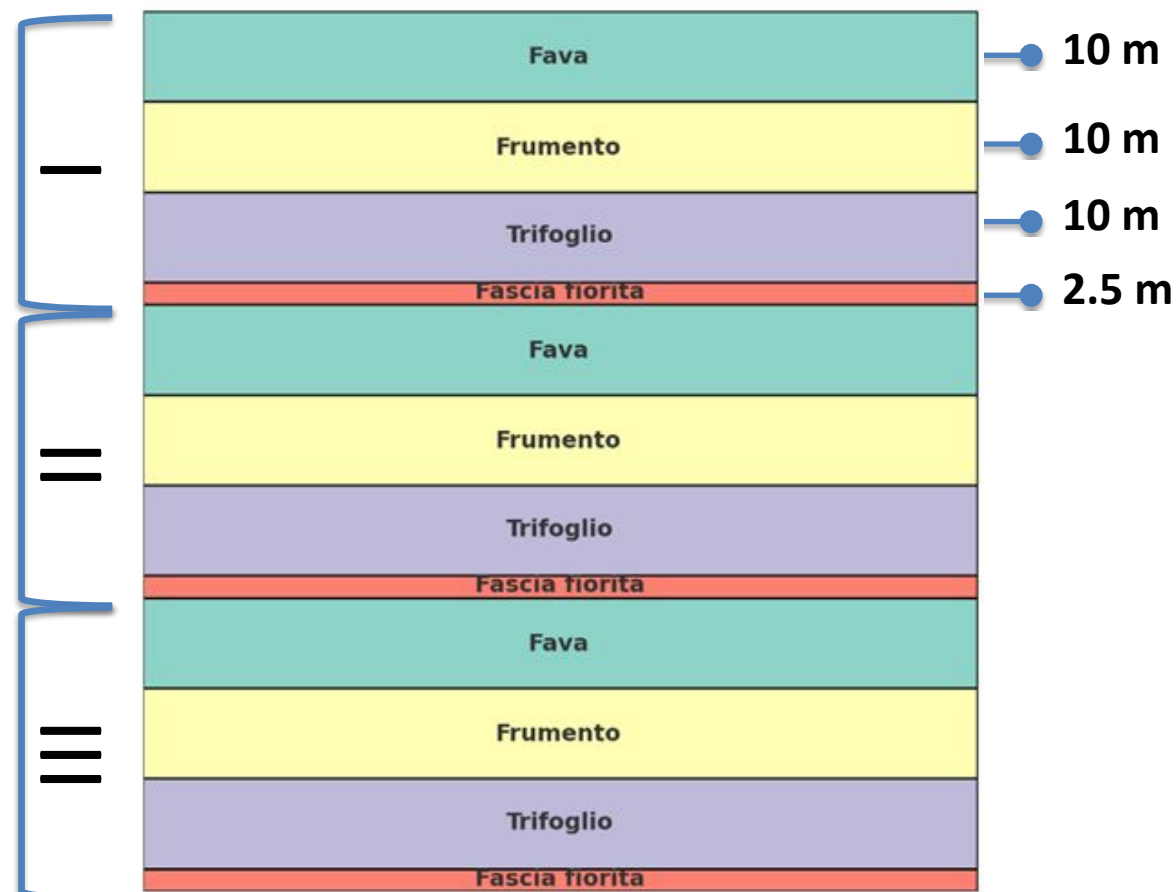
Azienda Rosatelli (PU)



La coltivazione a strisce o strip cropping
Possibili benefici agronomici e ambientali

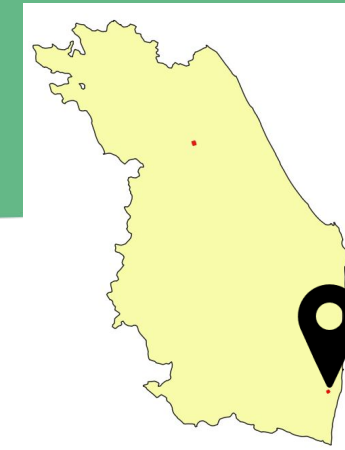


100 m

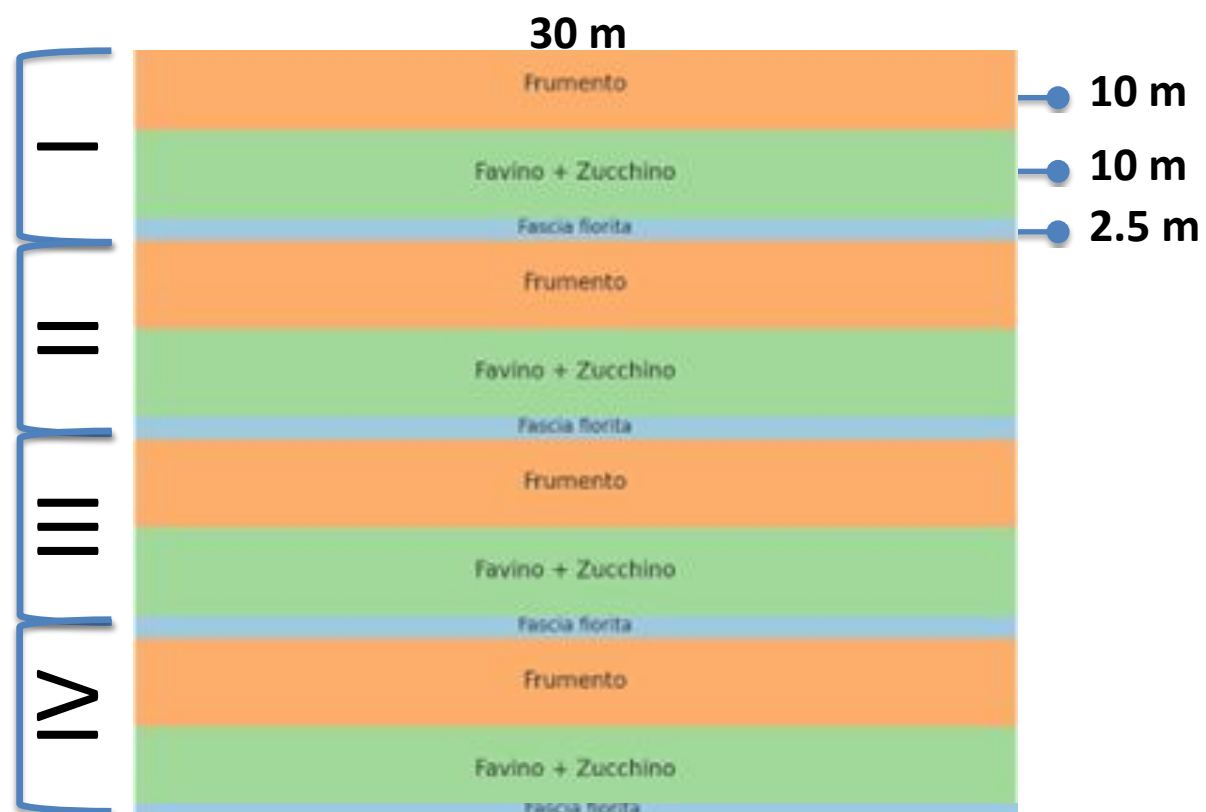


- Strisce disposte lungo la linea di massima pendenza
- Fasce fiorite per il potenziamento dei servizi ecosistemici (impollinazione, contenimento fitopatogeni, lisciviazione ed erosione)

Azienda Malavolta (AP)



La coltivazione a strisce o strip cropping
Possibili benefici agronomici e ambientali



- Strisce disposte lungo le linee di livello
- Fasce fiorite per il potenziamento dei servizi ecosistemici (impollinazione, contenimento fitopatogeni, lisciviazione ed erosione)

Semine

Azienda Rosatelli	SEMINA			Azienda Malavolta	SEMINA		
	2022/'23	2023/'24	2024/'25		2022/'23	2023/'24	2024/'25
FAVA cv Fratterosa (autoriprodotta)	gennaio	novembre	dicembre	Frumento tenero cv jerivella (autoriprodotta)	dicembre (fine)	novembre	novembre
Frumento tenero cv pop evol. (autoriprodotta)	gennaio	novembre	dicembre	Favino var. Torrelama commerciale	dicembre (fine)	novembre	novembre
Trifoglio da seme alessadrino cv Axi (commerciale)	marzo	novembre	marzo	Zucchini	maggio	maggio	maggio
Mix apistico* (commerciale)	marzo	novembre	marzo	Mix apistico* (commerciale)	marzo		

* Grano saraceno, Lupinella sgusciata, Meliloto giallo, Sulla sgusciata, Trifoglio incarnato, Trifoglio violetto, Erba medica, Ginestrino, Meliloto bianco, Meliloto giallo, Sulla sgusciata, Trifoglio resupinato, Senape bianca, Aneto, Achillea, Medica lupolina



ROSATELLI: rsultati delle performance agronomiche

FONTI DI VARIAZIONE	TRIFOGLIO DA SEME			
	Biomasse fresche			
	pianta intera	residuo colturale	infestanti alla raccolta	produzione commerciabile (semi)
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Gestione Agronomica (GA)				
Strip cropping	8253	7735	0,000	518,1
Pure stand	7652	7242	0,000	409,6
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns
Annata agraria (A)				
2022/23	6493 b	6320	0,000	173,7 b
2023/24	8665 a	8113	0,000	552,4 a
2024/25	8699 a	8033	0,000	665,5 a
Significatività ⁽¹⁾	*	ns	ns	***
Interazione GA x A				
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns

(1) * ns = non significativo; *= p ≤ 0,05; ***= p ≤ 0,0001 secondo il test LSD di Fisher

FONTI DI VARIAZIONE	FFRUMENTO TENERO			
	Biomasse fresche			
	pianta intera	residuo colturale	infestanti alla raccolta	produzione commerciabile (granella)
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Gestione Agronomica (GA)				
Strip cropping	11579	9271,1	2119,0 a	2307,0
Pure stand	11376	8636,1	253,80 b	2739,0
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	**	ns
Annata agraria (A)				
2022/23	9348,0 b	6992,0 b	1486,0 a	2356,0
2023/24	14107 a	11172 a	0,000 b	2935,0
2024/25	10977 b	8697,3 b	2073,0 a	2279,0
Significatività ⁽¹⁾	**	**	**	ns
Interazione GA x A				
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	*	ns

(1) * ns = non significativo; *= p ≤ 0,05; **= p ≤ 0,001 secondo il test LSD di Fisher

Semina
tardiva

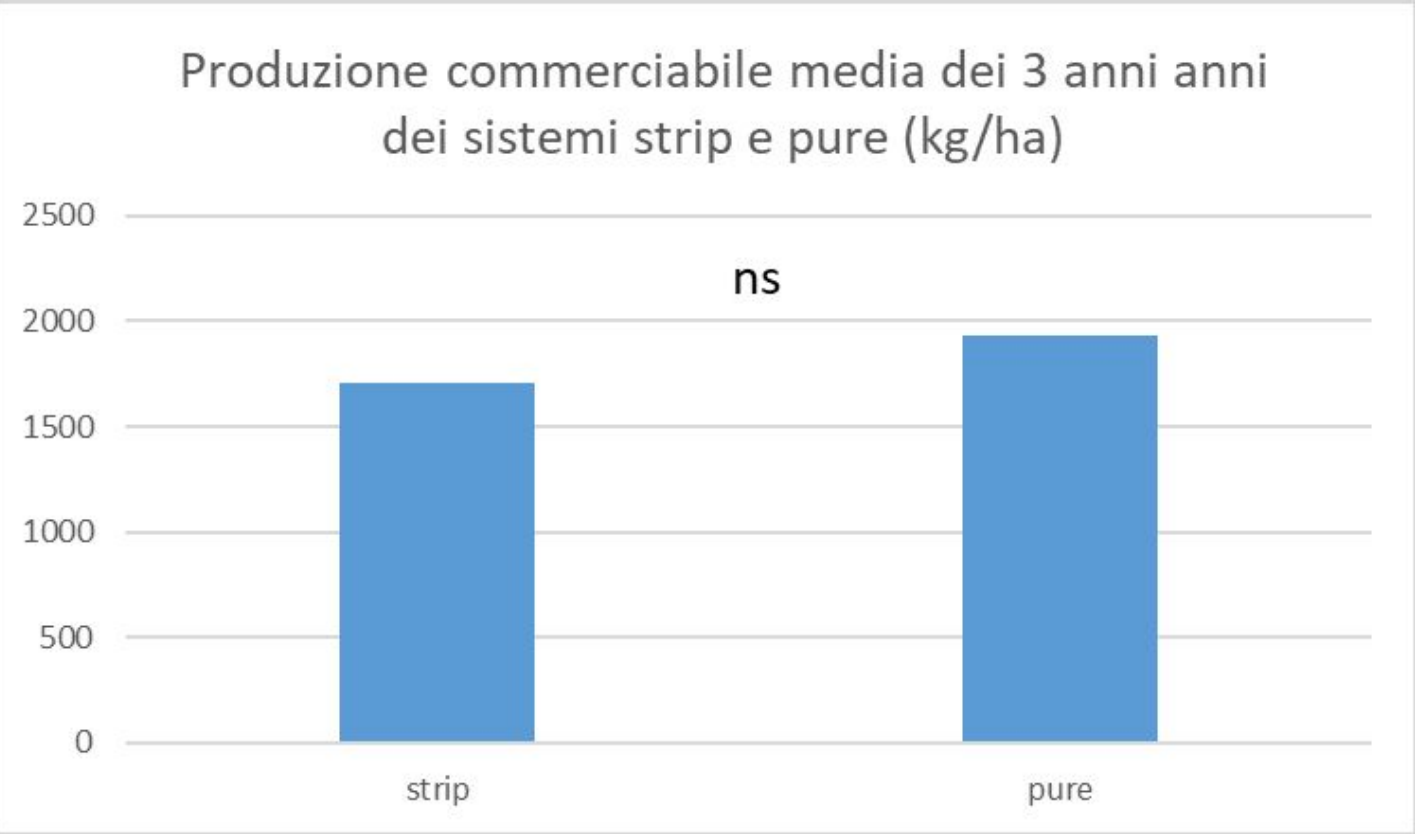
FONTI DI VARIAZIONE	FAVA			
	Biomasse fresche			
	pianta intera	residuo colturale	infestanti alla raccolta	produzione commerciabile (baccelli/ granella)
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
FAVA A RACCOLTA CEROSA 2022/ 23				
Gestione Agronomica (GA)				
Strip cropping	10600	6855,1	/	3745,0
Pure stand	19331	13981	/	5350,0
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	(2)	ns
FAVA A RACCOLTA SECCA 2023/ 24				
Gestione Agronomica (GA)				
Strip cropping	7900	4783	50,00	3117
Pure stand	6300	3667	46,67	2633
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns

(1) * ns = non significativo

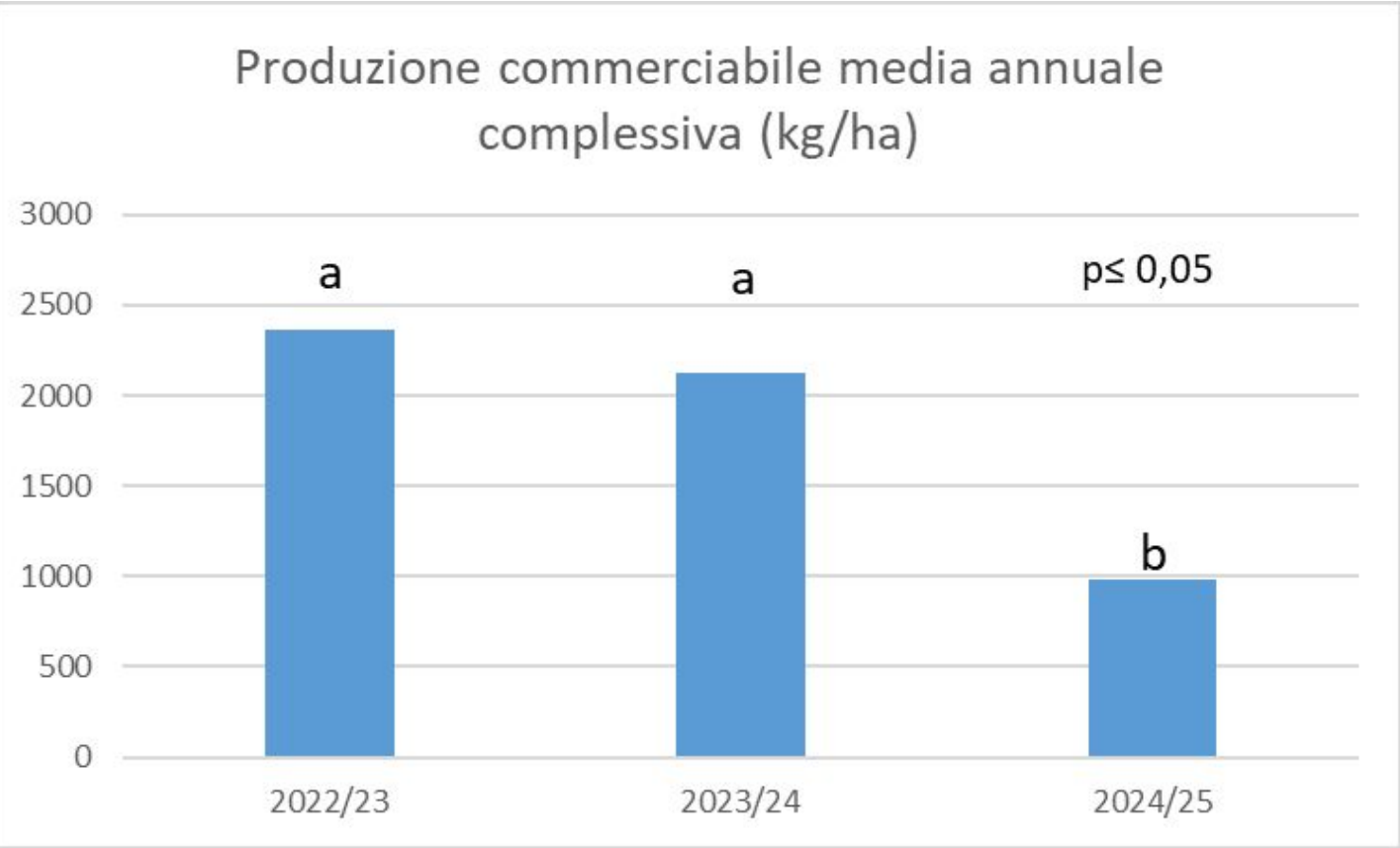
(2) non rilevato



ROSATELLI: rsultati delle performance agronomiche



Indicatore di performance poco esaustivo: non tiene conto in maniera ponderata delle superfici investite e risente dell'ordine di grandezza delle produzioni



2025/25 penalizzato dalla mancanza di fava



MALAVOLTA: risultati delle performance agronomiche

FONTI DI VARIAZIONE	ZUCCHINO			
	Biomasse fresche			
	pianta intera kg/ha	residuo colturale kg/ha	infestanti alla raccolta kg/ha	produzione commerciabile (semi) kg/ha
Gestione Agronomica (GA)				
Strip cropping	15137	10230	3737,7	4907,9
Pure stand	13644	9669,3	4604,4	3974,7
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns
Annata agraria (A)				
2022/23	5434,4 b	4134,7 b	5630,0 a	1299,7 b
2023/24	18765 a	12601 a	4054,7 b	6136,7 a
2024/25	20466 a	14023 a	2496,3 c	6442,9 a
Significatività ⁽¹⁾	***	***	***	***
Interazione GA x A				
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns

(1) * ns = non significativo; ***= $p \leq 0,0001$ secondo il test LSD di Fisher

Morìa
piantine



Semina
tardiva
non
efficace

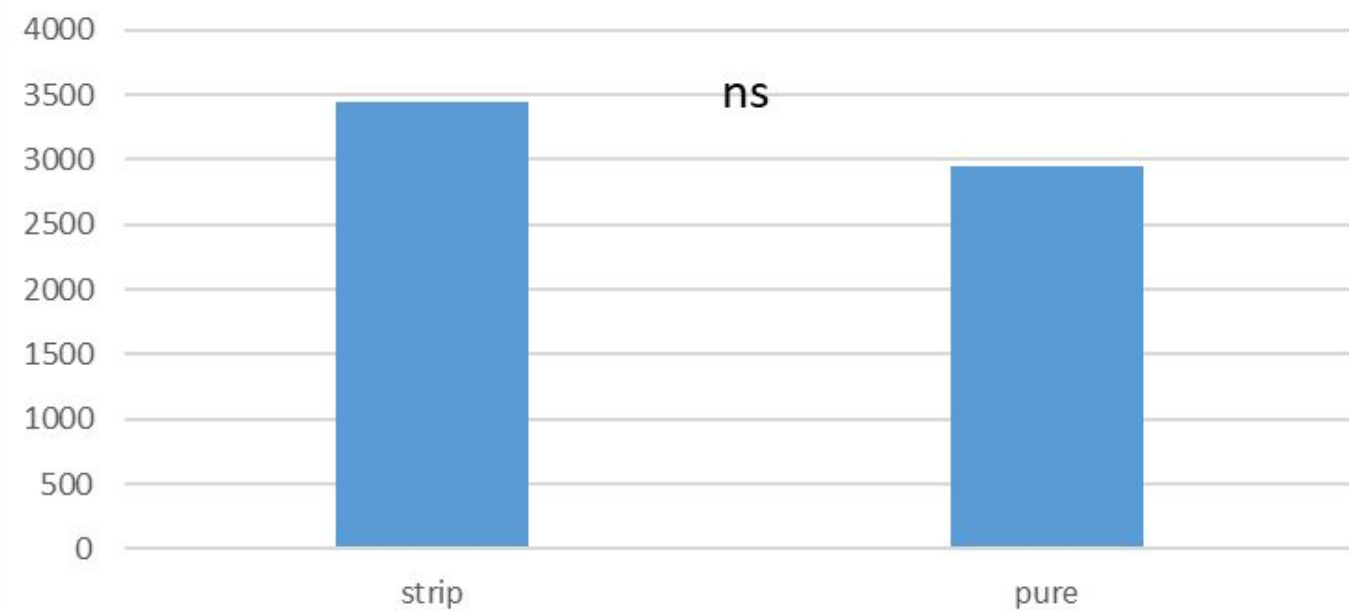


FONTI DI VARIAZIONE	FFRUMENTO TENERO			
	Biomasse fresche			
	pianta intera kg/ha	residuo colturale kg/ha	infestanti alla raccolta kg/ha	produzione commerciabile (granella) kg/ha
Gestione Agronomica (GA)				
Strip cropping	7601	5613	960,7	1987
Pure stand	7482	5673	1174,0	1810
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns
Annata agraria (A)				
2022/23	5293 b	3612 b	2840 a	1681
2023/24	8617 a	6519 a	157,1 b	2098
2024/25	8740 a	6785 a	160,0 b	1955
Significatività ⁽¹⁾	**	**	***	ns
Interazione GA x A				
Significatività ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns

(1) * ns = non significativo; * = $p \leq 0,05$; ** = $p \leq 0,001$ secondo il test LSD di Fisher

MALAVOLTA: risultati delle performance agronomiche

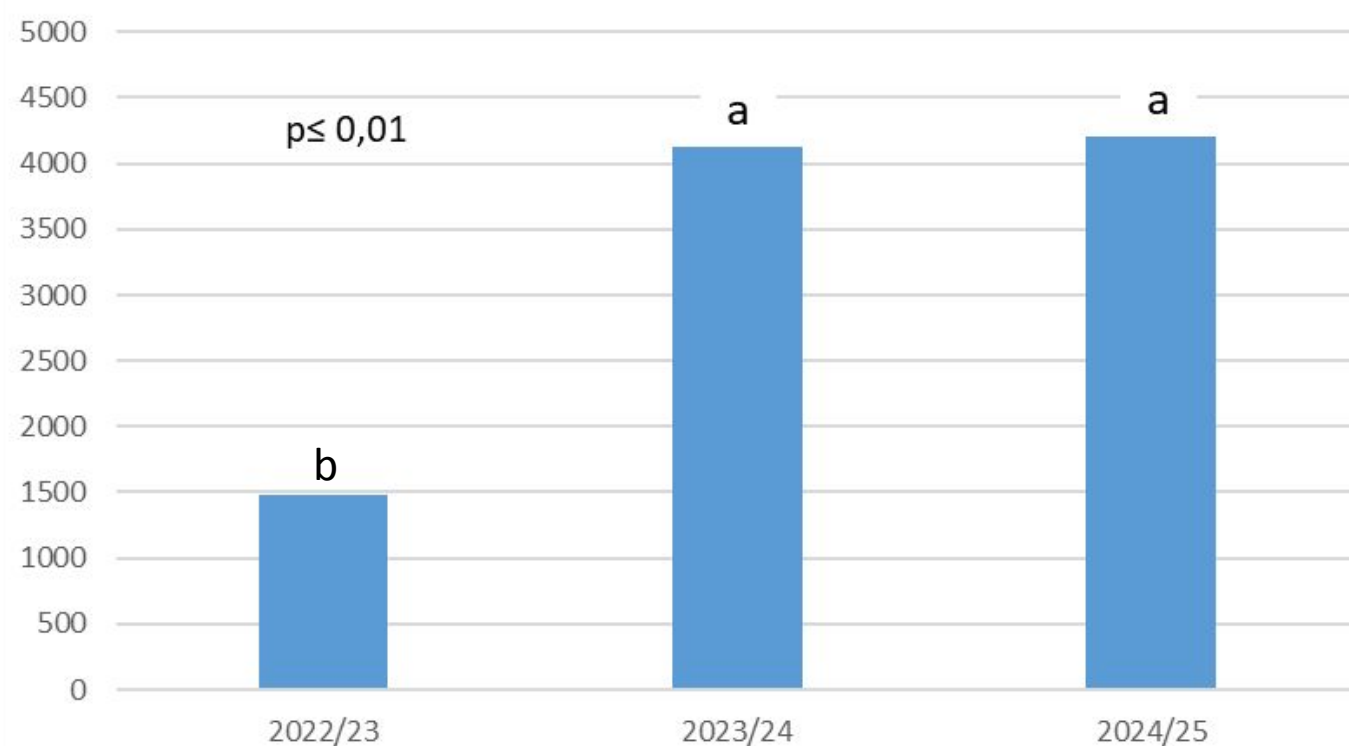
Produzione commerciabile media dei 3 anni dei sistemi strip e pure (kg/ha)



Indicatore di performance poco esaustivo: non tiene conto in maniera ponderata delle superfici investite e risente dell'ordine di grandezza delle produzioni



Produzione commerciabile media annuale complessiva (kg/ha)



2022/23 penalizzato dalla bassissima produzione dello zucchini ed in parte dalla semina tardiva del frumento



ROSATELLI E MALAVOLTA: risultati delle performance agronomiche

Il Land Equivalent Ratio (LER) è un indice che descrive la superficie di terreno necessaria ad un sistema di produzione monocoltura per produrre la stessa resa di un sistema di coltivazione consociato

$$\text{LER} = \sum (\text{Produzione in consociazione} / \text{Produzione in monocoltura}) \times \text{Superficie} / 100 \text{ di ogni coltura}$$



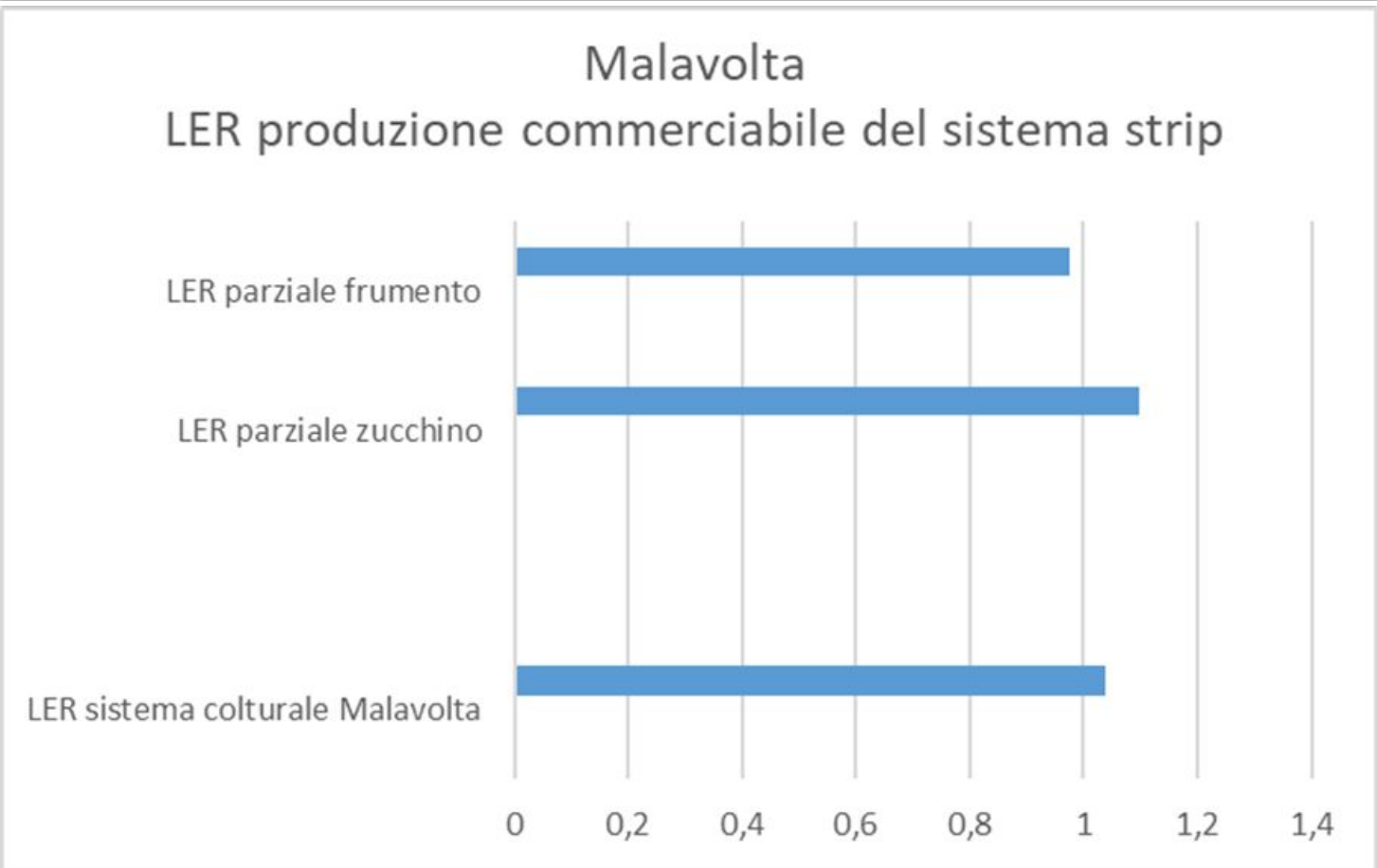
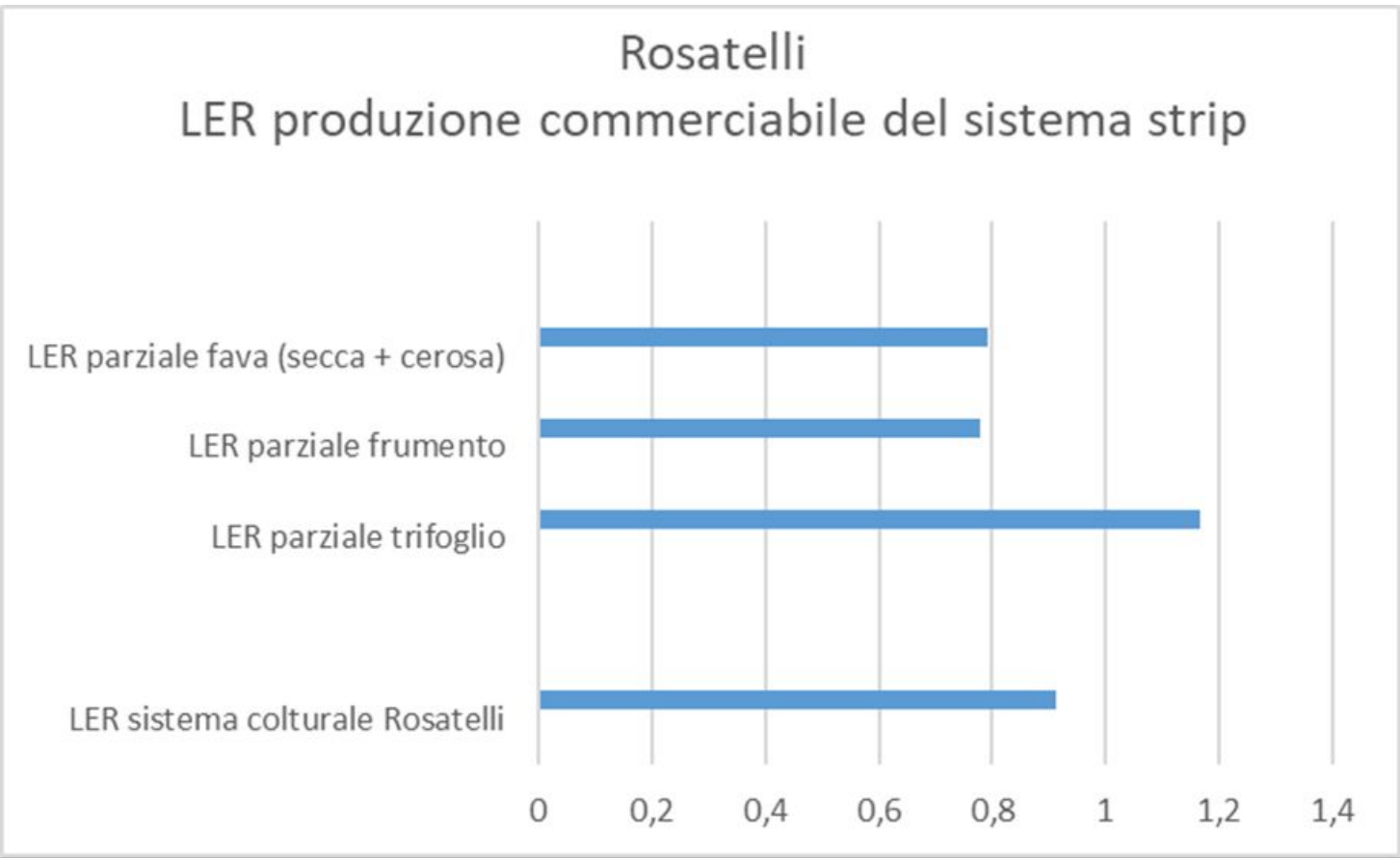
LER = 1 stessa produttività delle colture consociate vs colture in purezza

LER > 1 produttività delle colture consociate superiore a quella delle colture in purezza

LER < 1 produttività delle colture consociate inferiore a quella delle colture in purezza

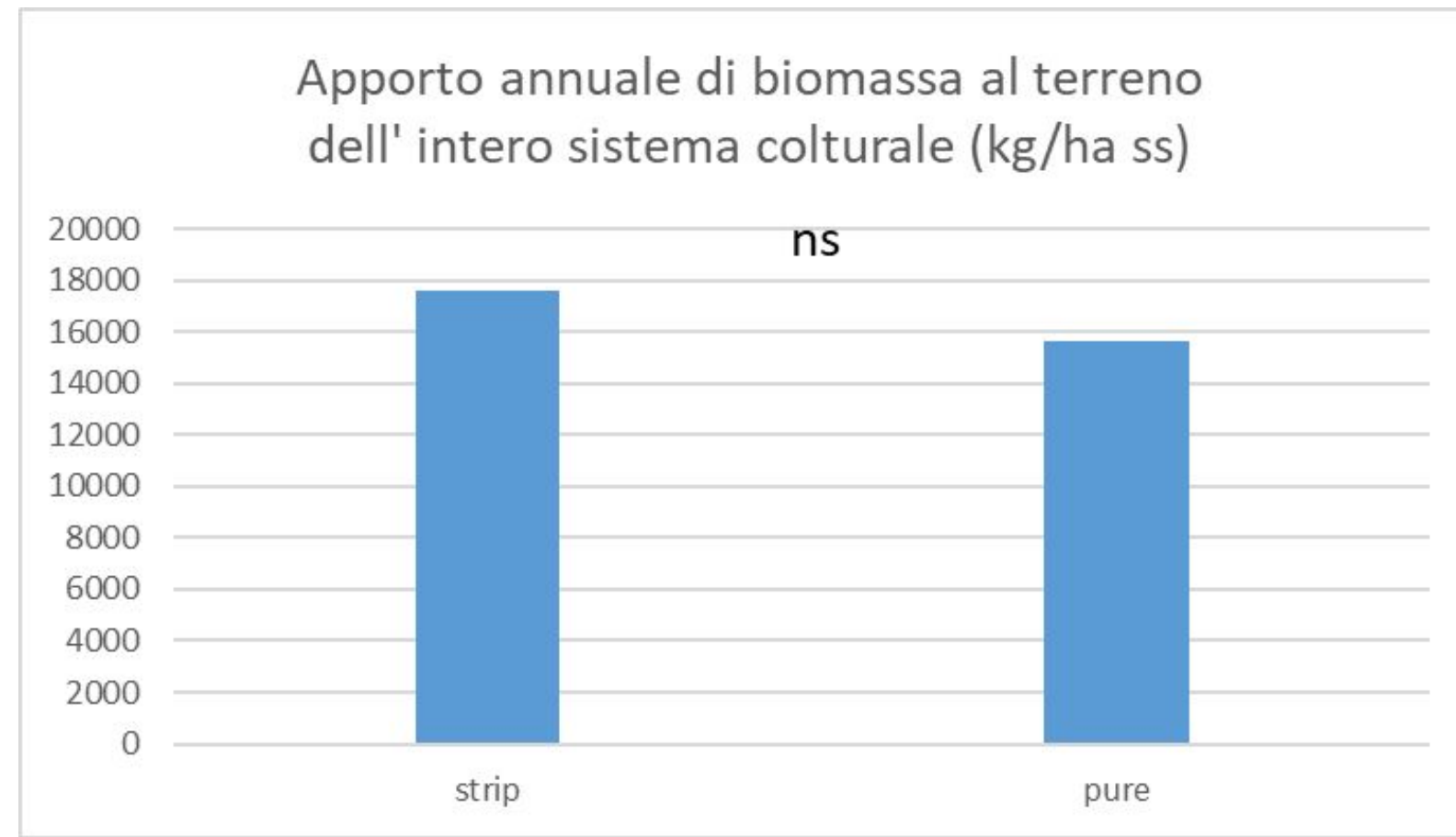
- ✓ È un indice adimensionale e permette il confronto tra sistemi produttivi diversi
- ✓ Tiene conto delle superfici investite ad ogni singola coltura comprese le tare (come per esempio le infrastrutture ecologiche)
- ✓ Può essere applicato sia su scala di singola specie che di sistema colturale

ROSATELLI E MALAVOLTA: risultati delle performance agronomiche

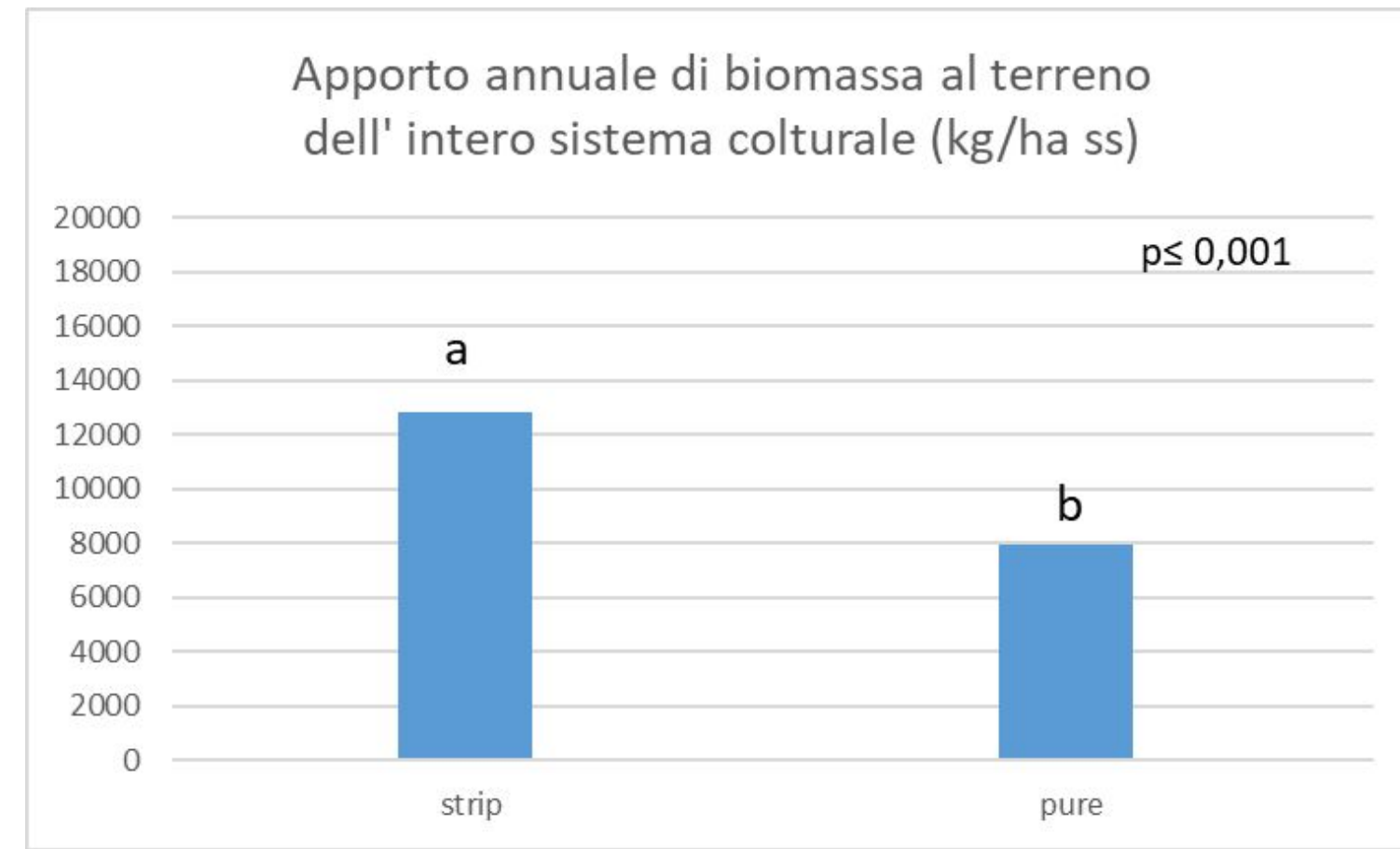


ROSATELLI E MALAVOLTA: risultati delle performance agronomiche

ROSATELLI



MALAVOLTA



- ✓ Lo strip cropping consente di apportare più biomassa (residui colturali + infestanti) al terreno, almeno numericamente nel sistema di Rosatelli e significativamente nel sistema di Malavolta
- ✓ Il sistema di malavolta apporta meno biomasse rispetto a quello di Rosatelli perché ha una specie in meno in rotazione



**RISULTATO CON VALENZA
AGRO AMBIENTALE**

Valutazione agro-ambientale



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI





Monitoraggio satellitare

Dati

Immagini **Sentinel-2** (ESA – Copernicus Hub) – triennio 2022/23 – 2023/2024 – 2024/25

Frequenza: mensile (da emergenza a raccolta)

Analisi

Software **SNAP (ESA)** + integrazione in **QGIS**

Modello lineare misto (lme4 in R) con:

- fattore fissi: sistema Strip (S) vs Pure (P); Anno (I,II,III)
- fattore random: mese

Indici calcolati

Vigoria vegetazione ☐ *Permettono di individuare aree con **stress vegetativo***

- NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
- LAI – Leaf Area Index
- FVC – Fraction Vegetation Cover

Clorofilla ☐ *Confrontato con gli indici di vigoria consente di distinguere tra **stress per clorosi** (carenze nutrizionali, malattie) e **stress da sviluppo ridotto** (scarsa emergenza, ritardi vegetativi)*

- CCC – Canopy Chlorophyll Content

Stress idrico ☐ *Identifica zone con **scarsità d'acqua***

- NDMI – Normalized Difference Moisture Index



Rilievi a terra

% Copertura del suolo (proxy protezione dall'erosione)

- **Dati:** foto per ogni Strip (blocchi esterni) vs foto in punti random in Pure
- **Analisi:** software Canopeo (Patrignani & Ochsner, 2015)
- **Frequenza:** Monitoraggio mensile (da emergenza a pieno sviluppo)
- **Confronto:** **S vs P a livello di sistema (1ha); singole colture**



opy Cover **35,10 %**

Carbon input (proxy sostanza organica) □ *residui colturali, radici, sovesci, ammendanti, infestanti*

- Tutti i quantitativi sono stati calcolati da **misure in campo**, eccetto la **biomassa ipogea delle colture da reddito**, stimata pari al **30% della biomassa epigea totale**.
- Coefficienti isoumici da letteratura (software BioDurum - Iocola et al., 2021) → quantificazione del potenziale **humus stabile**;
- **Confronto: S vs P a livello di sistema (1ha)**

Emissioni GHG (CO₂ eq)

- da **carburanti** (da produzione + combustione sul campo) : consumi x coefficienti del database Ecoinvent v3.3
- da **fertilizzanti**: modello multivariato empirico di Bouwman et al. (2002), che considera tipo e quantità di fertilizzanti impiegati e le caratteristiche del suolo (contenuto di sostanza organica, pH, drenaggio, tessitura)
- **Confronto: S vs P a livello di sistema (1ha)**



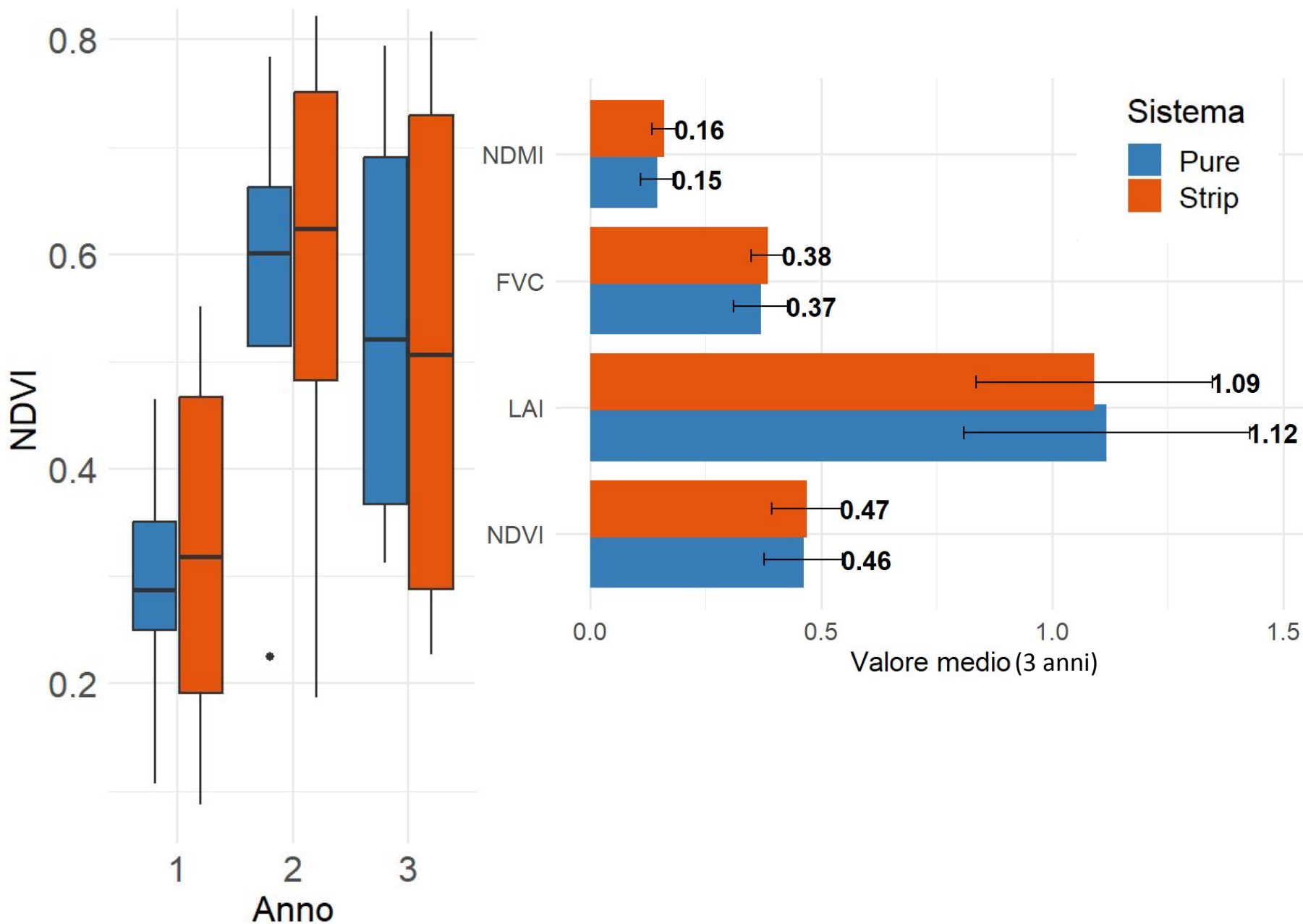
Risultati- Monitoraggio satellitare

Azienda Rosatelli

Nessun indicatore mostra differenze **significative** fra P e S

Dove c'è **significatività** (NDVI, LAI, CCC), l'effetto è legato **all'anno**, non al sistema

Da Rosatelli S non si distingue da P. Le dinamiche sono guidate dalle condizioni ambientali annuali

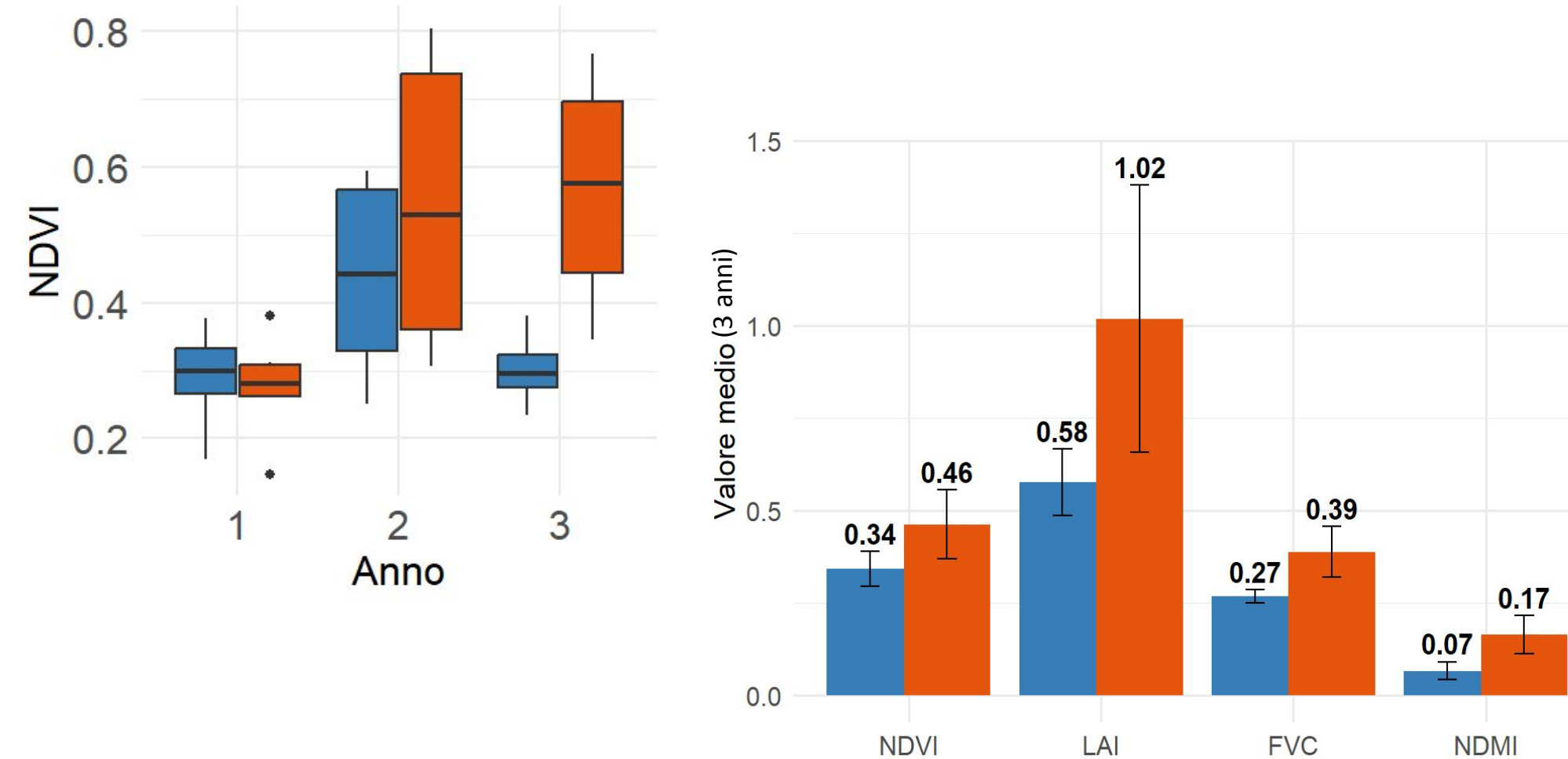


Azienda Malavolta

NDVI : differenze **significative** per **Sistema, Anno e Interazione**, S e P differiscono, ma l'entità della differenza cambia tra anni

FVC, LAI, NDMI : **differenza significativa per Sistema** (S con valori più alti), interazione quasi significativa.

Da Malavolta S tende ad avere una copertura e vigoria vegetativa maggiore. L'interazione suggerisce che questo vantaggio non è costante, ma varia negli anni.



il sistema Strip non è universalmente migliore, ma in certi contesti (Malavolta) mostra prestazioni vegetative più elevate; in altri (Rosatelli) non differisce



Risultati - % Copertura

Azienda Rosatelli

Totale sistema: S (77.1%) > P (67.2%), differenza **tendente alla significatività** ($p = 0.07$).

Fava: S (59.5%) > P (34.4%), **significativa** ($p < 0.05$).

Frumento e Trifoglio: nessuna differenza significativa ($p = 0.94$ e $p = 0.72$).

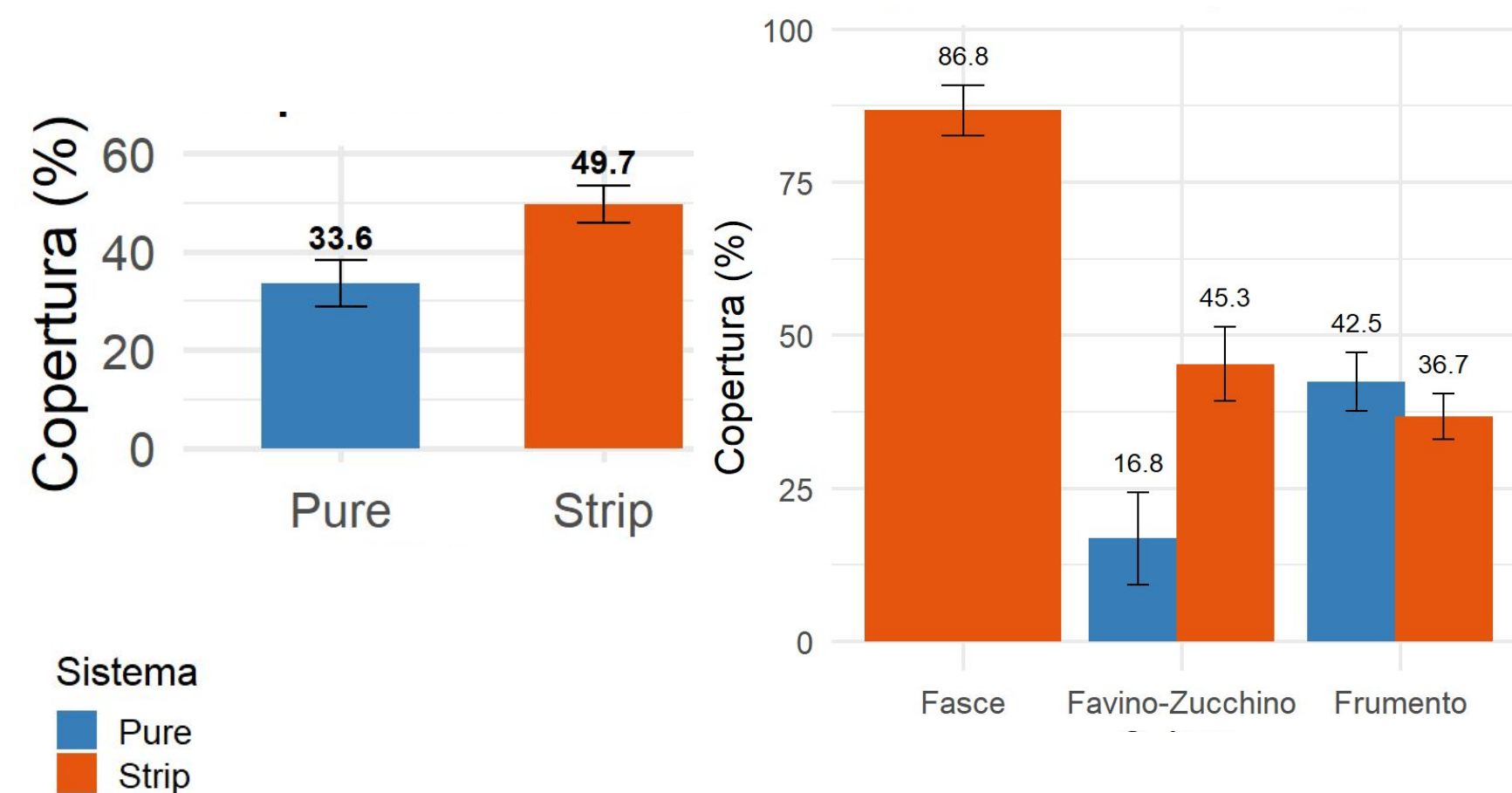
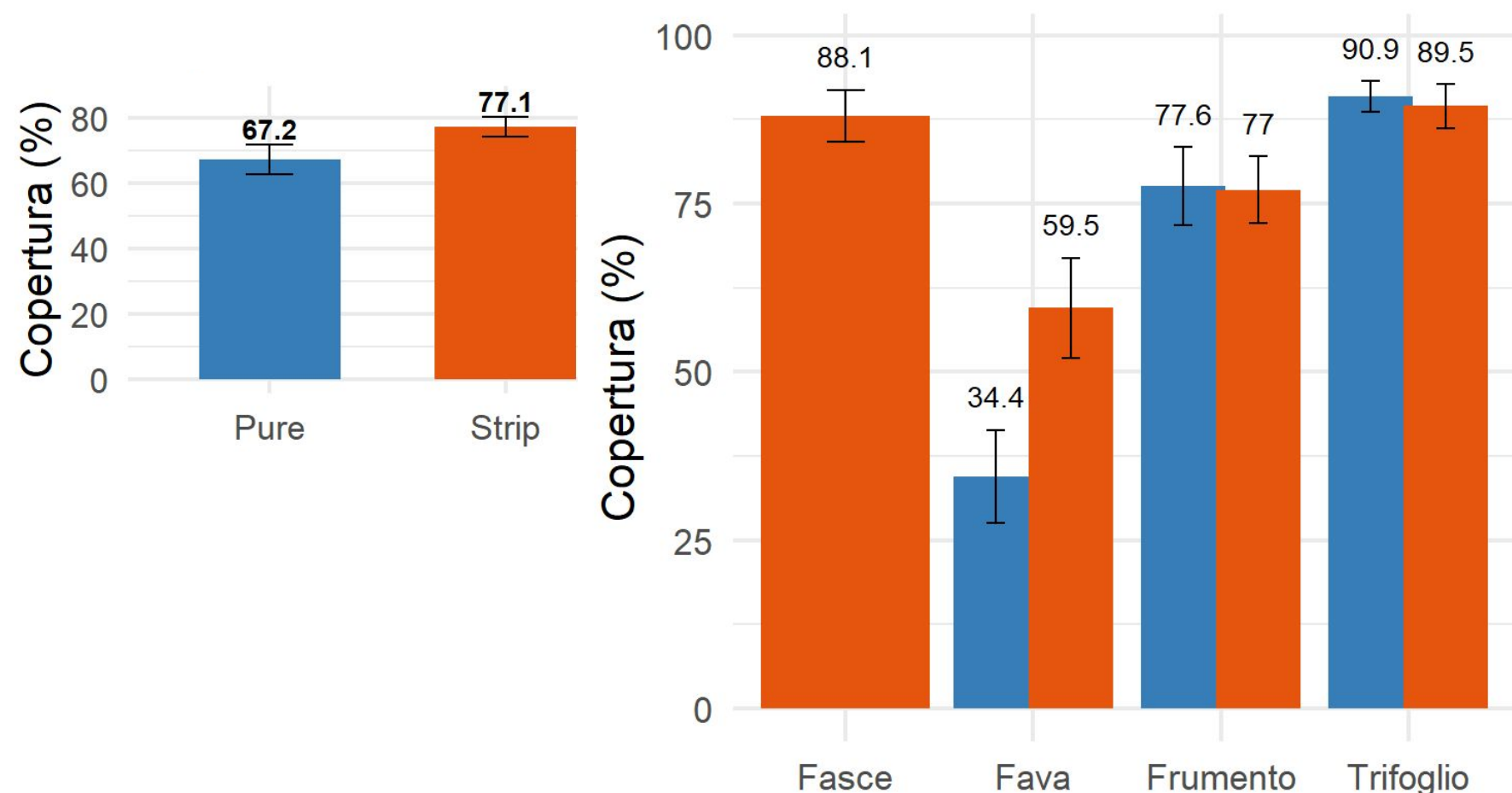
Azienda Malavolta

Totale sistema: S (49.7%) > P (33.6%), differenza **significativa** ($p < 0.01$).

Favino-Zucchino: S (45.3%) > P (16.8%), **significativa** ($p < 0.01$).

Frumento: nessuna differenza significativa ($p = 0.35$).

In entrambe le aziende il sistema **Strip** mostra una **maggiore copertura del suolo**, soprattutto in alcune colture (Favino, Favino-Zucchino), contribuendo a una migliore **protezione dall'erosione**.





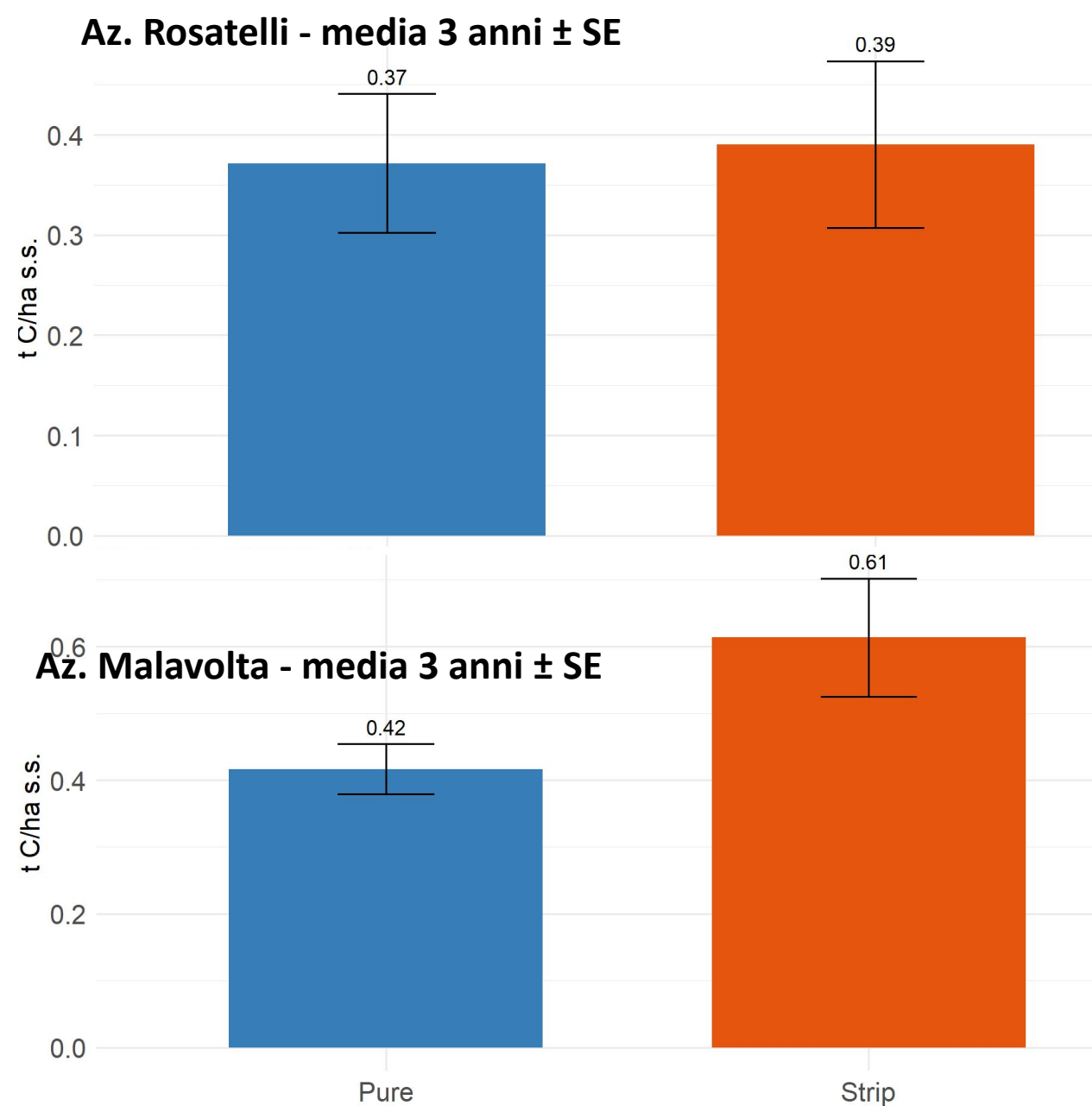
Risultati - Carbon Input & Emissioni

Carbon input (t C/ha)

In entrambi i siti **Strip > Pure**, con differenze più marcate da Malavolta:

- **Malavolta:** S = 0.61, P = 0.42 t C/ha (**p = 0.14**)
- **Rosatelli:** S = 0.39, P = 0.37 t C/ha (**p = 0.87**)

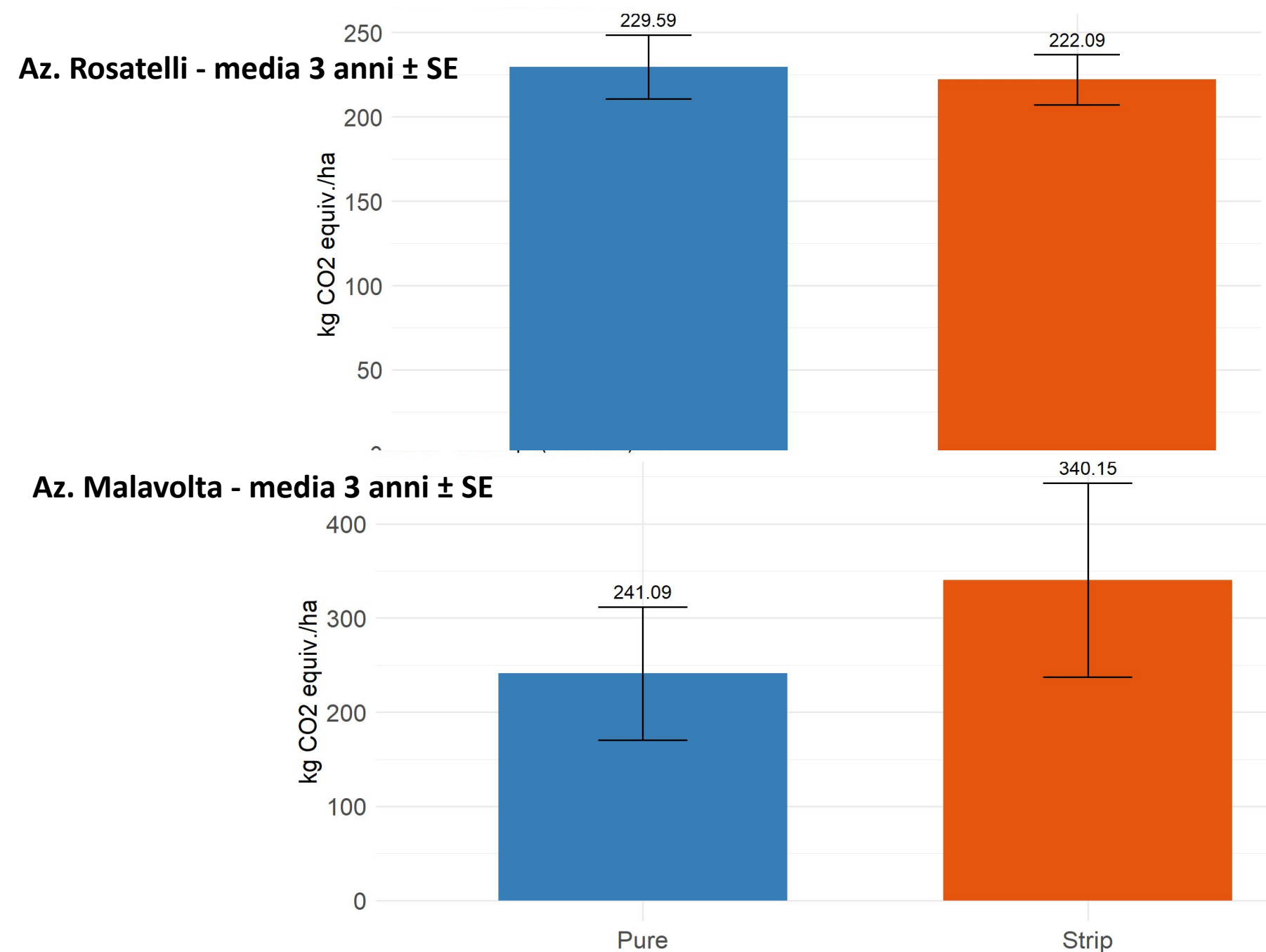
Differenze non significative, ma tendenza coerente con un maggiore sequestro di C nello Strip



Emissioni (kg CO₂ eq /ha)

Gli effetti sulle emissioni dipendono dalle **specificità gestionali**:

- più contenute da **Rosatelli** (fasce fiorite riducono gli interventi) - **S (222) < P (230 kg/ha), -4%**, nessuna differenza sign. (**p = 0.77**)
- più elevate da **Malavolta** (maggiore consumo energetico per cover crop e fertilizzazione- **S (340) > P (241 kg/ha), +45%**, differenza non significativa (**p = 0.48**))



Valutazione economica



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI





Raccolta dati ed elaborazioni

Costi di produzione

Confronto **S vs P** a livello di sistema: **1 ha** per rendere il confronto omogeneo

Per ciascuna coltura e sistema sono state ricostruite **liste standardizzate di operazioni colturali e input** raccogliendo dati su: operazioni colturali (tempi, manodopera, consumi di gasolio), input impiegati (sementi, concimi, miscugli fioriti), costi documentati da fatture;

Sebbene parte della semente sia stata reimpiegata, è stato attribuito un costo di mercato per evitare distorsioni nei risultati

Azienda Rosatelli

Coltura	Pure (ha, %)	Strip (ha, %)
Frumento	0.333 (33.3%)	0.3078 (30.8%)
Fava *	0.333 (33.3%)	0.3078 (30.8%)
Trifoglio	0.333 (33.3%)	0.3078 (30.8%)
Fasce fiorite	–	0.0766 (7.7%)
Totale	1 (100%)	1 (100%)

* Da Rosatelli è stata considerata la raccolta della fava fresca su 1/3 della superficie, mentre i restanti 2/3 sono stati destinati alla fava secca

Ricavi

Valutazione dei potenziali **ricavi basata sulle rese** delle colture

Rese molto variabili nei tre anni → a fini comparativi è stato ipotizzato **un livello di resa uguale tra strip e pure**

Differenza riconosciuta a parità di resa unitaria: nello strip le fasce fiorite sottraggono superficie produttiva, determinando una potenziale riduzione dei ricavi

Azienda Malavolta

Coltura	Pure (ha, %)	Strip (ha, %)
Frumento	0.50 (50%)	0.4445 (44.5%)
Zucchino	0.50 (50%)	0.4445 (44.5%)
Fasce fiorite	–	0.111 (11.1%)
Totale	1 (100%)	1 (100%)



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI





Risultati - Costi e ricavi

Azienda Rosatelli

- **Costi:** Strip leggermente inferiori (-29/-58 €/ha; **-2.6% / -5.2%**)
- **Ricavi:** Riduzione del **-7.6%** per minore superficie produttiva (fasce fiorite)

Strip economicamente simile al Pure; penalità per la superficie

Az. Rosatelli	Pure	Strip
Fava	839.55 €	780.18 €
Frumento	369.38 €	349.32 €
Trifoglio da seme	193.38 €	186.79 €
Fasce fiorite	-	28.39 - 56.85 €
Totale	1402.31 €	1344.68 € - 1373.14 €

Azienda Malavolta

- **Costi:** Strip più elevati (+118 €/ha; **+6.9%**), compensabili con gestione più efficiente (es. concimazioni) o valorizzazione fasce fiorite
 - **Ricavi:** riduzione del **-11.1%** per minore superficie coltivabile
- Differenze contenute, potenzialmente azzerabili con strategie di gestione

Az. Malavolta	Pure	Strip
Favino da sovescio	-	290.06 €
Zucchino	3270.85 €	2962.88 €
Frumento	393.27 €	364.95 €
Fasce fiorite	-	164.17 €
Totale	3664.12 €	3782.06 €

Nel complesso, l'adozione di sistemi agroecologici in strip **non comporta un aggravio strutturale dei costi di produzione**. Le differenze rispetto ai sistemi in purezza restano entro margini contenuti.

La contrazione dei ricavi è invece legata alla riduzione di superficie produttiva, aspetto intrinseco di questo tipo di innovazioni

Conclusioni generali

Valutazione agronomica

- Tutte le **rese** dipendono **principalmente dall'andamento stagionale** e per migliorare la loro stabilità risultano determinanti alcuni aspetti della tecnica agronomica come l'epoca di semina e il tipo di messa a dimora (semina diretta vs trapianto)
- Nell'ambiente di coltivazione di **Rosatelli**, il **frumento e la fava**, a differenza del trifoglio, **non hanno risposto soddisfacentemente** alla coltivazione a strisce mentre in quello di **Malavolta** entrambe le specie da reddito **non hanno mostrato differenze** tra strip e pure
- La coltivazione a strisce ha consentito in entrambe le aziende una **restituzione di biomassa secca** (residui colturali + infestanti) al terreno pari se non superiore a quella della coltivazione in purezza

Valutazione ambientale

- Gli indici satellitari e i rilievi di copertura **evidenziano migliore protezione del suolo** e potenziale riduzione dei fenomeni erosivi
- **Carbon input** mediamente **più elevato nello Strip**
- Le **emissioni GHG** variano in funzione delle pratiche: ridotte da Rosatelli, più elevate da Malavolta

Valutazione economica

- I **costi di produzione sono simili ai sistemi in purezza**; le differenze sono contenute e spesso compensabili con valorizzazioni collaterali
- La contrazione dei **ricavi** è legata alla **minore superficie produttiva** dovuta alle fasce fiorite (7–11%)

Nella **progettazione di sistemi colturali diversificati e ad elevata impronta agro ecologica** andrebbero considerati alcuni **fattori chiave** come **la scelta delle specie da reddito da consociare** e l'inserimento di **infrastrutture ecologiche** e colture da **sovescio intercalari**.

Tali sistemi **non determinano aggravii dei costi**, garantiscono **benefici ambientali** e aprono prospettive di sostenibilità a livello aziendale e territoriale, anche se richiedono un **maggiore impegno gestionale** da parte dell'impresa agricola



Unione Europea / Regione Marche
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2022
FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



Progetto finanziato dal PSR Marche 2014-2022, Sottomisura 16.1 - Sostegno per la costituzione e la gestione dei gruppi operativi del PEI in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura Azione 2 - ID 59666

Grazie per l'attenzione!

Fabrizio Leteo (CREA OF), Monsampolo del Tronto – fabrizio.leteo@crea.gov.it

Ileana Iocola (CREA AA), Roma – ileana.iocola@crea.gov.it

<https://www.arca.bio/ortobiostrip/>

