

DOI: 10.4081/ija.2015.711

## **Standard 4.2c - Biodiversità e biomassa su ritirati dalla produzione**

**Stefano Mocali,<sup>1</sup> Silvia Landi,<sup>1</sup> Arturo Fabiani,<sup>1</sup> Raimondo Piccolo,<sup>1</sup> Alessandro Agnelli,<sup>1</sup>  
Rossella Papini,<sup>1</sup> Andrea Rocchini,<sup>1</sup> Giorgio Moretti,<sup>1</sup> Giada d'Errico,<sup>1</sup> Giuseppe Mazza,<sup>1</sup>  
Marco Fedrizzi,<sup>2</sup> Giulio Sperandio,<sup>2</sup> Mirko Guerrieri,<sup>2</sup> Mauro Pagano,<sup>2</sup> Daniele Puri,<sup>2</sup>  
Angelo Fiore,<sup>3</sup> Francesco Montemurro,<sup>3</sup> Lorenzo Furlan,<sup>4</sup> Francesco Fagotto,<sup>4</sup>  
Francesco Fracasso,<sup>4</sup> Paolo Bazzoffi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CREA-ABP, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Firenze

<sup>2</sup>CREA-ING, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (RM)

<sup>3</sup>CREA-SSC, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Unità di Ricerca per lo Studio dei Sistemi Colturali, Metaponto (MT)

<sup>4</sup>Veneto Agricoltura, Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare, Legnaro (PD), Italia

---

### **Premessa**

Le attività svolte per il monitoraggio degli effetti dello Standard 4.2 nell'ambito del progetto MONACO dal CREA-ABP in collaborazione con il MZUF di Firenze e il CREA-ING, hanno riguardato il monitoraggio della biodiversità in parcelle ritirate dalla produzione (ex-set aside) e sottoposte ad una operazione di sfalcio come previsto dalla misura 4.2 della condizionalità. Tale monitoraggio ha riguardato tutta una serie di organismi appartenenti a diverse scale di grandezza, comprendendo microrganismi (microfauna), microartropodi (mesofauna), artropodi superficiali, erpetofauna (rettili e anfibi) ed uccelli. Inoltre sono stati determinati sia la biomassa vegetale sfalciata che i tempi di lavoro necessari per l'intervento di sfalcio (differenziale di competitività).

Lavoro svolto nell'ambito del Progetto MO.NA.CO. (Rete di monitoraggio nazionale dell'efficacia ambientale della condizionalità e del differenziale di competitività da essa indotto a carico delle imprese agricole) finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MiPAAF) nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale nel contesto dell'Azione 1.2.2 "Laboratori interregionali per lo sviluppo" del Programma Operativo denominato "Rete Rurale Nazionale 2007-2013". Coord. Paolo Bazzoffi.

Data la mole di lavoro eseguita e l'ingente quantità di dati rilevati, sono state predisposte due relazioni separate:

- 1) Nella prima (questa) sono riportati i risultati relativi al monitoraggio della biodiversità microbica del suolo (sia genetica che funzionale) e della mesofauna, oltre alla stima della biomassa vegetale rimossa e del differenziale di competitività calcolato per le operazioni di sfalcio.
- 2) La seconda riguarda le attività condotte dal MZUF relative al monitoraggio della macrofauna, ovvero: microartropodi di superficie, erpetofauna e uccelli.

Pertanto, i dati delle attività condotte dal gruppo del MZUF (Resp. Dott.ssa Claudia Corti) non sono riportati in questa relazione e s'invita a fare riferimento alla specifica relazione.

---

## **Introduzione**

Con il reg. CE 1782/03 di riforma della PAC, è stato introdotto il principio della Condizionalità che rappresenta, nell'Unione Europea, l'insieme degli impegni che gli agricoltori devono rispettare per l'accesso al regime di pagamento unico che, quindi, non è più in funzione della tipologia o della quantità di prodotto ottenuto ma del rispetto da parte dell'operatore agricolo di una serie di "atti" e "norme" definiti, rispettivamente, Criteri di Gestione Obbligatorie (CGO) e Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA) (aggiornati dagli allegati II e III del regolamento CE 73/09). Il termine "condizionalità" deriva proprio dal fatto che il pagamento dell'aiuto è condizionato dal rispetto degli impegni. Tra le principali sfide ambientali affrontate dalla PAC, la tutela della biodiversità delle aree coltivate rappresenta uno degli aspetti più importanti, soprattutto per quanto riguarda la conservazione e la sostenibilità del suolo. Non è un caso, infatti, che nella nuova PAC vi sia una particolare attenzione alla protezione delle risorse naturali e che il cosiddetto processo di "greening" costituirà un'azione obbligatoria nella PAC 2014-2020.

Nell'ambito dell'Obiettivo 4 "Misure per il mantenimento dei terreni e degli habitat", all'interno della norma 4.2 - "Gestione delle superfici ritirate dalla produzione", che intende assicurare che i terreni ritirati dalla produzione (ovvero ex set-aside e terreni disattivati) non vengano abbandonati, si richiede di prevenire la formazione di incendi ma anche di conservare il

potenziale produttivo, la fertilità del terreno e la biodiversità della fauna selvatica. Tuttavia, non si fa menzione di altri organismi che potrebbero essere influenzati dall'applicazione della misura.

Lo scopo principale del lavoro è stato, quindi, quello di utilizzare più bioindicatori per ottenere valutazioni quantitative sull'efficacia della misura considerata nei confronti del mantenimento della biodiversità del suolo a diverse scale di grandezza, comprendendo microrganismi (microfauna), microartropodi (mesofauna) e artropodi superficiali, ed è quindi finalizzato a fornire indicazioni di gestione agronomica che tengano conto di esigenze ecologiche di scale diverse.

La valutazione della biodiversità microbica è uno degli aspetti tecnicamente più complicati da misurare, in quanto si tratta di organismi non visibili ad occhio nudo e per questo difficili da osservare e classificare e, di conseguenza, troppo spesso dimenticati. E' importante invece ricordare quanto essi siano fondamentali per i processi biogeochimici del suolo e per i suoi equilibri, garantendone la qualità, la fertilità e la sostenibilità nel tempo. Grazie alle moderne tecniche di analisi molecolare, è diventato possibile studiare la biodiversità microbica sulla base delle caratteristiche del DNA estratto direttamente dal suolo. In questo lavoro a queste tecniche molecolari sono state affiancate alcuni indicatori biologici di qualità del suolo tradizionali, quali respirazione e biomassa microbica del suolo, consentendo di ottenere preziose informazioni sul livello della diversità biologica sia a livello genetico che funzionale.

Anche la fauna del suolo rappresenta un fattore chiave nei processi del suolo, garantendo gli equilibri di questo comparto ambientale e la sua fertilità, ed è un importante indicatore della sua qualità (Ferrazzi *et al.*, 2002). La fauna edafica, infatti, risente sensibilmente delle alterazioni del suolo e può reagire in diversi modi ai cambiamenti sfavorevoli con massicce alterazioni nella composizione delle comunità, fino alla scomparsa delle specie più sensibili. Sembra ormai consolidato che più specie sono presenti in un dato ecosistema, maggiore è la sua stabilità (Jacomini *et al.*, 2000). Un indice molto semplice ma allo stesso tempo efficace nel valutare lo stato di qualità biologica del suolo è il cosiddetto QBS-ar che si basa sul concetto che la qualità del terreno è tanto superiore quanto maggiore è il numero dei gruppi di microartropodi ben adattati agli ambienti edafici (Parisi *et al.*, 2005). Il QBS, infatti, separa i microartropodi in base all'indice eco-morfologico (EMI) con l'intenzione di valutare il loro livello di adattamento alla vita dell'ambiente suolo e di superare le difficoltà di riconoscimento tassonomico degli artropodi fino al livello di specie (Parisi, 1974). In base al QBS-ar sono stati distinti e comparati suoli sottoposti a diversa gestione agronomica e forestale (Parisi *et al.*, 2005; Talarico *et al.*, 2006; Ferrazzi *et al.*, 2007; Menta *et al.*, 2008; Maggini *et al.*, 2007). Nei suoli forestali si sono

ritrovati valori di QBS-ar superiori a 120 e talvolta anche a 200; nei prati e pascoli compresi tra 100 e 150, nelle colture in genere sono risultati inferiori a 100 e nei suoli degradati o pionieri inferiori a 50.

Per la realizzazione di questo monitoraggio, sono state scelte tre aziende situate al nord, al centro e al sud d'Italia, in modo da tener conto anche delle diverse realtà pedoclimatiche del nostro paese. Si tratta dell' Azienda "Vallevecchia" di Veneto Agricoltura (Caorle, VE), Azienda sperimentale del CREA-ABP a Fagna (Scarperia, FI) e l' Azienda Agricola Sperimentale "Pantanello" del CREA-SSC a Metaponto (MT). All'interno di ciascuna azienda sono state predisposte e confrontate le seguenti parcelle: fattuale (sfalcio), controfattuale (non-sfalcio) e controllo (coltura intensiva), come di seguito descritto.

---

## Materiali e metodi

### Le aree di monitoraggio

Per le indagini relative allo standard 4.2c sono state selezionate tre aziende agricole situate rispettivamente al nord, al centro e al sud della penisola (Figura 1), in cui sono stati individuati appezzamenti mantenuti a set-aside a partire dal 2008 dopo esser stati precedentemente utilizzati per colture cerealicole convenzionali con differenti rotazioni:

1. Azienda "Vallevecchia" di Veneto Agricoltura a Caorle (VE) (45°37'51.21"N-12°58'10.29"E)
2. Azienda sperimentale del CREA-ABP a Fagna (Scarperia, FI) (43°58'53.28"N-11°21'01.15"E)
3. Azienda sperimentale "Pantanello" del CREA-SSC a Metaponto (MT) (40°23'12.13"N-16°47'40.08"E).



**Figura 1.** Collocazione delle tre aziende selezionate per il monitoraggio.

All'interno di ciascun'azienda sono state individuate tre parcelle su cui effettuare le indagini sulla biodiversità:

- 1) **Fattuale 1:** appezzamento ritirato dalla produzione su cui viene realizzato lo sfalcio a maggio (periodo non consentito), indicato successivamente con la sigla **F1**;
- 2) **Fattuale 2:** ritirato dalla produzione su cui viene realizzato lo sfalcio a luglio (periodo consentito), indicato successivamente con la sigla **F2**;
- 2) **Controfattuale:** ritirato dalla produzione su cui non viene realizzato lo sfalcio, indicato successivamente con la sigla **CF**;
- 3) **Controllo:** appezzamento sottoposto a coltura intensiva, indicato successivamente con la sigla **CTRL**.

Per permettere la rilevazione della biodiversità sia prima che dopo l'azione di sfalcio, le attività di campionamento del suolo sono state ripetute in due periodi dell'anno: nella stagione primaverile, corrispondente alla fase antecedente al trattamento e in quella tardo-estiva/autunnale, ovvero successiva al trattamento; lo sfalcio è stato sempre effettuato indicativamente nella seconda metà di luglio (2012 e 2013) nelle tre aziende.

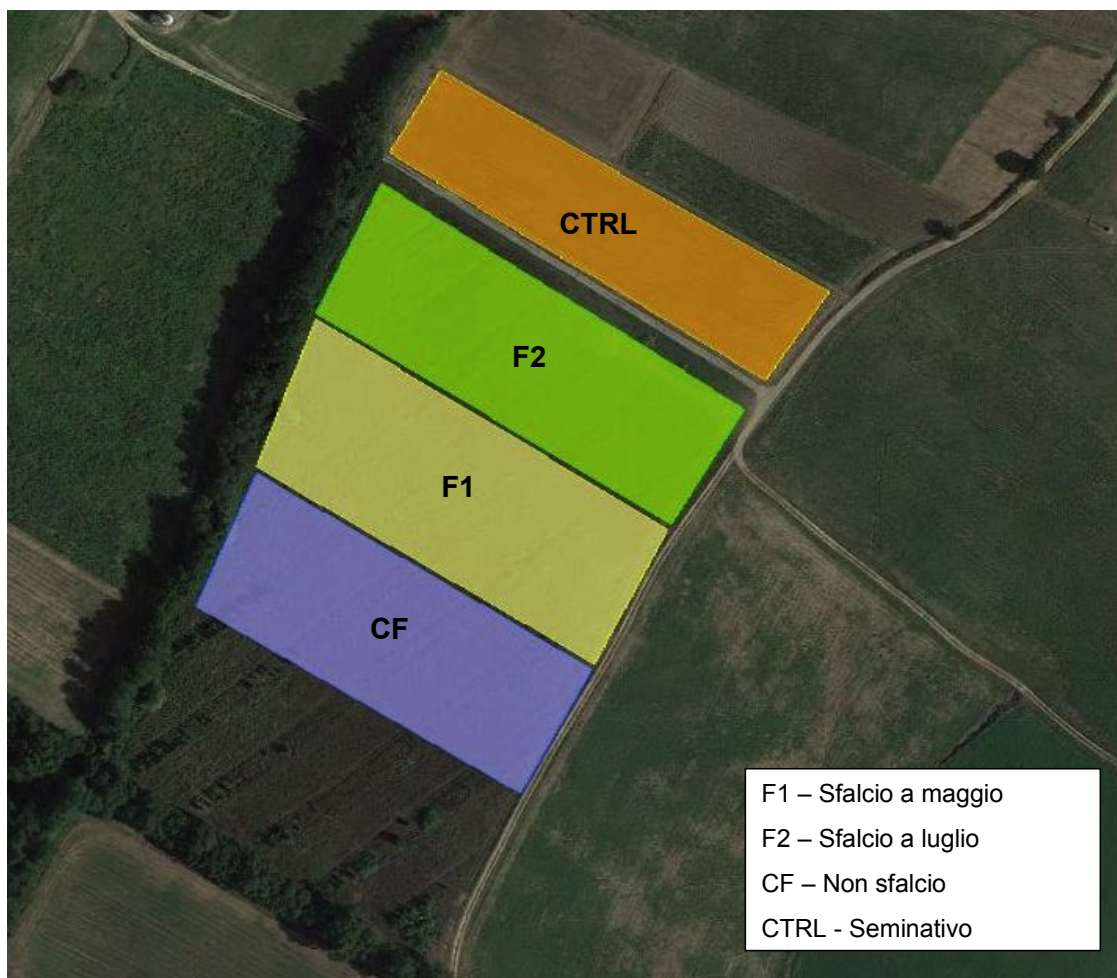
### **Descrizione delle aree di monitoraggio**

- 1) Azienda agricola “Valle Vecchia” di Veneto Agricoltura a Caorle (VE; 45°37'51.21”N-12°58'10.29”E) si trova in una zona lagunare a 1 m s.l.m. e presenta un suolo classificato, in accordo con la tessitura, come franco-limoso. La rotazione tradizionale in uso era basata sull’alternanza di mais e sorgo. E’ situata sul tratto della costa veneta compresa tra Caorle e Bibbione, in provincia di Venezia, in un’area che, a partire dagli anni’60 dello scorso secolo, ha subito imponenti azioni di bonifica che hanno portato alla creazione dell’isola di Valle Vecchia (Figura 2). L’isola, che ha un’estensione di circa 700 ettari (perlopiù compresi all’interno di aree della Rete Natura 2000: il SIC Laguna di Caorle - foce del Tagliamento (IT3250033) e la ZPS Valle Vecchia - Zumelle - Valli di Bibione (IT3250041)) è caratterizzata da suoli di tipo sabbioso-limoso, alternati ad argille di fondale lagunare nelle zone più basse; presso le arginature perimetrali, si riscontrano infiltrazioni di acque salate che determinano lo sviluppo di vegetazione erbacea di tipo alofilo.



**Figura 2.** Azienda di Vallevecchia di Veneto Agricoltura a Caorle (VE). In alto: localizzazione delle parcelle sottoposte a sfalcio a maggio (F1), sfalcio a luglio (F2), non sfalciate (CF) e il controllo a seminativo (CTRL). In basso la parcella controfattuale CF (sinistra) e quella a seminativo (destra).

2) Nell'Italia centrale il sito sperimentale è situato nell'azienda del Centro Sperimentale di Fagna del CREA-ABP (Figura 3) presso Scarperia (FI; 43°58'53.28"N-11°21'01.15"E), su un terreno collinare (253 m s.l.m.) con tessitura argillosa; la rotazione in uso è quinquennale (un anno di frumento o orzo e 4 di erba medica).

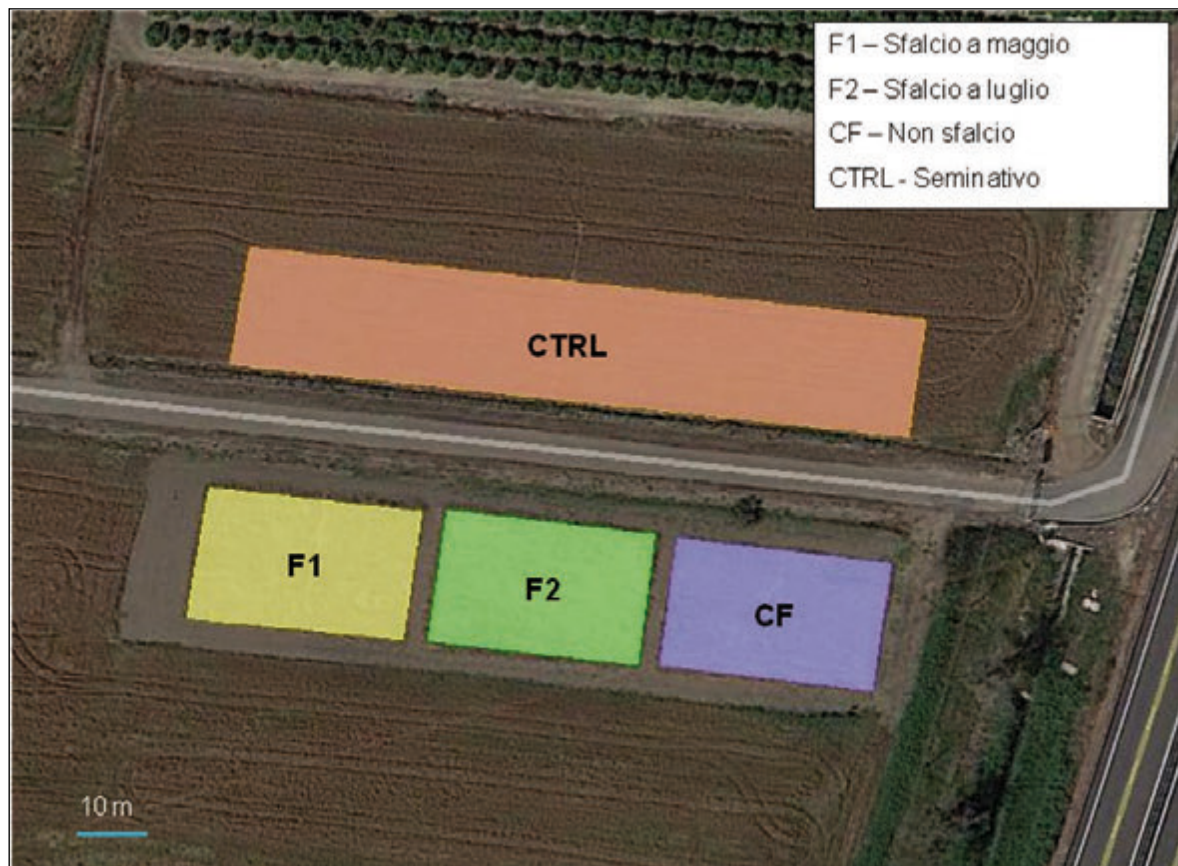


**Figura 3.** Azienda di Fagna del CRA-ABP presso Scarperia (FI). Localizzazione delle parcelle sottoposte a sfalcio a maggio (F1), sfalcio a luglio (F2), non sfalciate (CF) e il controllo a



seminativo (CTRL). In basso la parcella controfattuale CF (sinistra) e quella a seminativo (destra).

3) Nel sud Italia il sito sperimentale è situato presso l'azienda "Pantanello" del CREA-SSC (Figura 4) a Metaponto (MT; 40°23'12.13"N-16°47'40.08"E), situato in pianura (4 m s.l.m.) e con una tessitura del suolo classificata come argilloso-limoso; la rotazione in uso nel seminativo era quadriennale e consisteva di tre anni di frumento duro e uno di maggese.



**Figura 4.** Azienda Pantanello del CRA-SSC presso Metaponto (MT). Localizzazione delle parcelle sottoposte a sfalcio a maggio (F1), sfalcio a luglio (F2), non sfalciate (CF) e il controllo a seminativo (CTRL). In basso la parcella F1 e F2 prima dello sfalcio (sinistra) e quella a seminativo (destra).

Le principali caratteristiche chimico-fisiche dei suoli delle aziende selezionate per il monitoraggio sono riportate, parcella per parcella, nella Tabella 1.

Tabella 1. Principali caratteristiche chimico-fisiche dei suoli utilizzati per il monitoraggio.

		SABBIA	LIMO	ARGIL.	pH	C org %	N tot %	C/N
METAPONTO	Fattuale-Sfalcio Mag.	12,3	41,3	46,3	8,5	1,4	0,14	8,1
	Fattuale-Sfalcio Lug.	14,3	40,7	45,0	8,4	1,2	0,14	8,6
	Controfattuale	12,3	42,3	45,3	8,5	0,97	0,12	8,1
	Controllo	12,3	41,2	46,3	8,9	0,82	0,13	6,3
FAGNA	Fattuale-Sfalcio Mag.	14,0	34,7	51,3	8,3	0,86	0,12	7,2
	Fattuale-Sfalcio Lug.	15,3	38,0	46,7	8,4	0,83	0,12	6,9
	Controfattuale	16	29,3	54,7	8,4	0,83	0,12	6,9
	Controllo	14	34,3	51,7	8,5	0,68	0,11	6,2
CAORLE	Fattuale-Sfalcio Mag.	18,3	64,0	17,7	8,2	0,61	0,06	10,2
	Fattuale-Sfalcio Lug.	21	62,7	16,3	8,5	0,90	0,09	10
	Controfattuale	20,3	63,0	16,7	8,6	0,77	0,07	11
	Controllo	18,3	64,0	17,7	8,3	0,73	0,07	10,4

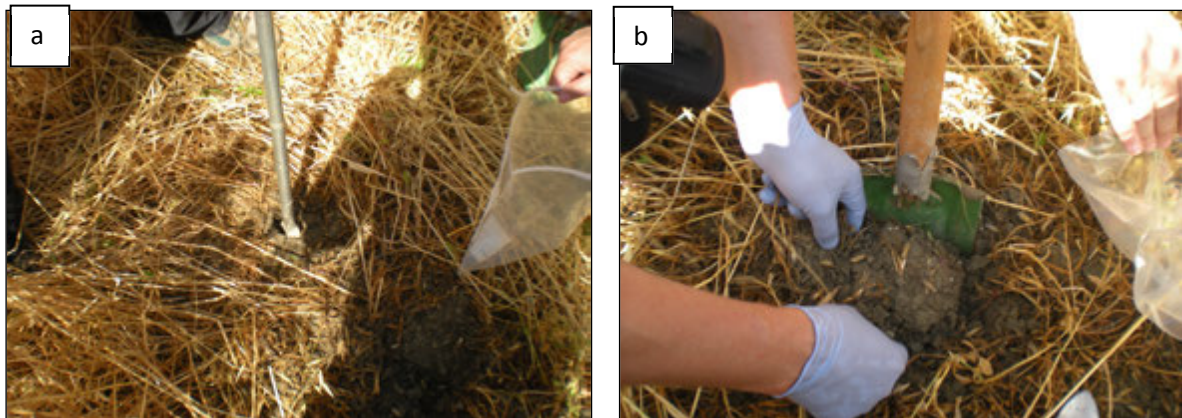
Lo stesso disegno sperimentale è stato messo a punto in ciascun sito. L'area totale delle parcelle era di circa 2 ha (0.5 ha per parcella), ad eccezione di Metaponto di dimensioni assai minori, con una fascia ecotonale su almeno un lato. I campioni di suolo sono stati raccolti separatamente a maggio e settembre del 2012 e del 2013 in tre punti spaziali diversi per ciascuna parcella: a circa 20 m, 40 m e 60 m dalla fascia ecotonale.

## Metodi di campionamento e di analisi

### Campionamento del suolo

Il campionamento è stato effettuato in maniera differenziata a seconda del gruppo di organismi da analizzare. In particolare: i) per i microrganismi è stato prelevato un campione di circa 0,5 kg di suolo a una profondità di 0-20cm mediante l'utilizzo di una trivella manuale (Figura 5a), posto in un sacchetto di plastica sterile e conservato a 4°C fino all'arrivo in laboratorio. Per ciascun campione di suolo è stato quindi allestito un sottocampione di circa 50g destinato alle

analisi molecolari e conservato a  $-20^{\circ}\text{C}$ ; il resto è stato fatto essiccare all'aria e vagliato a 2mm prima di essere sottoposto alle analisi biochimiche; ii) al fine di determinare la biodiversità della mesofauna è stato prelevato un campione di suolo a forma di cubo di 10 cm di lato, mediante l'ausilio di una vanga (Figura 5b). Ogni campione è stato posto in un sacchetto di plastica e conservato a  $4^{\circ}\text{C}$  fino all'arrivo in laboratorio;



**Figura 5.** Campionamento di suolo per analisi della diversità microbica (a) e della mesofauna (b).

#### **Analisi della fertilità biologica del suolo**

Per lo studio della biodiversità di organismi invisibili a occhio nudo e, in particolare, per quelli che vivono nel suolo, è fondamentale analizzare sia la diversità genetica (“chi c’è”) che quella funzionale (“cosa fa”) che concorrono a determinare la cosiddetta "fertilità biologica" di un suolo. Pertanto il monitoraggio della biodiversità del suolo a scala microbica è stato condotto sia attraverso tecniche molecolari come la Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE), attraverso l'analisi del DNA batterico, che biochimiche, mediante la determinazione della respirazione e della biomassa microbica del suolo.

L'analisi molecolare DGGE è stata condotta sui geni 16S rRNA come già riportato in lavori precedenti (Castaldini *et al.*, 2005), previa estrazione degli acidi nucleici (DNA) mediante il Fast DNA SPIN kit for soil (MP Biomedicals, OH, USA). In particolare è stata analizzata la regione V6-V8 di tali geni mediante PCR secondo la procedura descritta da Felske *et al.* (1998). L'analisi DGGE è stata condotta su un gel di polyacrylamide 6% (acrylamide/bis ratio, 37.5:1), in condizioni denaturanti (urea, 7 M; 40% formamide con gradiente denaturante da 42% a 58%), attraverso l'utilizzo del sistema INGENYphorU-2 (Ingeny, Netherlands). Dall'analisi dei pattern DGGE ottenuti mediante il software GelCompare II è possibile, quindi, calcolare il valore dell'indice di diversità di Shannon ( $H'$ ). Le prove respirometriche sono state condotte secondo il

metodo “statico” (Isermeyer, 1952), che consiste nella determinazione della CO<sub>2</sub> svolta dal terreno durante l’incubazione a 30°C in un sistema chiuso dopo 1, 2, 4, 7, 10, 14, 17, 21 e 28 giorni. Per ciascun terreno tal quale sono state determinate sia la respirazione basale (C<sub>bas</sub>) che quella cumulativa (C<sub>cum</sub>) ed espresse come carbonio potenzialmente mineralizzabile (mg CO<sub>2</sub>/Kg di suolo). La biomassa microbica (C<sub>mic</sub>) è stata determinata secondo il metodo di Vance *et al.* (1987). Da questi sono stati *determinati anche il coefficiente metabolico (qCO<sub>2</sub>) e quello di mineralizzazione (qM) (Bloem et al., 2005).*

### **Analisi della comunità dei microartropodi**

Per l’estrazione dei microartropodi sono stati utilizzati i selettori Berlese-Tullgren (Figura 6) ed il materiale raccolto è stato analizzato allo stereomicroscopio. La determinazione tassonomica degli artropodi si è limitata all’identificazione dei taxa fino al livello di ordine. La comunità dei microartropodi è stata caratterizzata mediante: (1) l’abbondanza degli individui a mq; (2) la ricchezza di taxa; (3) l’indice di diversità di Shannon-Weiner (H) ( $\sum p_i \log_2(p_i)$  dove  $p_i$  rappresenta l’abbondanza relativa di un dato taxa), (4) l’indice di Simpson (D) ( $\sum_{i=1}^S ni(ni-1)/N(N-1)$ , dove  $S$  è il numero di taxa,  $N$  è il numero totale di organismi,  $ni$  è il numero di organismi di un taxa); (5) l’indice di ricchezza specifica di Margalef; (6) rapporto acari/collemboli (Bachelier, 1986); (7) QBS-ar come riportato da Parisi *et al.* (2005).



**Figura 6.** Estrazione della mesofauna tellurica attraverso i selettori Berlese-Tullgren.

### **Analisi statistica**

Le eventuali differenze significative tra le varie gestioni di suolo e la comunità dei batteri e dei microartropodi sono state evidenziate mediante l'analisi della varianza (ANOVA) a una via mediante il software PAST (v.2.17c) (Hammer *et al.*, 2001). In caso di significatività, all'ANOVA ha fatto seguito il test di Duncan per  $P < 0.05$ . L'analisi delle componenti principali (PCA) è stata effettuata utilizzando una serie di parametri (variabili) che descrivono le caratteristiche biologiche dei suoli, tenendo conto degli indicatori di biodiversità (indice di Shannon per artropodi, coleotteri e batteri, il numero di specie batteriche (*richness*)), degli indicatori di qualità biologica del suolo (il rapporto A/C tra acari e collemboli, l'indice QBS-ar (Parisi *et al.*, 2005)) e anche di indicatori di attività biologica del suolo ( $C_{bas}$ ,  $C_{cum}$ ,  $C_{mic}$ ,  $qCO_2$ ,  $qM$ ).

La significatività delle differenze tra i livelli di biodiversità dei microartropodi nelle parcelle sottoposte a varie gestioni di suolo o alla stagionalità è stata determinata anche mediante l'analisi della varianza (ANOVA) a due vie. Anche in questo caso, in caso di significatività, l'ANOVA è stata seguita dal test di Duncan per  $P < 0.05$ . Le comunità sono state, inoltre, comparate usando un metodo multivariato nel programma PAST: analisi della similarità

(ANOSIM - una via), analisi multidimensional scaling (MDS) e percentuale di similarità (SIMPER), basate tutte sull'indice di similarità di Bray-Curtis (Clark, 1993).

### **Differenziale economico di competitività**

Lo Standard 4.2c mira ad evitare l'abbandono progressivo delle superfici agricole, a prevenire la formazione di potenziali inneschi di incendi, ad evitare la diffusione delle infestanti e a tutelare la fauna selvatica. A tale scopo le superfici sono soggette all'attuazione di un numero di interventi di sfalcio, o altri interventi ammessi, pari ad almeno uno l'anno.

Per valutare il differenziale economico di competitività conseguente agli impegni di questo standard, il costo della lavorazione meccanica è stato calcolato utilizzando i dati provenienti dai rilievi in campo effettuati dalle varie Unità Operative. L'elaborazione delle informazioni acquisite ha permesso la definizione dei tempi di lavoro delle lavorazioni meccaniche, attraverso le indicazioni riportate nella raccomandazione dell'Associazione Italiana di Genio Rurale (A.I.G.R.) IIIa R.1 (Manfredi, 1971), che considera la metodologia ufficiale della *Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture* (C.I.O.S.T.A.). I rilievi effettuati in campo sono stati relativi al tempo effettivo di lavoro (TE) e al tempo accessorio per voltare (TAV), la cui somma rappresenta il tempo netto di lavoro (TN). Oltre ai tempi di lavoro, per la definizione del costo orario e del costo per unità di superficie di ogni lavorazione è stato necessario determinare il costo di esercizio delle macchine motrici e operatrici, tramite una specifica metodologia (Biondi, 1999) e le norme tecniche cui questa fa riferimento (ASAE, 2003a, b). Il dato relativo alla retribuzione dei lavoratori agricoli, utilizzato nella suddetta metodologia, corrisponde alla media dei valori riconosciuti dalla Confederazione Italiana Agricoltori nel contratto collettivo nazionale vigente per la qualifica di operaio specializzato super, livello A, area 1, riferiti alle province dei casi studio monitorati.

---

## Risultati del monitoraggio

I risultati del monitoraggio della biodiversità sono riportati sia per ciascuna scala di organismi considerati (micro e meso), che nel loro insieme attraverso l'analisi multivariata (PCA).

### Monitoraggio della biodiversità microbica

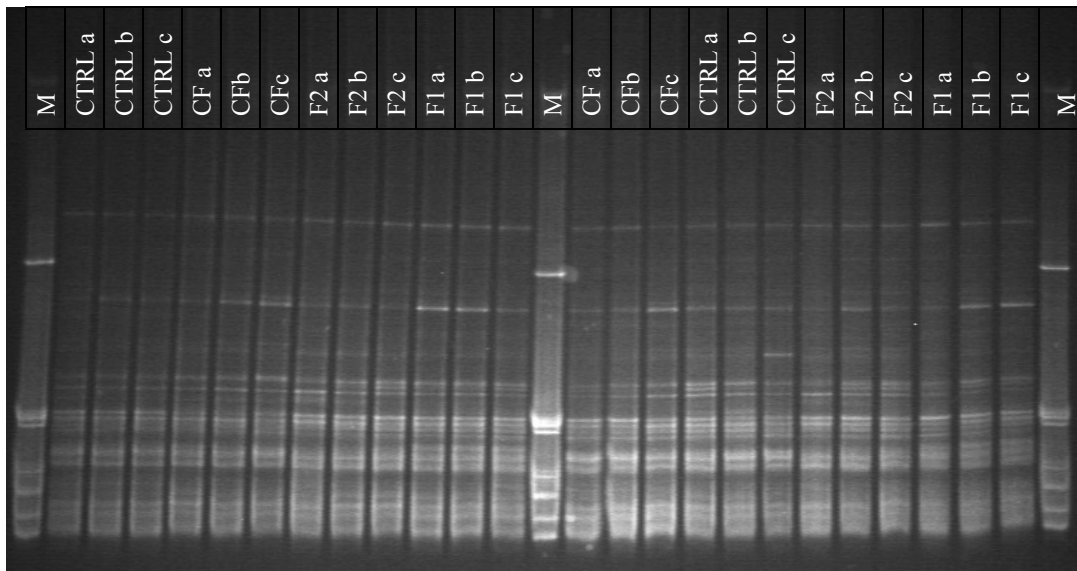
#### Analisi molecolari

I valori di biodiversità microbica (batterica) sono stati espressi attraverso il numero di specie presenti (*richness*) e l'indice di diversità di Shannon ( $H'$ ) calcolato sulla base dei profili DGGE (Figure 7-12). Com'è possibile osservare in Figura 13, le analisi molecolari non hanno evidenziato alcuna riduzione significativa della biodiversità batterica nelle tesi fattuali (F) nel periodo post-sfalcio (autunno) in nessuno dei tre siti nel periodo 2012-2013. Al contrario, le tesi sottoposte a operazioni di sfalcio hanno evidenziato un incremento, seppur lieve, della biodiversità microbica rispetto al controfattuale (CF) soprattutto a Fagna e a Caorle dove l'ANOVA ha evidenziato differenze significative tra F e CF. In particolare a Fagna la diversità microbica delle parcelle sottoposte a sfalcio è aumentata del 13.9% ( $p=0,012$ ) rispetto alle parcelle non sfalciate, mentre a Caorle del 8,4% ( $p=0,038$ ). Anche a Metaponto si rileva un aumento della biodiversità microbica pari al 1,3% in seguito all'applicazione della misura, ma non risulta essere statisticamente significativo. In generale, invece, i valori di biodiversità relativi alle parcelle con colture intensive (CTRL) sono paragonabili a quelli della tesi controfattuali. L'effetto stagionale si manifesta in maniera diversa tra i tre siti ma, in generale, si osserva un decremento della diversità microbica nei suoli delle parcelle non sottoposte a sfalcio (CF e CTRL) dalla primavera (pre-sfalcio) all'autunno (post-sfalcio), anche se a Caorle è meno evidente. Tale effetto è invece trascurabile o addirittura assente nelle tesi fattuali.

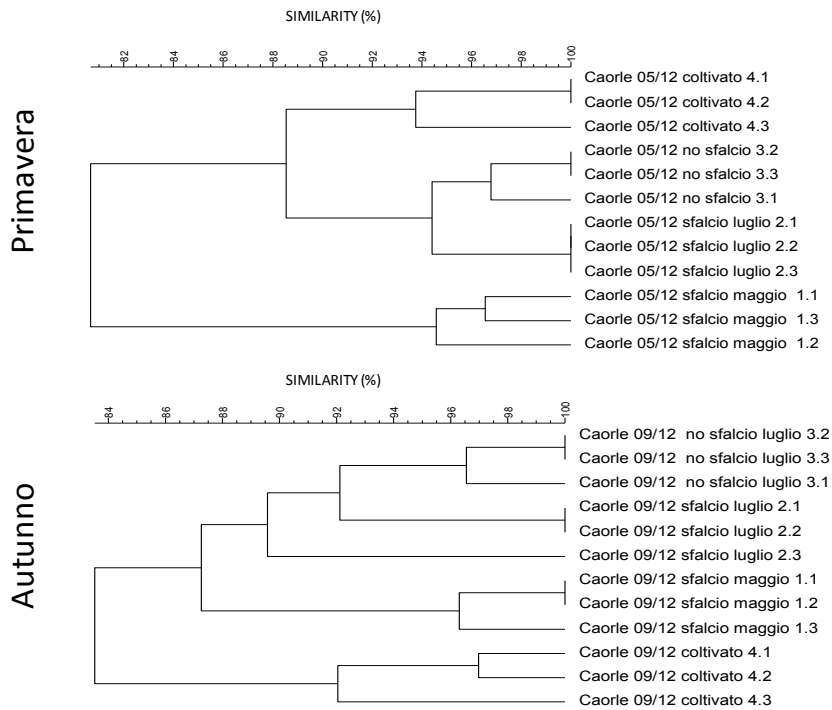
a)

Maggio 2012

Settembre 2012



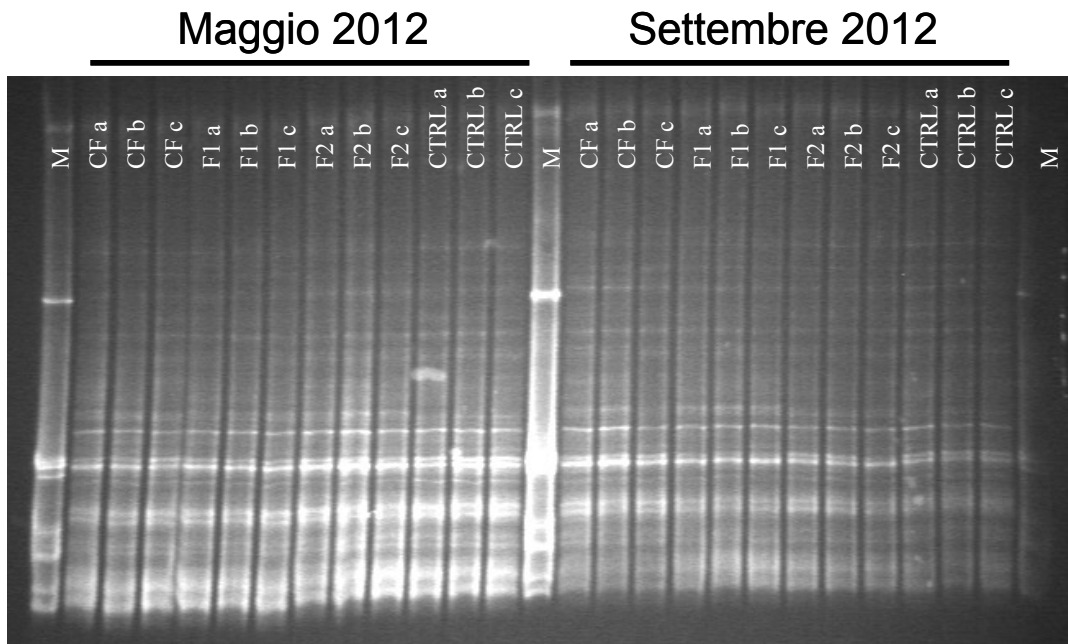
b)



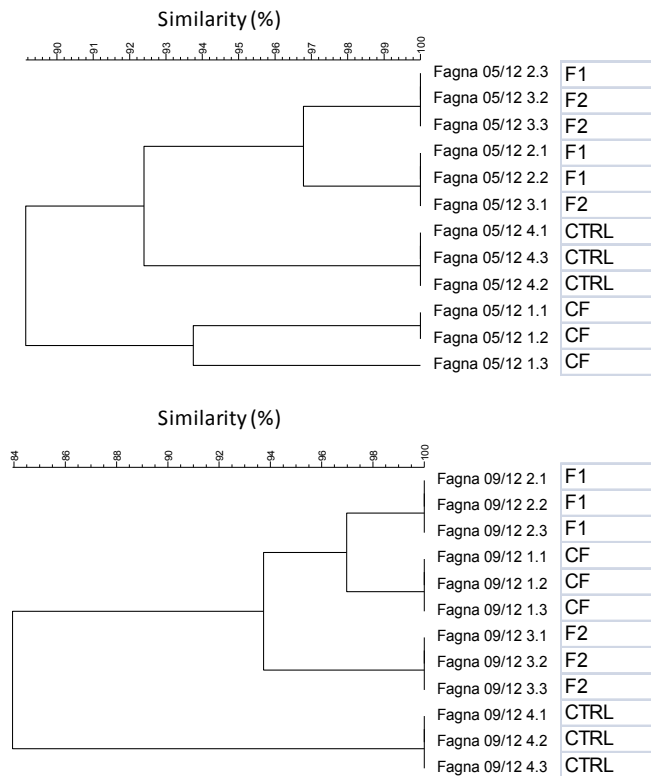
**Figura 7.** In alto, profilo DGGE del gene 16S RNA dei campioni di Caorle monitorati nel 2012 (a). In basso (b) i risultati dell'analisi cluster (UPGMA) dei campioni analizzati in primavera (Maggio) e autunno (Settembre). F1=fattuale1, F2=fattuale2, CF=controfattuale (no sfalcio), CTRL=Controllo (coltivato).



a)



b)

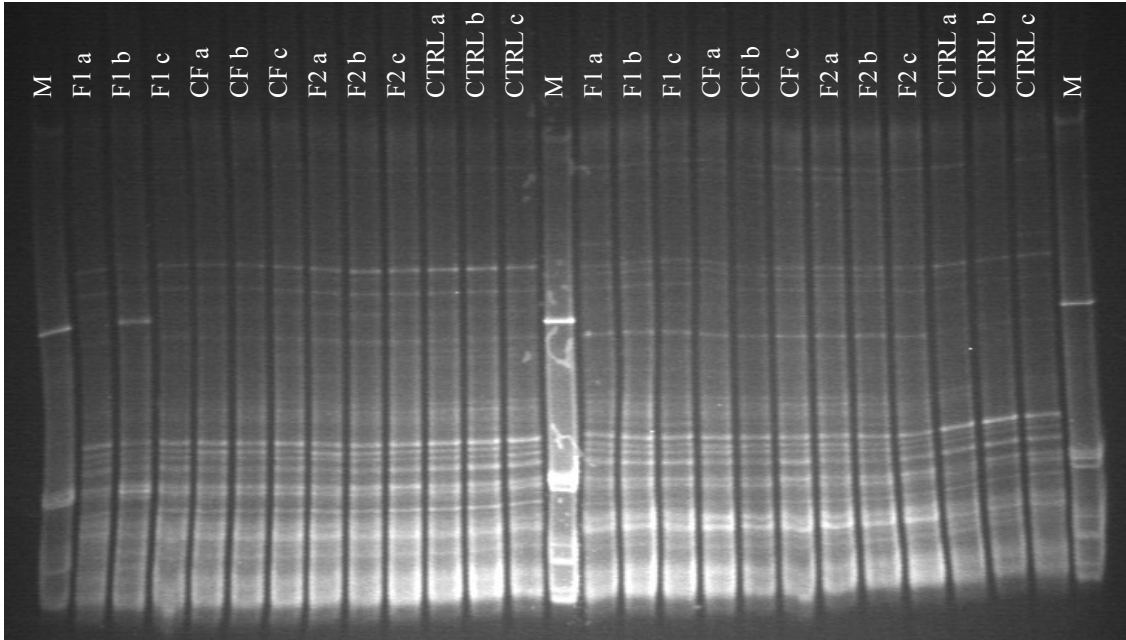


**Figura 8.** In alto profilo DGGE del gene 16S RNA dei campioni di Fagna monitorati nel 2012 (a). In basso (b) i risultati dell'analisi cluster (UPGMA) dei campioni analizzati in primavera (Maggio) e autunno (Settembre). F1=fattuale1, F2=fattuale2, CF=controfattuale (no sfalcio), CTRL=Controllo (coltivato).

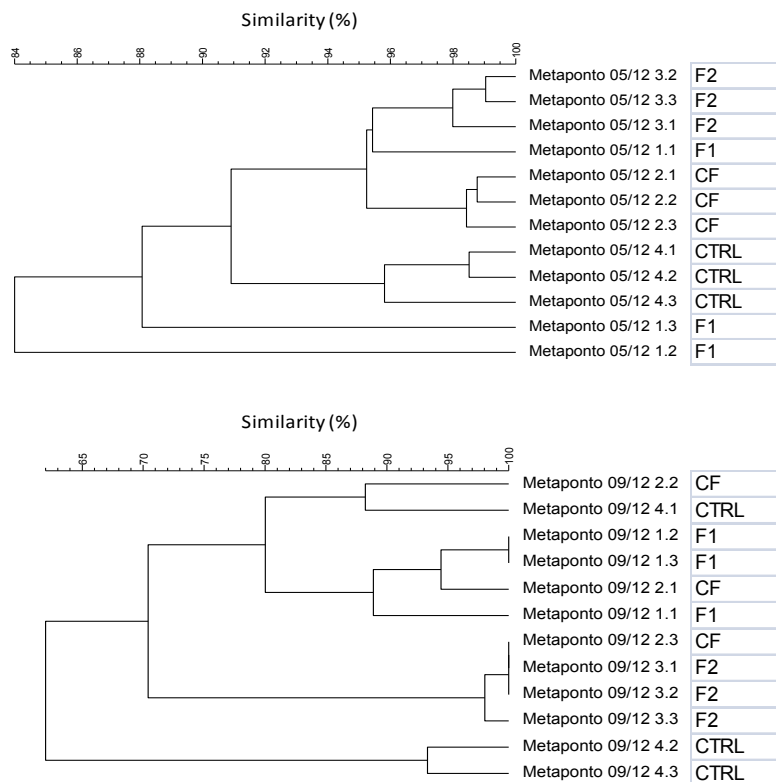
a)

Maggio 2012

Settembre 2012



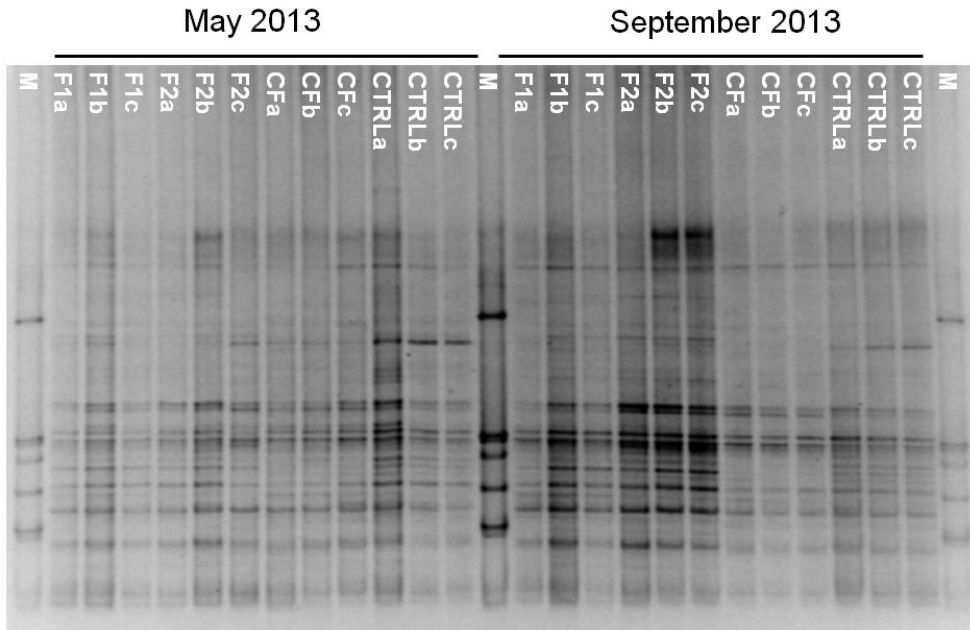
b)



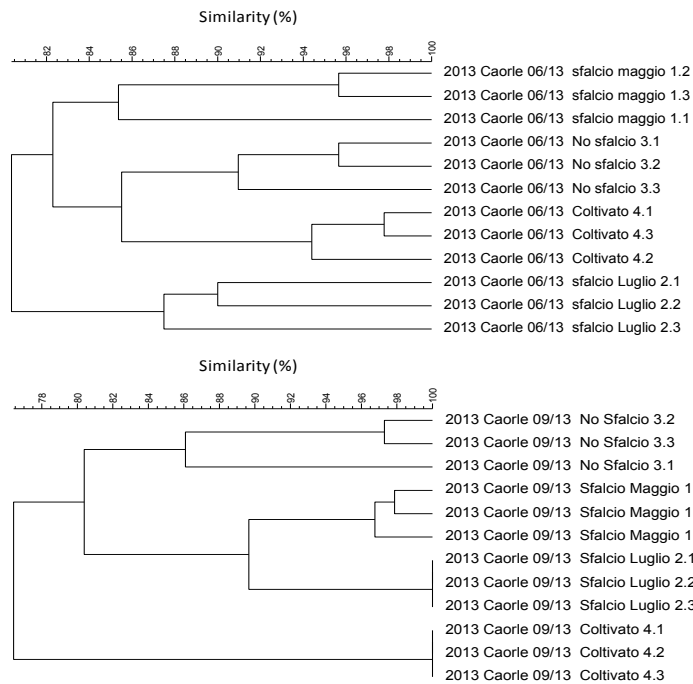
**Figura 9.** In alto profilo DGGE del gene 16S RNA dei campioni di Metaponto monitorati nel 2012 (a). In basso (b) i risultati dell'analisi cluster (UPGMA) dei campioni analizzati in primavera (Maggio) e autunno (Settembre). F1=fattuale1, F2=fattuale2, CF=controfattuale (no sfalcio), CTRL=Controllo (coltivato).

CAORLE 2013

a)

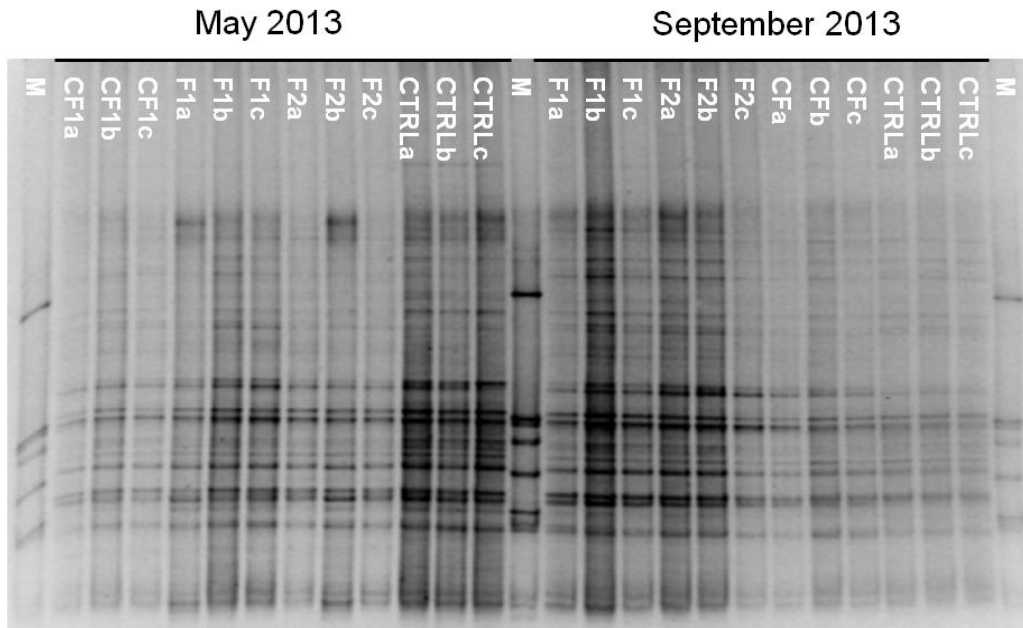


b)

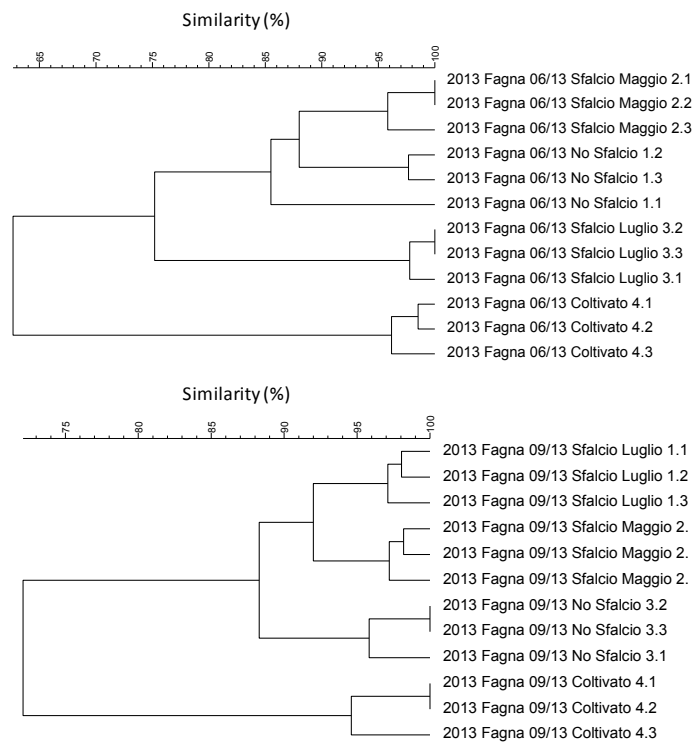


**Figura 10.** In alto profilo DGGE del gene 16S RNA dei campioni di Caorle monitorati nel 2013 (a). In basso (b) i risultati dell'analisi cluster (UPGMA) dei campioni analizzati in primavera (Maggio) e autunno (Settembre).

a)



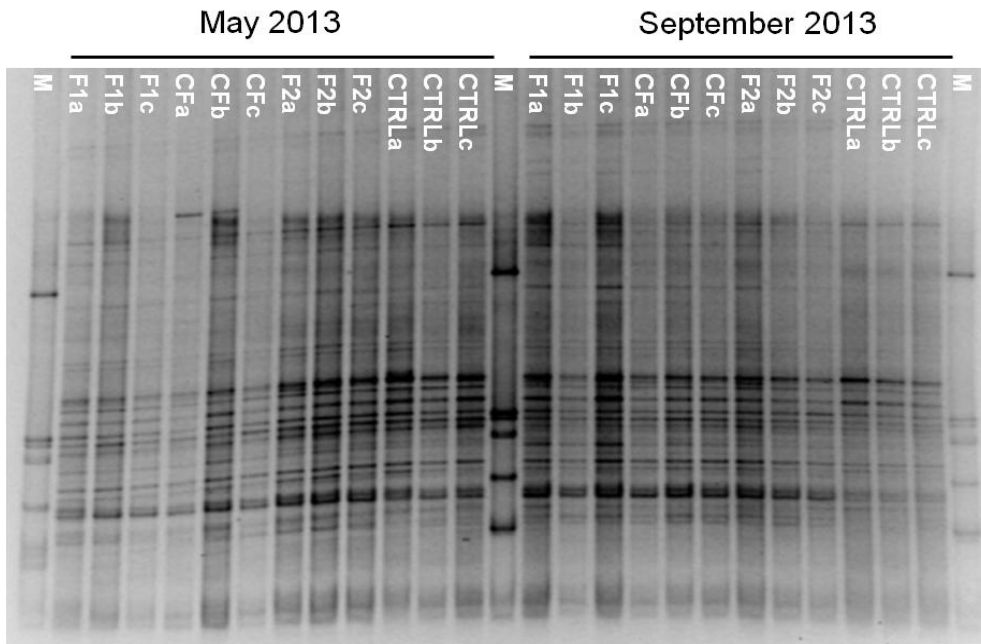
b)



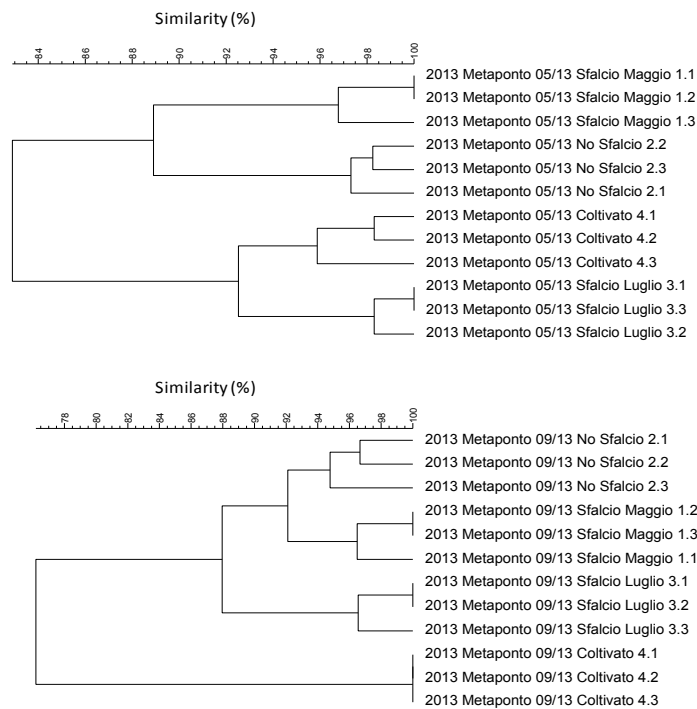
**Figura 11.** In alto profilo DGGE del gene 16S RNA dei campioni di Fagna monitorati nel 2013 (a). In basso (b) i risultati dell'analisi cluster (UPGMA) dei campioni analizzati in primavera (Maggio) e autunno (Settembre).

METAPONTO 2013

a)



b)



**Figura 12.** In alto profilo DGGE del gene 16S RNA dei campioni di Metaponto monitorati nel 2013 (a). In basso (b) i risultati dell'analisi cluster (UPGMA) dei campioni analizzati in primavera (Maggio) e autunno (Settembre).

**Caorle** - All'inizio del monitoraggio, nella primavera 2012 (prima dello sfalcio), i campioni di Caorle presentano una significativa eterogeneità naturale che evidenzia una minor similarità tra i suoli e in particolare tra F1 e gli altri, pari a poco più dell'80% (vedi Figura 7b). In autunno, invece, dopo gli sfalci di maggio e luglio, si osserva che le maggiori differenze si osservano tra CTRL e le altre tesi con cui si rileva una similarità di circa l'84%. I suoli coltivati a set-aside risultano, pertanto più simili tra loro rispetto al controllo convenzionale. Nella primavera 2013 si rileva una minore similarità tra i campioni F2 e quelli delle altre tesi (circa l'80%) mentre in autunno i campioni CTRL appaiono nettamente diversi da quelli gestiti a set-aside e, in particolare, da F1 e F2 che si distinguono da CF clusterizzando separatamente.

Se andiamo ad analizzare l'abbondanza di specie (*richness*) (Figura 13), si vedrà come dal 2012 al 2013 i valori di CTRL e F1 e F2 si siano completamente invertiti, indicando un incremento della biodiversità in seguito all'operazione di sfalcio (indipendentemente dal momento in cui viene effettuata) pari a circa il 21,6%. I valori dell'indice di Shannon confermano il recupero del livello di biodiversità generale dei campioni di suolo gestiti a set-aside rispetto al CTRL.

Pertanto, al termine di due anni di monitoraggio (con 2 rilievi/anno), a Caorle la diversità microbica del suolo è sottoposta a una variabilità di carattere prevalentemente stagionale e gestionale. Le superfici gestite a set-aside presentano, infatti, generalmente valori di diversità microbica maggiori di CTRL. Tuttavia, al termine del periodo di monitoraggio, le tesi sfalciate (F1 e F2) sono quelle che mostrano il maggior livello di biodiversità.

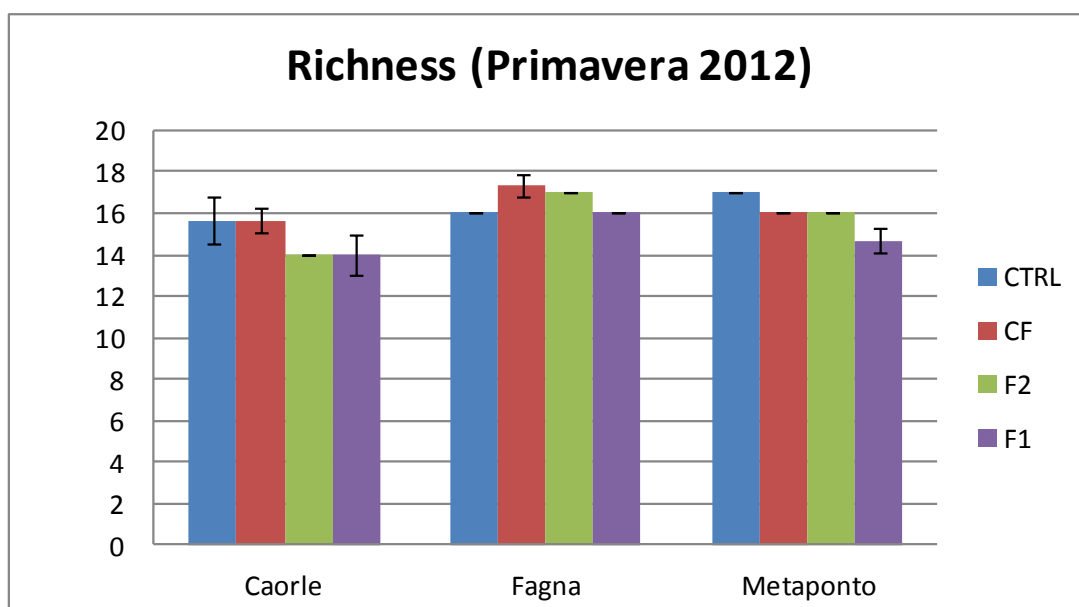
**Fagna** – All'inizio del monitoraggio, nella primavera del 2012, il livello minimo di similarità batterica dei suoli delle 4 tesi considerati era circa il 90%. Questa sta ad indicare una elevata omogeneità microbiologica del campo esaminato. In seguito alle operazioni di sfalcio, in autunno, il livello di similarità decresce nei campioni CTRL, mentre i campioni degli appezzamenti a set-aside mostrano una similarità di circa il 94% (Figura 8b). Appare quindi evidente un effetto dovuto al tipo di gestione. In particolare, il livello di *richness*, ovvero il numero delle specie presenti, è significativamente incrementato nelle tesi F1 e – soprattutto - F2, in seguito alle operazioni di sfalcio (+12,5% di F2 rispetto a CF) (Figura 13). Nella primavera 2013 si osservano valori insolitamente elevati a carico dei campioni CTRL rispetto alla media delle altre tesi (+39,7%). Tuttavia, tali valori decrescono drasticamente in autunno (-27,5%), in particolare rispetto a F1, che evidenzia i valori più elevati tra i suoli gestiti a set-aside. Pertanto, al termine dei due anni di monitoraggio (con 2 rilievi/anno), anche a Fagna la diversità microbica del suolo è sottoposta a una pressione selettiva di carattere prevalentemente stagionale e gestionale. Infatti, al termine del periodo di monitoraggio, anche in questo caso si

rileva una maggior biodiversità microbica nei suoli sottoposti a sfalcio (F1 e F2) rispetto a CF (+11,5%) (Figura 14).

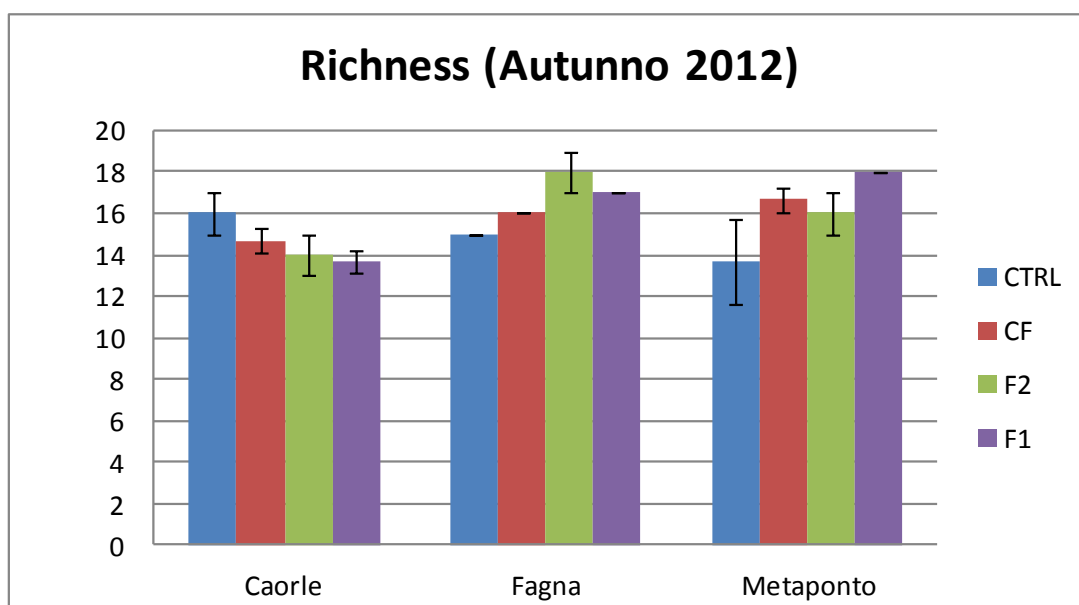
**Metaponto** – Nella primavera del 2012, il livello minimo di similarità batterica dei suoli tra le 4 tesi considerati era circa l'84%. Questo valore sta ad indicare una elevata omogeneità microbiologica tra i campioni esaminati. In seguito alle operazioni di sfalcio, in autunno, il livello di similarità decresce fino ad un valore minimo di 62% tra CTRL e gli altri campioni. In generale, i valori di similarità monitorati sono piuttosto bassi e, ad esempio, F2 clusterizza da solo con un valore di similarità pari a circa 70%.

Nel 2013, in primavera CTRL e F2 clusterizzano separatamente da F1 e CF (similarità dell'83%), mentre in autunno, anche in questo caso, si evidenziano le differenze maggiori: CTRL clusterizza da solo mentre F2 ha valori di similarità con F1 e CF intorno all'88%. I valori di richness rilevati in primavera risultano piuttosto simili tra di loro mentre in autunno il numero di specie presenti nei campioni CTRL è il più basso di tutti (-18,8%), confermando che la gestione a set-aside favorisce maggiormente la conservazione della biodiversità dei suoli. E' anche possibile osservare che, in questo caso, l'operazione dello sfalcio non ha comportato alcun incremento significativo in termini di richness e non si rilevano differenze di rilievo tra i valori di F1, F2 e CF (vedi Figura 4). Tuttavia, i valori dell'indice di Shannon indicano che, a fronte di valori piuttosto disomogenei ad inizio monitoraggio (primavera 2012), i valori di biodiversità delle tesi a set-aside sono aumentati rispetto al convenzionale (Figura 15), soprattutto al termine del secondo anno quando le tesi sottoposte a sfalcio presentano i valori più elevati; in particolare, i suoli F1 presentano valori di biodiversità pari a 12,9% rispetto a CF, indicando che l'intervento agronomico previsto dallo standard 4.2 è stato efficace (Figura 16).

a)



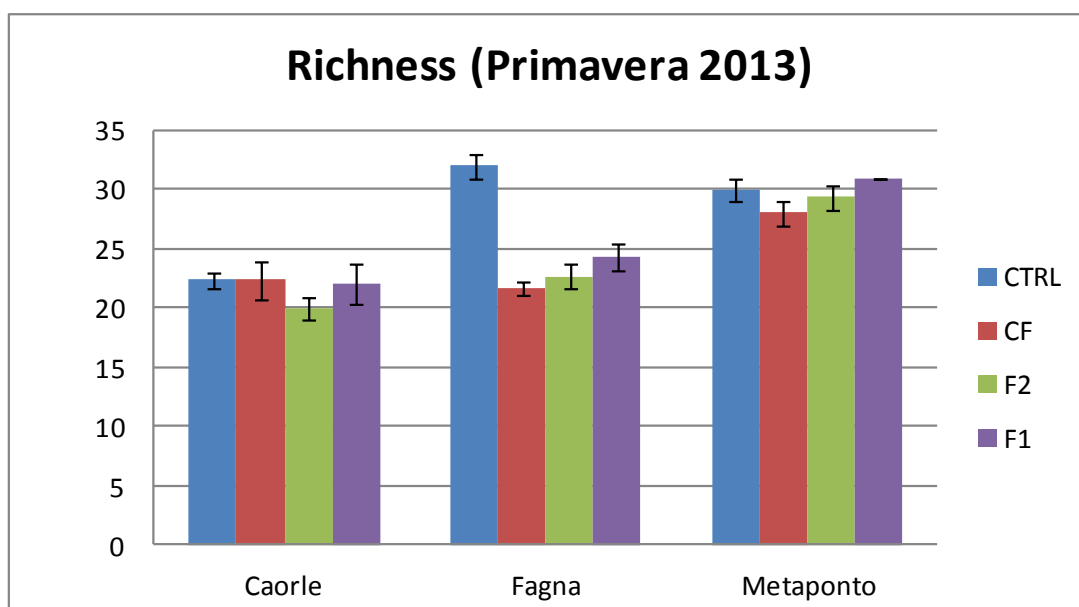
b)



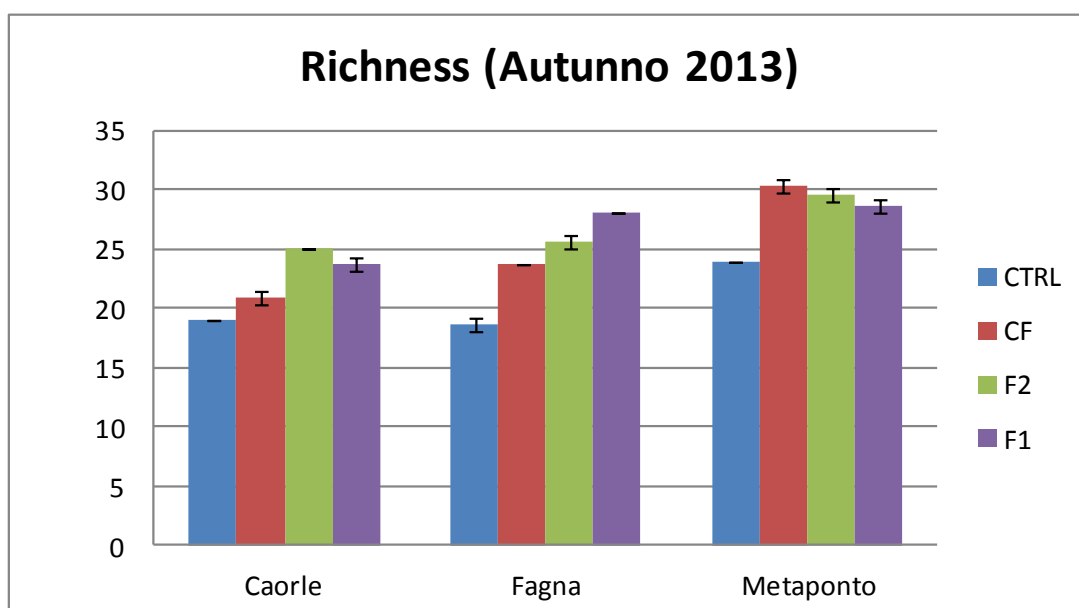
**Figura 13.** Valori di richness batterica dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto rilevati nei periodi pre- e post-sfalcio, ovvero rispettivamente nella primavera (a) e nell'autunno (b) 2012, ottenuti mediante analisi PCR-DGGE. F1, fattuale1; F2, fattuale2; CF, controfattuale; CTRL, Controllo.



a)

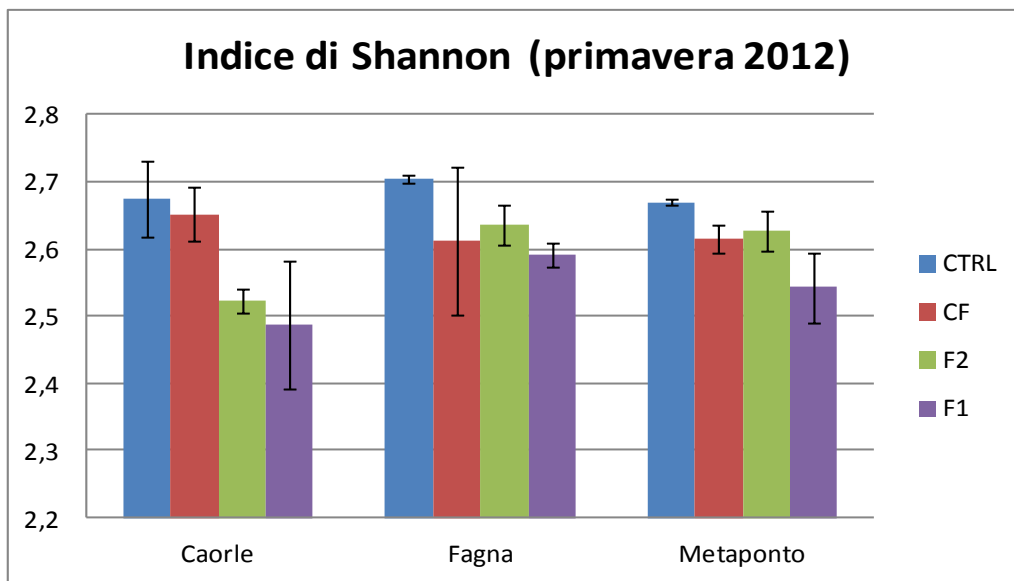


b)

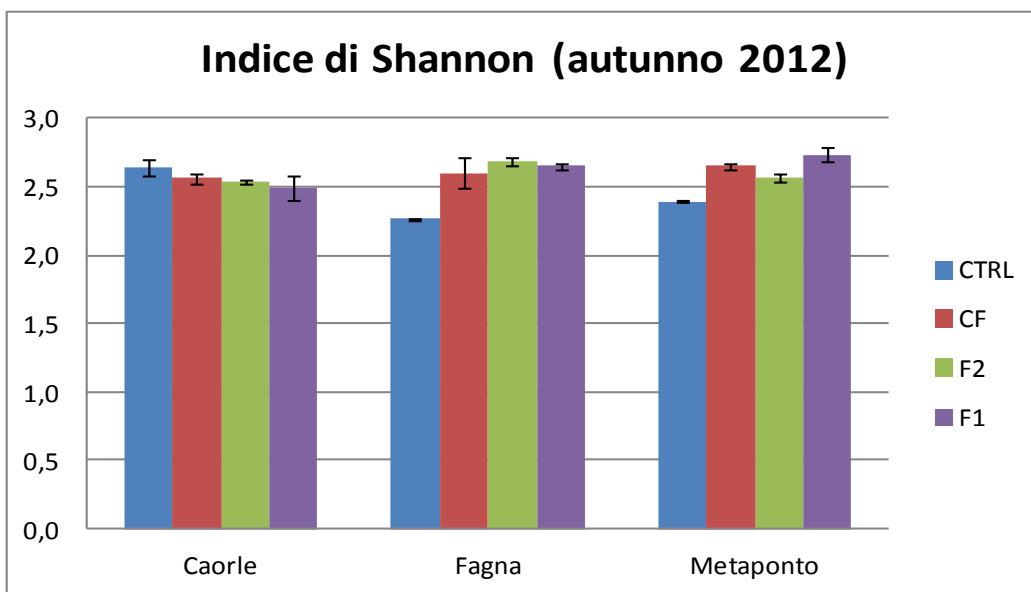


**Figura 14.** Valori di ricchezza batterica dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto rilevati nei periodi pre- e post-sfalcio, ovvero rispettivamente nella primavera (a) e nell'autunno (b) 2013, ottenuti mediante analisi PCR-DGGE. F1, fattuale1; F2, fattuale2; CF, controfattuale; CTRL, Controllo.

a)

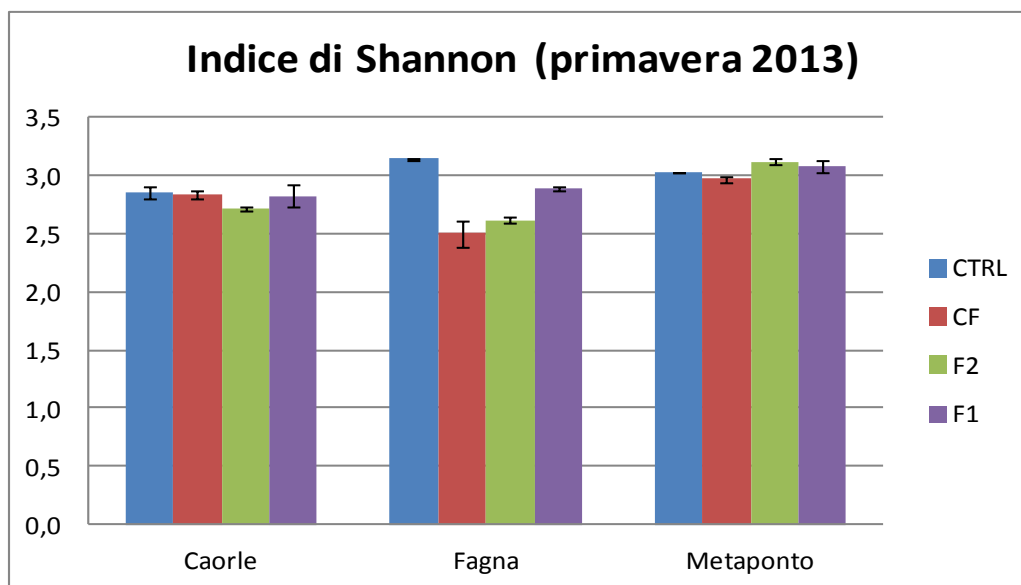


b)

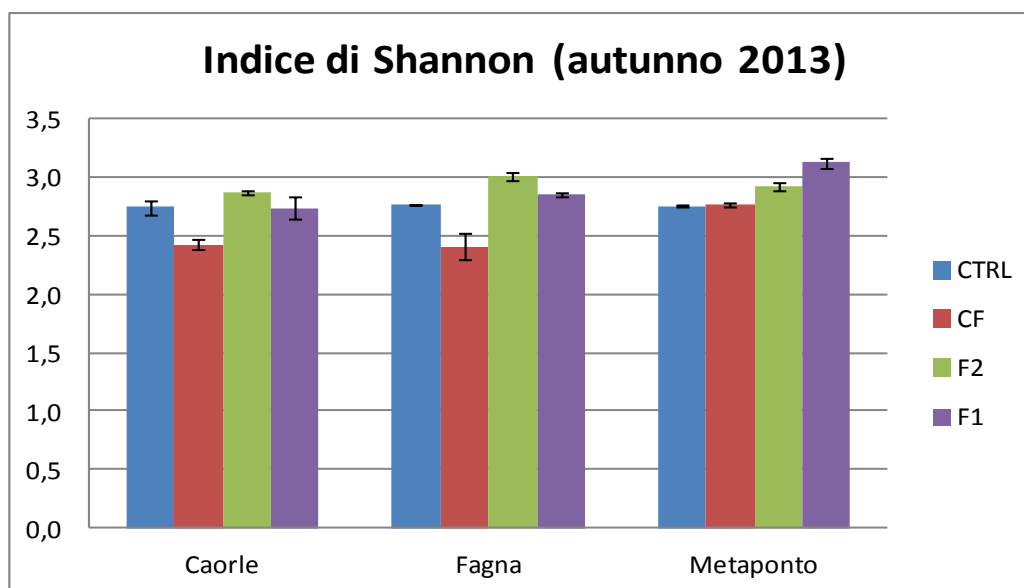


**Figura 15.** Valori di biodiversità batterica dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto rilevati nei periodi pre- e post-sfalcio, ovvero rispettivamente nella primavera (a) e nell'autunno (b) 2012, ottenuti mediante analisi PCR-DGGE e riportati come valori di Indice di Shannon ( $H'$ ). F1, fattuale1; F2, fattuale2; CF, controfattuale; CTRL, Controllo.

a)



b)



**Figura 16.** Valori di biodiversità batterica dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto rilevati nei periodi pre- e post-sfalcio, ovvero rispettivamente nella primavera (a) e nell'autunno (b) 2013, ottenuti mediante analisi PCR-DGGE e riportati come valori di Indice di Shannon ( $H'$ ). F1, fattuale1; F2, fattuale2; CF, controfattuale; CTRL, Controllo.

## Fertilità biologica del suolo: respirazione del terreno

I valori di CO<sub>2</sub> respirata dai campioni di suolo di Fagna sono riportati sia come respirazione basale (C<sub>bas</sub>) in Figura 17, che come respirazione cumulativa (C<sub>cum</sub>), in Figura 18. Nel 2012 i valori di C<sub>bas</sub> dei suoli di Fagna hanno mostrato una significativa differenza stagionale, con valori maggiori in autunno rispetto alla primavera. Inoltre, a primavera (prima dello sfalcio) i valori di C<sub>bas</sub> erano simili tra le diverse tesi mentre in autunno (dopo lo sfalcio) si sono evidenziate delle differenze, con i valori più bassi rilevati nei suoli della tesi a gestione convenzionale, il controllo coltivato.

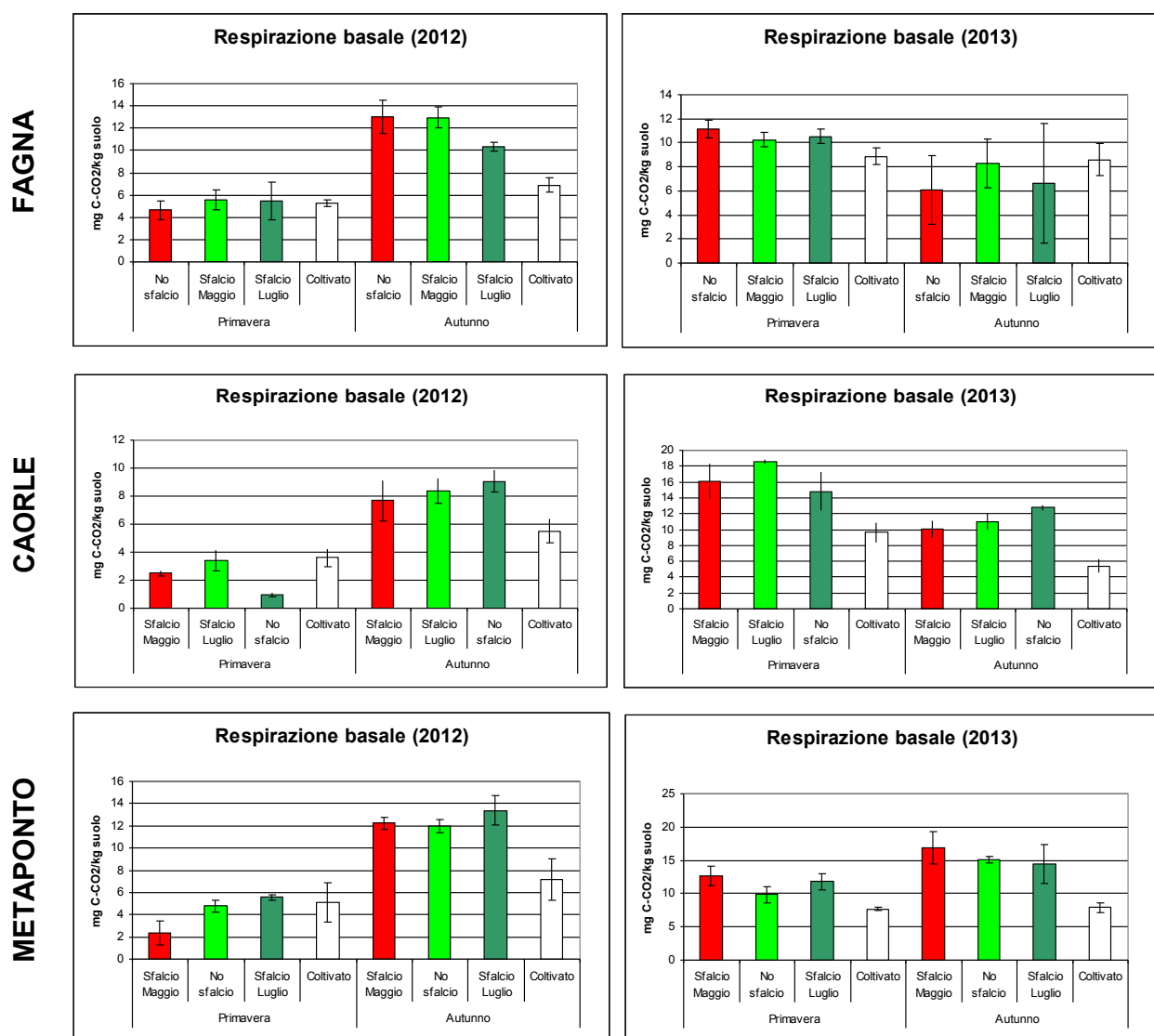


Figura 17. Valori di respirazione basale (C<sub>bas</sub>) dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto nel biennio 2012-2013, nei periodi pre- e post-sfalcio (primavera e autunno, rispettivamente).

Nella primavera del 2013 i valori di  $C_{bas}$  tornano ad essere simili tra le diverse tesi, ma con valori quasi raddoppiati rispetto all'anno precedente. In autunno, invece, i valori di  $C_{bas}$  delle tesi a set-a side non sottoposte ad operazioni sfalcio (controfattuale) e quelle sfalciate a luglio (Fattuale 2) sono più bassi sia della tesi sfalciate a maggio (Fattuale 1) che quelle coltivate a gestione convenzionale (controllo), anche se con una elevata deviazione standard.

Anche a Caorle nella primavera 2012 sono stati rilevati valori di  $C_{bas}$  inferiori a quelli rilevati in autunno, specialmente nei campioni di suolo della tesi Fattuale 2, in cui sono quasi il doppio. Inoltre la respirazione basale dei campioni di suolo di controllo sono inferiori a quelli dei campioni dei suoli degli appezzamenti ritirati dalla produzione. Tali valori permangono con valori relativi simili fino alla primavera 2013, sebbene con valori di  $C_{bas}$  superiori, per poi diminuire ancora in autunno. I valori più bassi sono sempre a carico della tesi di controllo mentre non si osserva alcuna differenza significativa tra le diverse tesi del set-aside.

Infine, anche a Metaponto nel 2012 i valori di  $C_{bas}$  primaverili sono nettamente inferiori a quelli autunnali post-sfalcio quando le tesi a set-aside si distinguono dal controllo convenzionale per i valori significativamente maggiori. Tale andamento è stato confermato anche nel 2013.

I valori di respirazione cumulativa ( $C_{cum}$ ) seguono l'andamento di quella basale e sono riportati in Figura 18. A Fagna, per esempio, nel 2012 i valori di  $C_{cum}$  delle tesi a set-aside aumentano sensibilmente in autunno (dopo lo sfalcio) mentre quella di controllo a gestione convenzionale resta praticamente immutata. Nel 2013 si osservano ancora una volta valori elevati e molto simili tra le diverse tesi gestite a set-aside mentre il convenzionale presenta sempre valori più bassi, sia in primavera che in autunno.

Anche con i campioni di Caorle accade la stessa cosa. In generale i valori di  $C_{cum}$  dei campioni delle tesi a gestione convenzionale presentano valori inferiori a quelli delle tesi gestite a set-aside che, invece, non presentano differenze significative costanti nel tempo, specialmente in primavera. Infatti, si osserva che i valori rilevati nella primavera 2012 sono meno di un terzo di quanto rilevato nella primavera del 2013. I valori osservati nell'autunno del 2012, invece, sono simili a quelli osservati nell'autunno del 2013.

I campioni di Metaponto presentano valori di  $C_{cum}$  che, in generale, aumentano a partire dall'autunno 2012. In quel periodo, infatti, i valori di respirazione cumulativa raddoppiano in tutte le tesi ad eccezione di quella convenzionale di controllo. Nel 2012, tuttavia, non si rilevano differenze significative tra tesi fattuali e controfattuale. Nel 2013 invece si osservano valori più elevati nelle tesi sfalciate a maggio (F1) rispetto alle altre mentre il convenzionale conferma i valori più bassi di tutti, ad indicare una minor attività biologica rispetto alle tesi a set-aside.

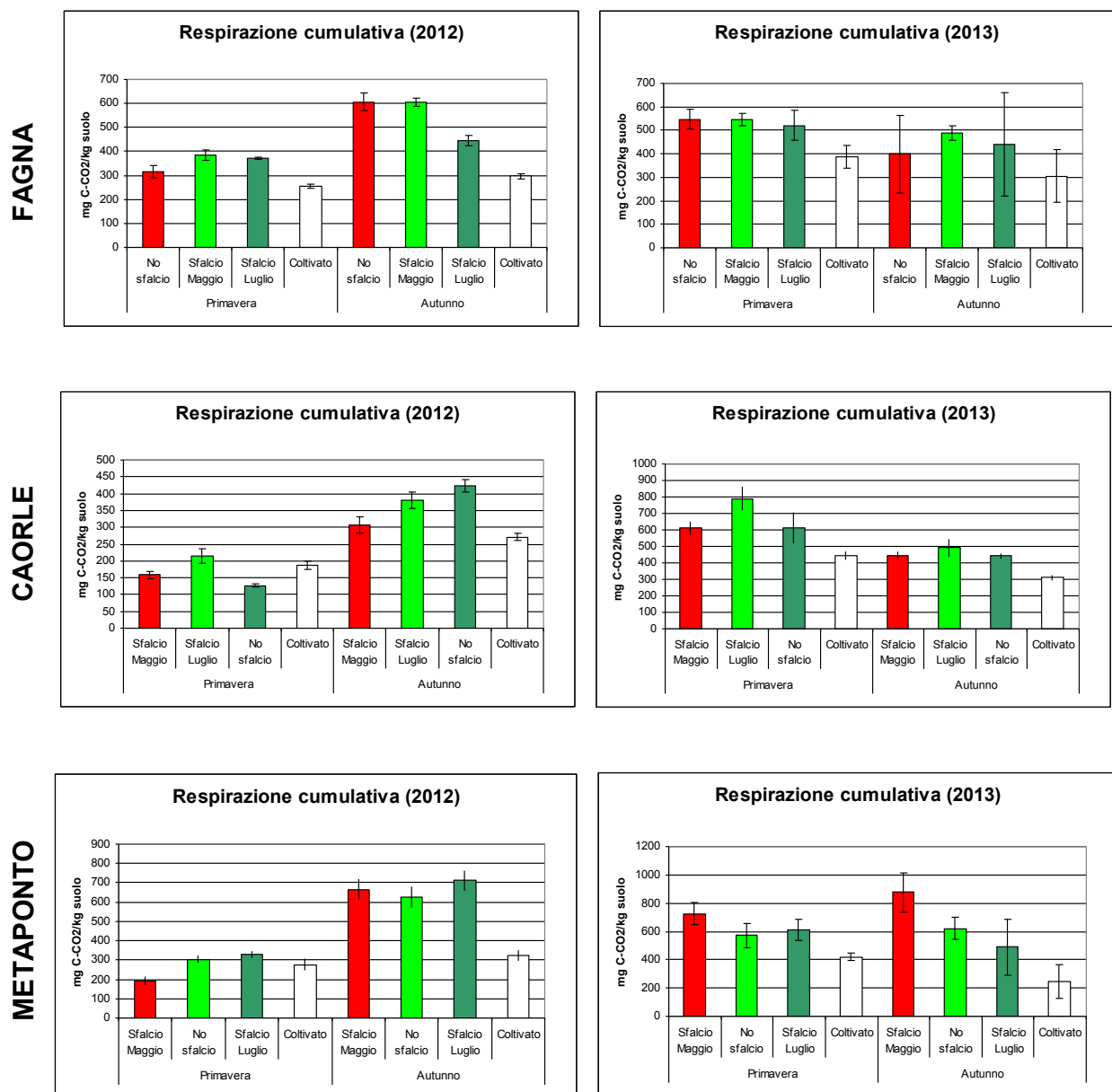


Figura 18. Valori di respirazione cumulativa (Ccum) dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto nel biennio 2012-2013, nei periodi pre- e post-sfalcio (primavera e autunno, rispettivamente)

### Fertilità biologica del suolo: biomassa microbica

I valori di C della biomassa microbica sono riportati in Figura 19. Come si può notare, nel 2012 a Fagna si rilevano valori di  $C_{mic}$  significativamente maggiori che nel 2013, indipendentemente dalle tesi considerate. Non si osservano, infatti, differenze significative tra le diverse tesi fino all'autunno del 2013 quando le tesi fattuali sottoposte a sfalcio mostrano valori più bassi rispetto alla primavera e pari a circa la metà di quanto osservato nel 2012.

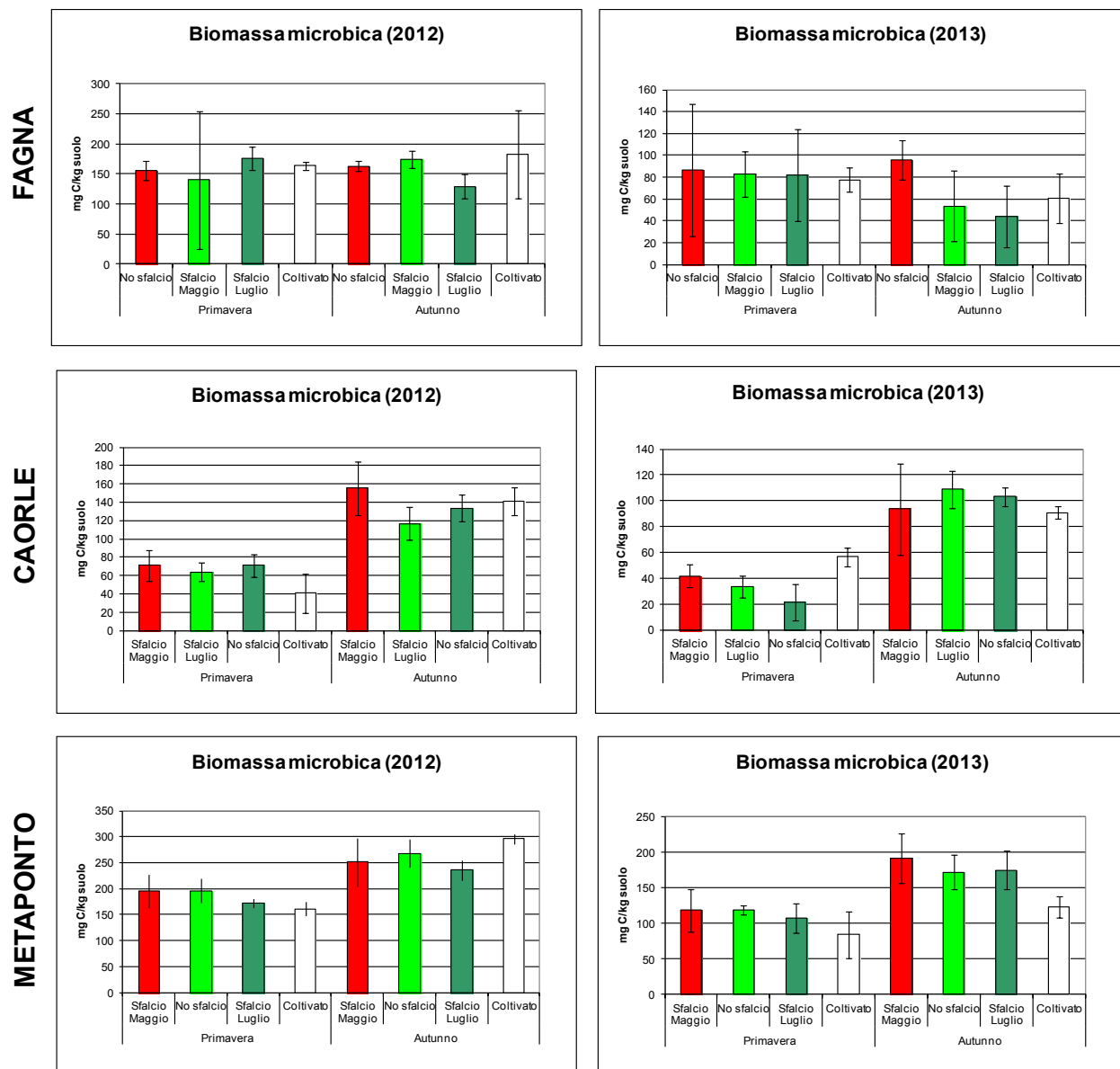


Figura 19. Valori di C della biomassa microbica ( $C_{mic}$ ) dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto nel biennio 2012-2013, nei periodi pre- e post-sfalcio (primavera e autunno, rispettivamente).

I campioni di Caorle invece presentano valori primaverili sempre inferiori a quelli autunnali, ma senza significative differenze tra le tesi, nemmeno tra tesi gestite a set-aside rispetto a quella convenzionale. L'effetto stagionale sembra essere quindi più influente dei trattamenti agronomici.

Anche a Metaponto si osservano valori primaverili inferiori a quelli autunnali, soprattutto nel 2013. Nel 2013, inoltre, i valori della tesi convenzionale sono inferiori alle altre tesi che, invece,

non mostrano differenze tra di loro. Pertanto sembrerebbe che l'applicazione dello standard 4.2 non abbia comportato effetti significativi sulla biomassa microbica del suolo.

### **Fertilità biologica del suolo: il quoziente metabolico**

Nonostante i dati di respirazione e biomassa microbica siano indicatori di qualità del suolo ben consolidati di per sé, spesso l'utilizzo di parametri derivati come il quoziente metabolico ( $qCO_2$ ) riesce a fornire informazioni in merito al grado di stress metabolico a carico della comunità microbica del suolo. I valori di  $qCO_2$  determinati nel 2012 e nel 2013 per i suoli di Caorle, Fagna e Metaponto sono riportati in Figura 20.

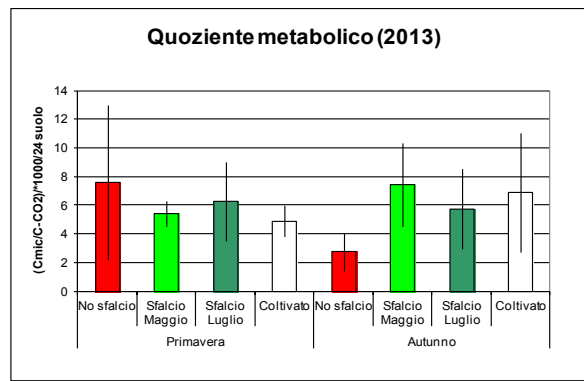
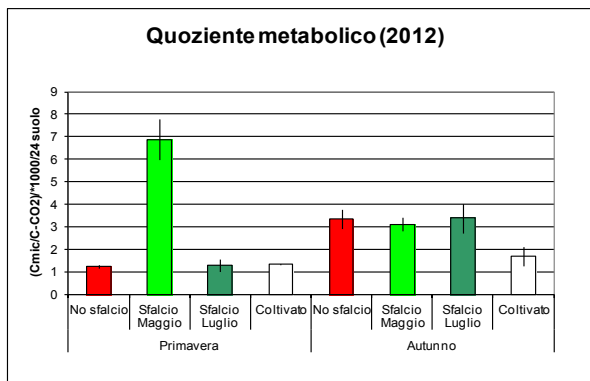
Nel caso dei campioni di Fagna, nella primavera 2012 i suoli della tesi sottoposta a sfalcio a maggio (F1) mostrano dei valori molto elevati rispetto agli altri, ma poi tornano a valori confrontabili con gli altri. In generale non si osservano trend o differenze particolare, a parte i valori della tesi CF che nel 2013 tende ad avere valori piuttosto bassi ed inferiori alle altre tesi. Questo indica che la gestione a set-aside non sottoposta a sfalcio presenta, come era prevedibile, un minor livello di stress del sistema.

A Caorle i valori di  $qCO_2$  hanno una distribuzione molto variabile, sia nel tempo che tra i trattamenti. In autunno, in generale, sembra che i valori siano più bassi mentre in primavera sono più elevati, specialmente nel 2013. Già nella primavera 2012 (prima dello sfalcio) i valori tra le diverse tesi erano significativamente diverse. In particolare, i campioni della tesi convenzionale mostrano valori maggiori delle tesi a set-aside. Tuttavia, nella primavera 2013 si sono rilevati dei valori molto maggiori nelle tesi a set-aside rispetto a quelli convenzionali che poi, però, sono diminuiti in seguito nel periodo autunnale. Da notare come nell'autunno 2013 non si osservi più alcuna differenza significativa tra le diverse tesi.

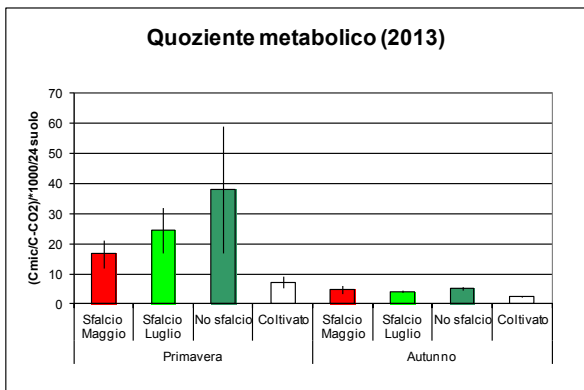
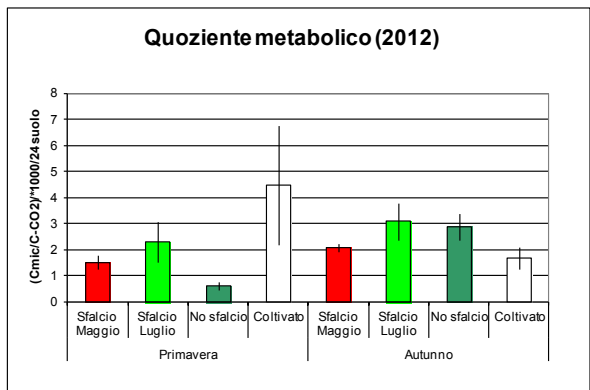
A Metaponto i campioni di suolo analizzati nel 2012 presentavano valori molto bassi e molto simili tra loro. Tali valori sono aumentati nel 2013 ma senza significative differenze tra le diverse tesi.



**FAGNA**



**CAORLE**



**METAPONTO**

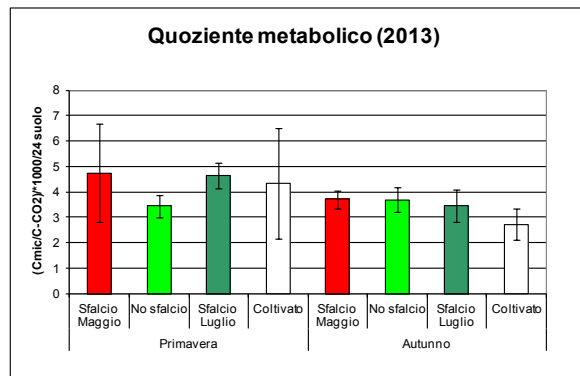
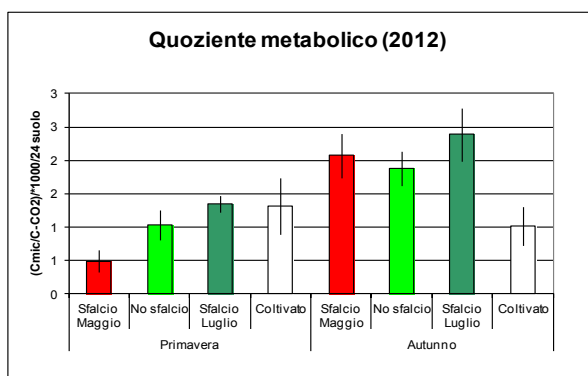


Figura 20. Valori di quoziente metabolico ( $qCO_2$ ) dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto nel biennio 2012-2013, nei periodi pre- e post-sfalcio (primavera e autunno, rispettivamente).

## Fertilità biologica del suolo: il quoziente di mineralizzazione

Tra gli indicatori di qualità del suolo, oltre al quoziente metabolico, è molto utile determinare il quoziente di mineralizzazione (qM) che misura l'attività totale di mineralizzazione della frazione più labile della sostanza organica da parte della biomassa microbica. I valori di qM sono riportati nella sottostante Figura 21.

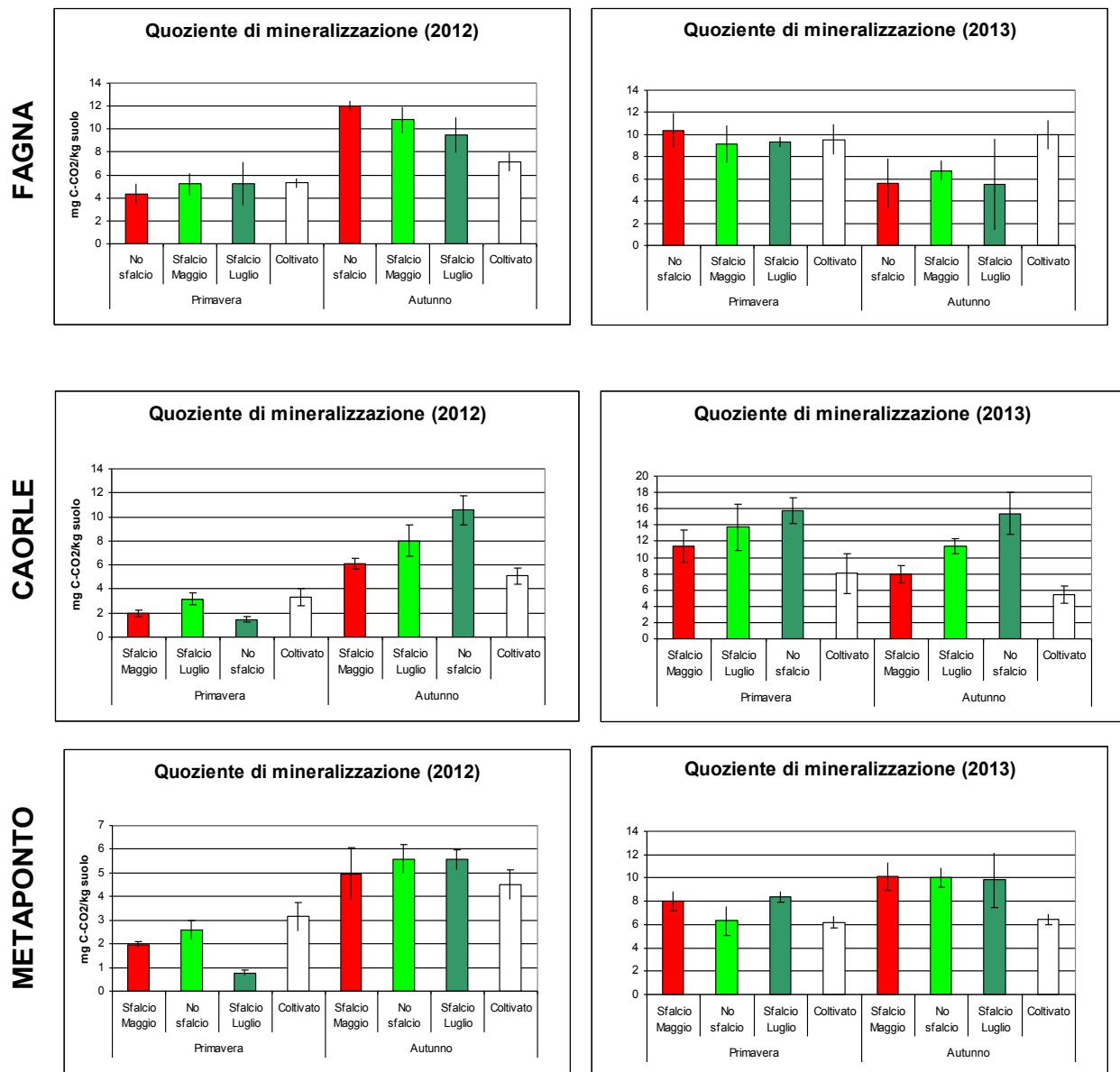


Figura 21. Valori di quoziente di mineralizzazione (qM) dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto nel biennio 2012-2013, nei periodi pre- e post-sfalcio (primavera e autunno, rispettivamente).

In generale, nel 2012 i valori di qM sono maggiori in autunno rispetto alla primavera. Nel 2013, invece, quest'effetto stagionale non è così evidente. Inoltre, in autunno i valori di qM dei campioni CTRL (coltivato) sono generalmente inferiori a quelli dei campioni provenienti dalle parcelle gestite a set-aside, probabilmente a causa della lavorazione profonda associata ad alla siccità. In primavera questo non si osserva. In nessuno dei tre casi studi monitorati è stata osservata alcuna diminuzione dei valori di qM in corrispondenza delle tesi sottoposte a sfalcio (F1 e F2) rispetto a quelle non sfalciate (CF), ad eccezione di Caorle, specialmente nel periodo autunnale. In generale, dunque, l'operazione di sfalcio non determina delle variazioni significative sui valori di qM.

## Monitoraggio della biodiversità della mesofauna

### Risultati

#### Analisi della struttura della comunità dei microartropodi

Il numero dei microartropodi raccolti nei due anni di monitoraggio nei vari siti è variato da un minimo di 233 individui/mq (Controllo nel sito del Metaponto) a un massimo di 13.597 individui/mq (Controfattuale CF, nel sito di Caorle). In tutti e tre i siti la tesi del controllo ha presentato una densità di popolazione inferiore alle tesi a set-aside (Figura 22). La più alta densità è stata riscontrata nel sito di Caorle con picchi molto elevati nel campionamento autunnale e in particolare nella tesi CF non sfalcata, a causa della presenza di numerosi nidi del formicida *Solenopsis fugax* Latreille (Hymenoptera: Formicidae).

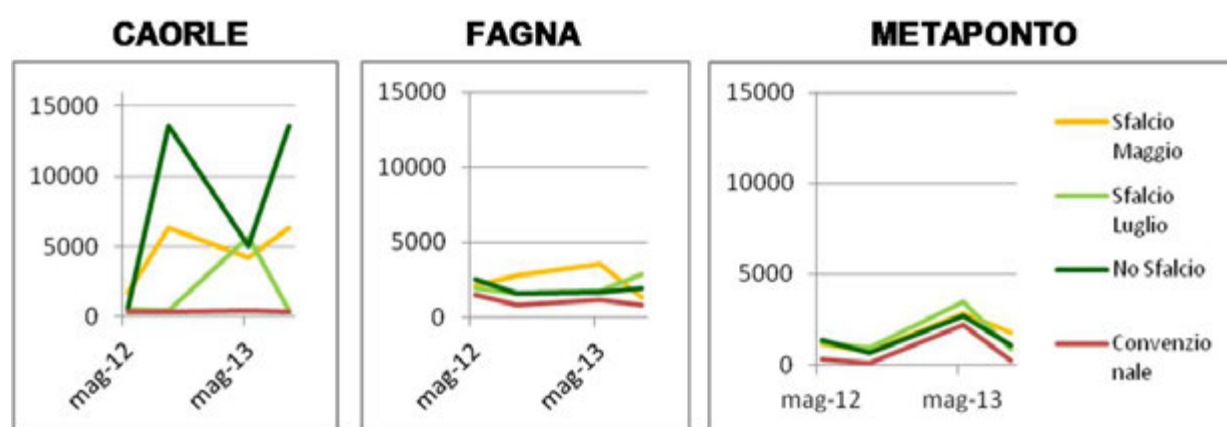


Figura 22. Densità (individui/mq) dei microartropodi del suolo nei siti di Caorle, Fagna e Metaponto nei due anni di monitoraggio.

Nei siti di Fagna e di Metaponto le densità di popolazione più elevate sono state ritrovate nelle due tesi di Fattuale soprattutto nella stagione primaverile. Un totale di 20 taxa sono stati estratti nei due anni di prova dai tre siti. Nella Tabella 2 sono riportati i taxa di microartropodi identificati nelle diverse gestioni e nei tre siti. Nel sito di Caorle è stato ritrovato il numero più basso di taxa, in particolare le specie di microartropodi più adattate alla vita sotterranea sono state meno rappresentate. In tutti i siti, dopo cinque anni, nelle gestioni a set-aside è stato ritrovato un numero di taxa più elevato, soprattutto nella componente eudafica, rispetto al controllo CTRL.

L'ANOVA a due vie ha confermato che sia il tipo di gestione che la stagionalità incidono significativamente sul numero di taxa presenti (Figura 23). In riferimento al tipo di gestione è stato riscontrato un minimo di 5 taxa rinvenuti nel CTRL del Metaponto in autunno e un massimo di 13 nel Fattuale di Fagna in primavera. In generale, la tesi di controllo ha mostrato valori significativamente più bassi rispetto alle tesi gestite a set-aside. Poche sono state le differenze significative tra le tesi gestite a set-aside: il Fattuale sia sfalcato a maggio (F1) che a luglio (F2) ha mostrato una maggiore abbondanza di taxa.

Tabella 2. Presenza (+) dei gruppi principali della mesofauna per sito nelle quattro tipologie di gestione.

Struttura della comunità dei microartropodi edafici	Caorle				Fagna				Metaponto			
	F1	F2	CF	CTRL	F1	F2	CF	CTRL	F1	F2	CF	CTRL
Acari	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Collemboli	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Araneidi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Opilioni		+			+	+			+	+	+	
Emitteri	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Psocotteri				+	+	+	+	+	+	+		+
Imenotteri	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+
Coleotteri	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ortotteri			+									
Isopodi	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	
Tisanotteri					+	+	+	+	+	+	+	+
Chilopodi	+		+		+	+	+	+	+		+	+
Ditteri	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diplopodi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sinfili	+	+	+		+	+	+	+	+	+		+
Paupodi						+	+			+		
Pseudoscorpionidi		+			+	+	+		+	+	+	
Dipluri	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Proturi					+							

F1, Fattuale con sfalcio a maggio; F2, Fattuale con sfalcio a luglio; CF, Controfattuale; CTRL, Controllo.

Inoltre, nel 2013 è stato significativo l'effetto della stagionalità; i valori più alti furono riscontrati in maggio. Nel sito del Metaponto è stato registrato un vero e proprio crollo della popolazione in settembre nella gestione convenzionale a causa della lavorazione profonda associata ad una forte siccità.

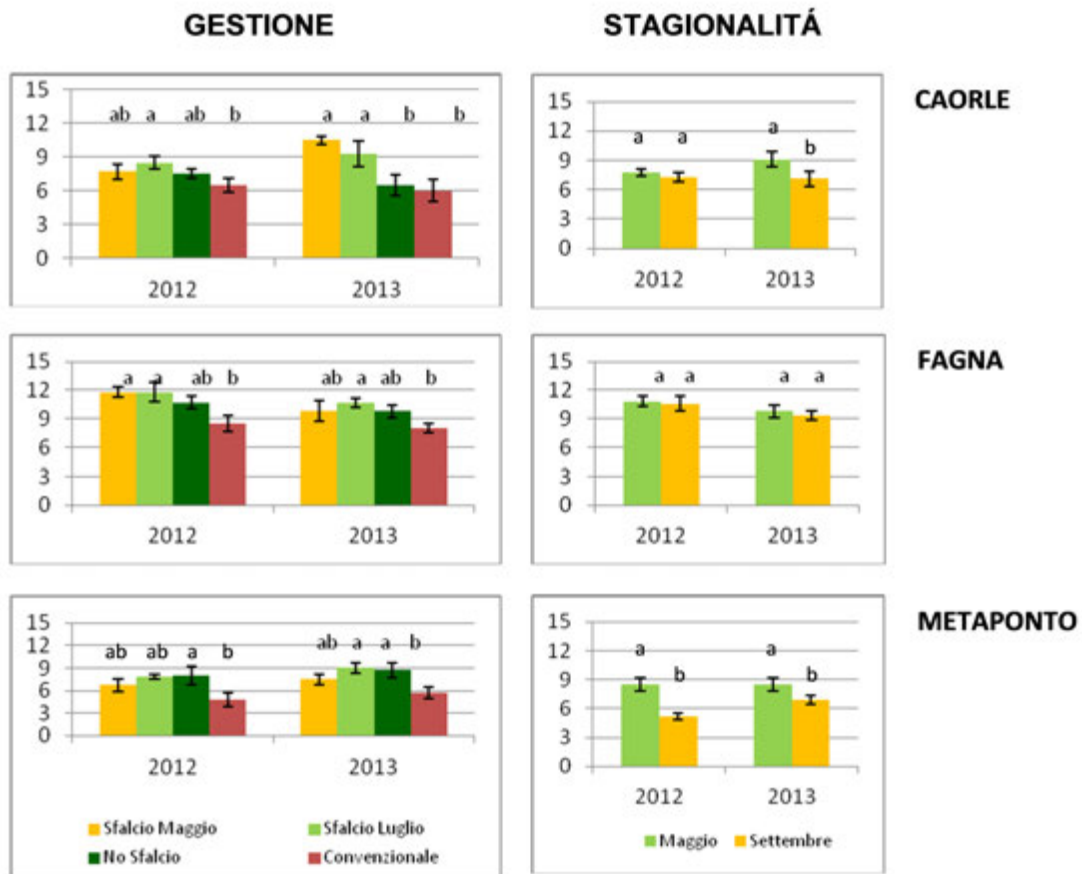


Figura 23. Numero di taxa di microartropodi ritrovati nei tre siti. I risultati dell'ANOVA a due vie sono riportati solo nel loro effetto principale, le differenti lettere indicano la significatività per  $P < 0,05$  (test di Duncan).

I tre siti sono stati caratterizzati da una diversa distribuzione nell'abbondanza relativa dei vari gruppi edafici. Differenze sono state anche riscontrate tra le diverse gestioni soprattutto tra le tesi a set-aside e la rotazione tradizionale. In generale, gli Oribateidi sono stati il gruppo dominante tra gli Acari, mentre per gli insetti i Formicidi predominarono tra gli Imenotteri; gli Agromozidi e i Cecidomiidi, noti fitofagi di cereali, predominarono tra i Ditteri; e Carabidi, Staffilidi, Curculionidi, Crisomelidi, Scarabeidi, Elateridi sono stati le famiglie principali di Coleotteri ritrovati in questi due anni di monitoraggio.

Acari, Collemboli, Imenotteri, Ditteri e Coleotteri sono stati i taxa più abbondanti nel sito di Caorle, ma con una diversa distribuzione in base al tipo di gestione (Figura 24). Il controllo è stato caratterizzato dalla più alta abbondanza relativa di Acari (45% e 58% rispettivamente negli anni 2012 e 2013) e Ditteri (20% e 15% rispettivamente per gli anni 2012 e 2013). Tra le tesi a set-aside il Controfattuale ha mostrato la più bassa presenza di Acari (8% e 3% rispettivamente negli anni 2012 e 2013), predominanza dei Collemboli sugli Acari (26% e 28% rispettivamente negli anni 2012 e 2013) e soprattutto una vera e propria dominanza degli Imenotteri (58% e 71% rispettivamente negli anni 2012 e 2013) quasi esclusivamente costituiti dalla sola specie *S. fugax*. Questo Imenottero, distribuito su tutto il territorio nazionale, è noto per il forte adattamento al suolo e la sua aggressività. Ambedue le tesi del Fattuale hanno mostrato un rapporto tra i gruppi edafici più equilibrato rispetto al Controfattuale, anche se va registrato un graduale aumento di *S. fugax* nei due anni: dal 15-18% del 2012 al 20-30% del 2013.

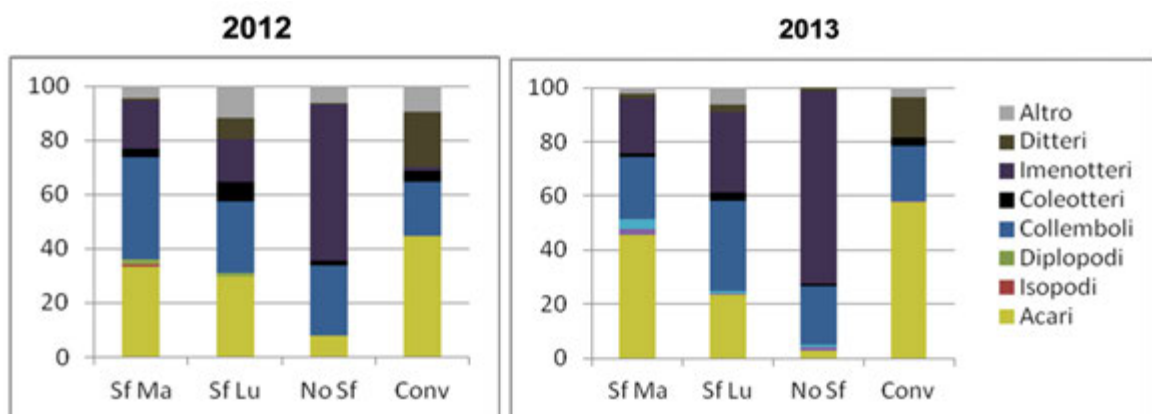


Figura 24. Abbondanza relativa dei principali gruppi edafici nel sito di Caorle. Sf Ma, F1; Sf Lu, F2; No sf, controfattuale; Conv, controllo.

Il sito di Fagna è stato caratterizzato da un rapporto equilibrato tra Acari e Collemboli che insieme costituirono il 70-80% dell'intera abbondanza in tutte le tesi. Nelle tesi gestite a set-aside si è riscontrato un aumento nell'abbondanza di gruppi emiedafici, in particolare Isopodi e Diplopodi (Figura 25).

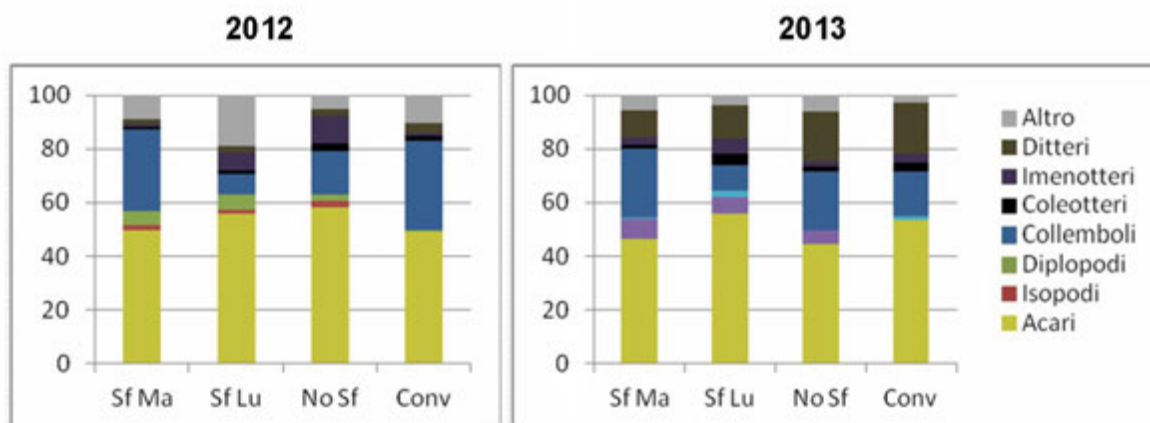


Figura 25. Abbondanza relativa dei principali gruppi edafici nel sito di Fagna. Sf Ma, F1; Sf Lu, F2; No sf, controfattuale; Conv, controllo.

Acari, Collemboli e Ditteri sono stati i gruppi dominanti nel sito del Metaponto (Figura 26). Il controllo ha mostrato una minore abbondanza relativa di Acari (20% e 40% rispettivamente negli anni 2012 e 2013) rispetto alle tesi gestite a set-aside (73-77% e 56-64% rispettivamente negli anni 2012 e 2013). I Ditteri sono risultati essere dominanti nel controllo (41% nel 2012). Le tesi a set-aside hanno mostrato un aumento dei gruppi emidefaci, Isopodi e Diplopodi.

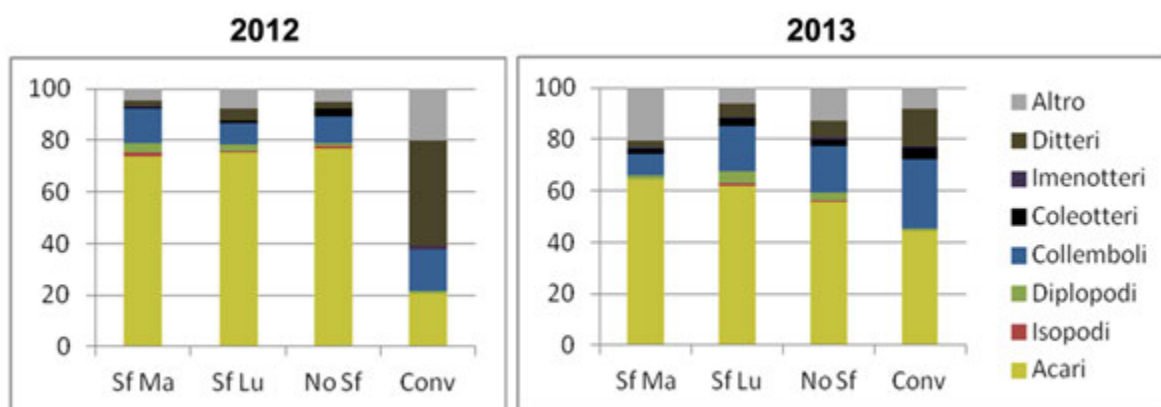


Figura 26. Abbondanza relativa dei principali gruppi edafici nel sito di Metaponto. Sf Ma, F1; Sf Lu, F2; No sf, controfattuale; Conv, controllo.

### Analisi della similarità

L'analisi multivariata della similarità riferita all'abbondanza, ANOSIM a una via (Tabella 3), ha evidenziato che in tutti e tre i siti l'artropofauna della rotazione convenzionale (CTRL) era significativamente diversa da quella delle gestioni a set-aside. Nessuna differenza significativa rilevante è stata riscontrata, invece, tra i regimi a set-aside (F1, F2, CF). I valori di R tra il controllo e le varie gestioni a set-aside sono stati compresi tra 0.31 e 0.63, indicando così un medio e alto grado di dissimilarità.

Tabella 3. Risultati dell'analisi ANOSIM riferita all'abbondanza dei microartropodi nei tre siti (Caorle, Fagna, Metaponto).

Analisi		Abundance	
		R	P
<b>Caorle</b>	F1-F2	0.06	0.14
	F1-CF	0.07	0.06
	F1-CTRL	0.63	0.0001
	F2-CF	0.03	0.19
	F2-CTRL	0.52	0.0001
	CF-CTRL	0.38	0.0001
<b>Fagna</b>	F1-F2	0.1	0.04
	F1-CF	0.04	0.21
	F1-CTRL	0.27	0.0005
	F2-CF	0.04	0.19
	F2-CTRL	0.48	0.0001
	CF-CTRL	0.33	0.0002
<b>Metaponto</b>	F1-F2	-0.07	0.95
	F1-CF	-0.007	0.46
	F1-CTRL	0.35	0.0004
	F2-CF	-0.06	0.88
	F2-CTRL	0.31	0.0006
	CF-CTRL	0.35	0.0002

F1, fattuale, sfalcio maggio; F2, fattuale, sfalcio luglio; CF, controfattuale; CTRL, controllo; R, statistico di ANOSIM; P, probabilità. La probabilità significativa è in rosso.

Questi risultati sono stati confermati dall'analisi Multidimensional Scaling (MDS) che ha mostrato una separazione spaziale tra il Controllo e le gestioni a set-aside in ogni sito. Di contro, nessuna separazione è stata evidenziata tra i regimi a set-aside (Figura 27).



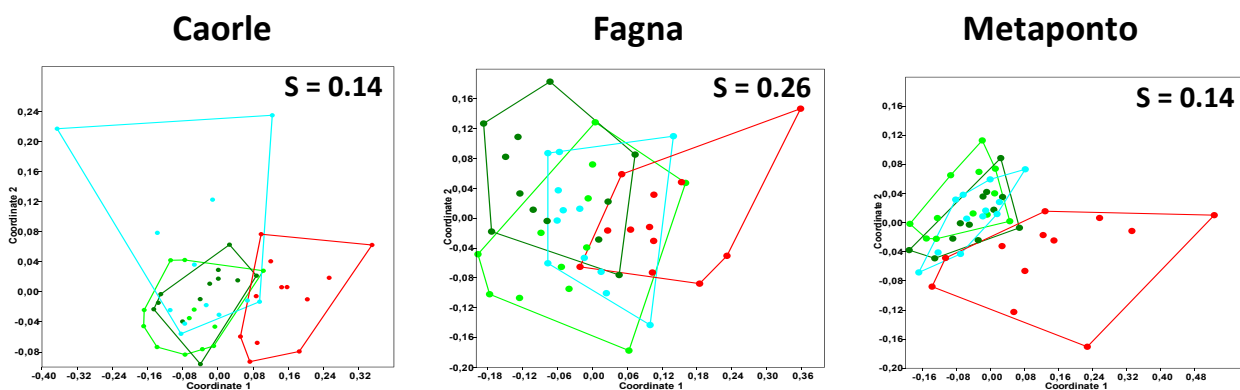


Figura 27. Analisi MDS basata sull'abbondanza dei taxa di microartropodi ritrovati nei tre siti (Caorle, Fagna, Metaponto). F1, sfalcio maggio, verde chiaro; F2, sfalcio luglio, verde scuro; CF, celeste; CTRL, rosso.

L'impatto del set-aside è stato molto più pronunciato nei siti di Caorle e del Metaponto: l'analisi SIMPER dell'abbondanza dei taxa tra le tesi a set-aside e la rotazione convenzionale ha mostrato percentuali di dissimilarità di 51.4 e 42.5 rispettivamente (Tabelle 4, 5 e 6). Nel sito di Caorle, Imenotteri, Collemboli e Acari insieme rappresentarono il 70% dell'intera similarità, mentre nel sito del Metaponto, Acari e Collemboli coprono il 50% dell'intera similarità. Il sito di Fagna, invece, è stato caratterizzato da una dissimilarità più bassa, compresa tra il 33.6 e 37.8% e, in riferimento alla distribuzione dei diversi taxa (Tabella 4), la struttura della comunità è stata molto più equilibrata, senza la presenza di gruppi dominanti.

Tabella 4. Analisi SIMPER per l'abbondanza dei microartropodi per gestione nel sito di Caorle.

Taxon	Av. Diss	Contr %	Cum %	SfMa	SfLu	NoSf	Conv
Imenotteri	13,05	25,40	25,4	341,1	341,1	1081,6	0,1
Collemboli	10,86	21,15	46,55	902,5	521,2	565,5	88,2
Acari	10,83	21,08	67,63	982	416	115,6	210,2
Ditteri	3,02	588	73,51	70,2	74,5	62,5	64,5
Dipluri	2,88	561	79,12	11,7	55,7	4,0	1,2
Diplopodi	2,57	4,99	84,11	39,2	11,2	7,8	3,0
Coleotteri	2,42	4,71	88,82	48,9	61	62,5	38,8
Sinfilii	2,03	3,94	92,76	0	7,3	38,8	8,8
Emitteri	1,94	3,78	96,55	17,4	98,8	8,8	7,8
Altro	1,77	3,45	100	2,5	0,5	0,6	0,1
Dissimilarità tot.	51.40%						

Av. Diss. %, media di dissimilarità; Contr %, contributo percentuale alla similarità; Cum %, percentuale cumulativa di similarità; SfMa, F1; SfLu, F2; NoSf, controfattuale; Conv, controllo.

Tabella 5. Analisi SIMPER per l'abbondanza dei microartropodi per gestione nel sito di Fagna.

<b>Taxon</b>	<b>Av. Diss</b>	<b>Contr %</b>	<b>Cum %</b>	<b>SfMa</b>	<b>SfLu</b>	<b>NoSf</b>	<b>Conv</b>
Acari	6,136	18,44	18,44	1020,1	1345,6	956,5	494,2
Collemboli	5,214	15,67	34,10	609,9	213,4	344,5	242,1
Ditteri	4,003	12,03	46,13	117,6	105,6	132,5	96,7
Isopodi	3,509	10,54	56,67	60,0	69,1	57,6	0,07
Imenotteri	3,326	9,99	66,66	23,8	61,0	52,4	2,4
Diplopodi	3,123	9,38	76,04	38,0	70,6	7,6	4,1
Emitteri	2,421	7,27	83,32	17,7	60,0	7,4	8,1
Dipluri	2,165	6,50	89,82	42,8	23,1	18,0	31,7
Sinfili	1,723	5,18	95,00	21,6	15,4	21,0	6,3
Altro	1,666	5,01	100	2,0	47,9	4,1	2,2
<b>Dissimilarità tot.</b>	<b>33.3%</b>						

Av. Diss. %, media di dissimilarità; Contr %, contributo percentuale alla similarità; Cum %, percentuale cumulativa di similarità; SfMa, F1; SfLu, F2; NoSf, controfattuale; Conv, controllo.

Tabella 6. Analisi SIMPER per l'abbondanza dei microartropodi per gestione nel sito di Metaponto.

<b>Taxon</b>	<b>Av. Diss</b>	<b>Contr %</b>	<b>Cum %</b>	<b>SfMa</b>	<b>SfLu</b>	<b>NoSf</b>	<b>Conv</b>
Acari	14,230	33,50	33,50	1299,6	915,8	815,4	149,8
Collemboli	7,828	18,43	51,93	182,3	184,9	183,2	111,6
Coleotteri	3,619	8,52	60,45	12,3	22,5	30,6	10,8
Diplopodi	3,425	8,07	68,52	32,0	46,2	24,3	1,8
Dipluri	3,273	7,71	76,23	9,9	11,0	22,2	76,7
Ditteri	2,735	6,44	82,67	4,6	61,0	49,7	45,8
Emitteri	2,188	5,15	87,82	6,6	6,5	5,8	9,9
Isopodi	2,140	5,04	92,86	7,0	8,9	5,9	4,9
Sinfili	1,740	4,10	96,95	5,6	2,1	2,5	5,1
Altro	1,293	3,05	100	1,6	1,6	6,2	0,5
<b>Dissimilarità tot.</b>	<b>42.5%</b>						

Av. Diss. %, media di dissimilarità; Contr %, contributo percentuale alla similarità; Cum %, percentuale cumulativa di similarità; SfMa, F1; SfLu, F2; NoSf, controfattuale; Conv, controllo.

### Analisi degli indici biologici qualitativi

I tre indici di biodiversità applicati hanno fornito risultati contrastanti nel descrivere le varie gestioni a set-aside e raramente sono risultati significativi (Tabella 7). L'indice di diversità di Shannon-Weiner è variato da 0.9 a 1.5 non evidenziando differenze significative tra set-aside e convenzionale e l'indice di dominanza di Simpson non è stato mai significativo, con valori che oscillarono tra 0.4 e 0.6. Viceversa, l'indice di Margalef ha evidenziato un trend in cui i valori più bassi si ritrovarono nelle tesi convenzionali e quelli più alti nelle tesi a set-aside, in

particolare nel sito del Metaponto si è registrato una differenza statisticamente significativa tra il fattuale con sfalcio in luglio (F2) e il convenzionale (CTRL).

Molto più rappresentativi furono gli indici biotici qualitativi, rapporto acari/collemboli e QBS-ar (Tabella 4). Grazie ad essi è stato possibile formulare un giudizio di efficacia elevata di questa misura sulla condizionalità.

Il rapporto Acari/Collemboli è stato inferiore a 1 solo nel Controfattuale di Caorle, in tale sito i valori sono stati comunque sempre bassi. Nei siti di Fagna e del Metaponto i valori variarono rispettivamente da 2.2-8.4 e 2.0-19.3; nelle tesi gestite a set-aside (F1, F2, CF) si sono registrati i valori più elevati con differenze statisticamente significative nei confronti della rotazione convenzionale (CTRL). Il QBS-ar ha fornito sempre valori superiori a 100 nelle tesi gestite a set-aside, in particolare il sito di Fagna ha presentato i valori più alti (ca 170). Le tesi gestite convenzionalmente hanno evidenziato valori inferiori a 100 nei siti di Caorle e del Metaponto (rispettivamente 81.3 e 86.8), mentre il sito di Fagna ha mostrato un valore paragonabile ad una gestione a pascolo (152.8).

Tabella 7. Indici di biodiversità e indici biotici qualitativi globali nei tre siti.

	H	D	Margalef	Acari/Collemboli	QBS-ar
<b>Caorle</b>					
F1 - Sfalcio maggio	1.2 (0.07) b	0.4 (0.04)	1.5 (0.05)	1.2 (0.30)	122.8 (4.27)
F2 - Sfalcio luglio	1.5 (0.06) a	0.4 (0.06)	1.6 (0.09)	1.7 (0.63)	116.0 (9.90)
CF - No sfalcio	1.1 (0.13) b	0.6 (0.06)	1.3 (0.12)	0.6 (0.36) b	111.5 (9.08)
CTRL - Rotazione	1.3 (0.11)	0.5 (0.06)	1.3 (0.15)	2.7 (0.91) a	81.3 (20.99)
<b>Fagna</b>					
F1 - Sfalcio maggio	1.4 (0.07)	0.4 (0.04)	1.8 (0.13)	2.8 (0.88) b**	176.8 (10.58)
F2 - Sfalcio luglio	1.3 (0.05)	0.4 (0.03)	1.9 (1.13)	8.4 (1.77) a**	169.3 (14.34)
CF - No sfalcio	1.3 (0.06)	0.4 (0.04)	1.7 (0.1)	4.0 (1.18) b**	179.5 (11.78)
CTRL - Rotazione	1.2 (0.05)	0.5 (0.04)	1.6 (0.06)	2.2 (0.51) b**	152.8 (19.60)
<b>Metaponto</b>					
F1 - Sfalcio maggio	0.9 (0.08) b	0.6 (0.04)	1.4 (0.10)	19.3 (8.10) a	110.0 (21.67)
F2 - Sfalcio luglio	1.1 (0.10)	0.5 (0.04)	1.6 (0.10) a	8.1 (2.25)	144.8 (27.69)
CF - No sfalcio	1.0 (0.09) a	0.5 (0.04)	1.5 (0.10)	18.8 (5.76) a	136.3 (26.15)
CTRL - Rotazione	1.2 (0.08) a	0.5 (0.05)	1.2 (0.11) b	2.0 (0.54) b	86.8 (11.71)

H, indice di diversità di Shannon-Weiner; D, indice di dominanza di Simpson.

### **Analisi multivariata (PCA)**

L'analisi delle componenti principali (PCA) è stata effettuata separatamente per ciascuna delle tre aree di monitoraggio, prendendo in considerazione tutte le variabili rilevate.

A Fagna, nel 2012, l'effetto stagionale discrimina molto chiaramente i campioni lungo la prima componente principale (C1), suddividendo tutti i campioni in modo opposto rispetto all'asse delle ordinate ad eccezione del seminativo (CTRL) che, invece, appare simile sia in primavera che in autunno (Figura 28a): nel complesso non si osservano differenze importanti tra le tesi gestite a set-aside. Si osserva anche che i campioni presentano una maggior diversità microbica in autunno (post-sfalcio) rispetto alla primavera (pre-sfalcio), e anche valori maggiori di QBS-ar e respirazione microbica. L'effetto dello Standard 4.2 è quindi positivo ma di lieve entità.

Nel 2013 l'effetto stagionale è molto meno evidente rispetto all'anno precedente ma, anche in questo caso, i valori maggiori in termini di biodiversità microbica e indice QBS-ar si osservano in autunno. In primavera si rilevano, invece, valori di respirazione microbica più elevati, indice di una maggiore attività microbica. Tra i campioni dei suoli a gestione set-aside non si registrano effetti negativi in termini di biodiversità in seguito alle operazioni di sfalcio e nemmeno differenze significative tra tesi sfalciate e non. Si osserva, invece, un lieve effetto positivo, sulle tesi F1, F2 e CF rispetto al CTRL, dovuto al tipo di gestione agronomica.

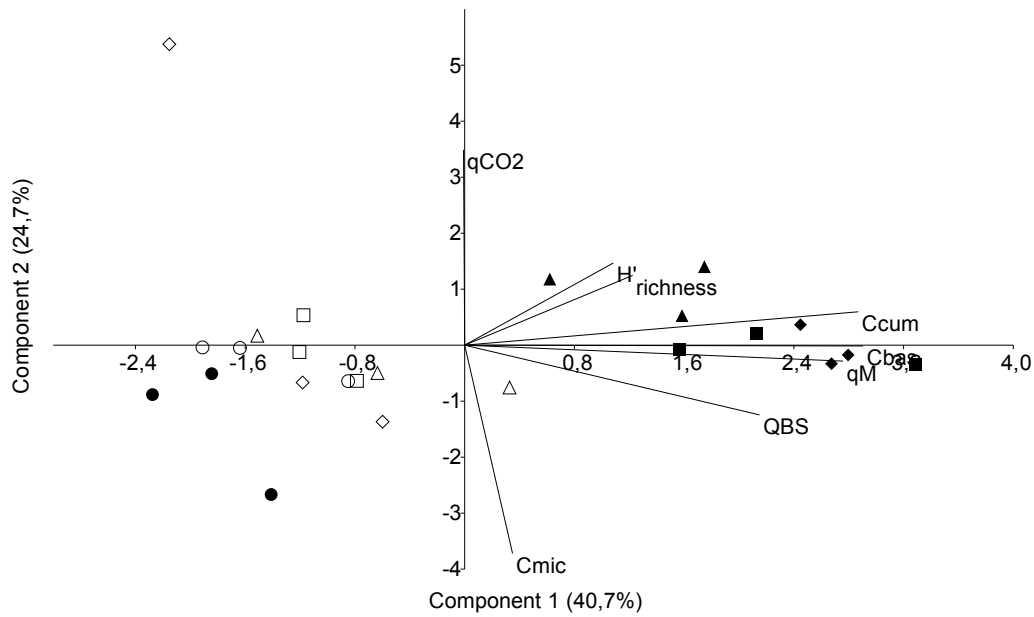
Nel 2012 a Caorle si evidenzia molto chiaramente un forte effetto stagionale su tutte le parcelle lungo la componente C1 (Figura 29a). In generale in primavera (pre-sfalcio) si rileva una maggiore biodiversità microbica (H' e richness) rispetto all'autunno (post-sfalcio) quando invece si rileva una maggiore attività e abbondanza delle biomassa microbica. I valori di QBS, invece, sembrano essere poco condizionati dagli effetti stagionali. Si evidenzia molto bene anche la separazione tra seminativo e set-aside lungo l'asse C2 mentre non si rileva un effetto significativo dell'operazione di sfalcio. In particolare il seminativo (CTRL) presenta una maggiore diversità microbica, mentre il set-aside maggiori valori di QBS-ar. In particolare, l'effetto dell'applicazione dello standard 4.2 è evidente sui campioni F1 e F2, soprattutto in primavera ma anche in autunno.

L'effetto stagionale è molto evidente anche nel 2013, quando i campioni primaverili (pre-sfalcio) sono nettamente separati da quelli autunnali. E' possibile osservare anche che, lungo l'asse C2, i campioni sottoposti a sfalcio sono quelli che presentano i valori di biodiversità più elevati in termini di richness e indice di Shannon (H'), specialmente in autunno (Figura 29b). In questo caso le operazioni di sfalcio hanno determinato un chiaro incremento della biodiversità batterica dei suoli, soprattutto per quelli sfalcianti a luglio (F2).

Nel 2012 anche a Metaponto si evidenzia molto chiaramente un forte effetto stagionale su tutte le parcelle visualizzate lungo l'asse C1 (Figura 30a). In generale in primavera (pre-sfalcio) si rileva un maggiore QBS-ar mentre in autunno (post-sfalcio), invece, si rilevano una maggiore biomassa microbica, una maggiore attività e una maggiore biodiversità batterica. I campioni del seminativo (CTRL) si sono rivelati piuttosto diversi rispetto a quelli gestiti a set-aside (F1, F2, CF), soprattutto in autunno, che manifestano un livello di biodiversità (H', richness e QBS) nettamente superiore mentre non sono emerse significative differenze tra le diverse tesi dei campioni a gestione set-aside.

Anche nel 2013 la componente stagionale è quella che incide maggiormente nelle differenze tra i campioni analizzati, separando i campioni lungo l'asse C2, ed evidenziando una maggiore biodiversità nei campioni primaverili. Oltretutto, i campioni CTRL hanno mostrato i valori più bassi di biodiversità in assoluto, sia in prima che dopo lo sfalcio, mentre F1 sembra essere la tesi a set-aside che mostra i valori di biodiversità più elevati. Pertanto, anche in questo caso, le operazioni di sfalcio hanno determinato un incremento, seppur lieve, della biodiversità batterica, del QBS-ar e anche dell'attività microbica in generale espressa sia in termini di respirazione del terreno che di quoziente di mineralizzazione. I livelli di biomassa microbica, invece, sembrano essere legati maggiormente alla stagionalità. L'effetto dello Standard 4.2 è quindi lieve ma positivo.

a) FAGNA 2012



b) FAGNA 2013

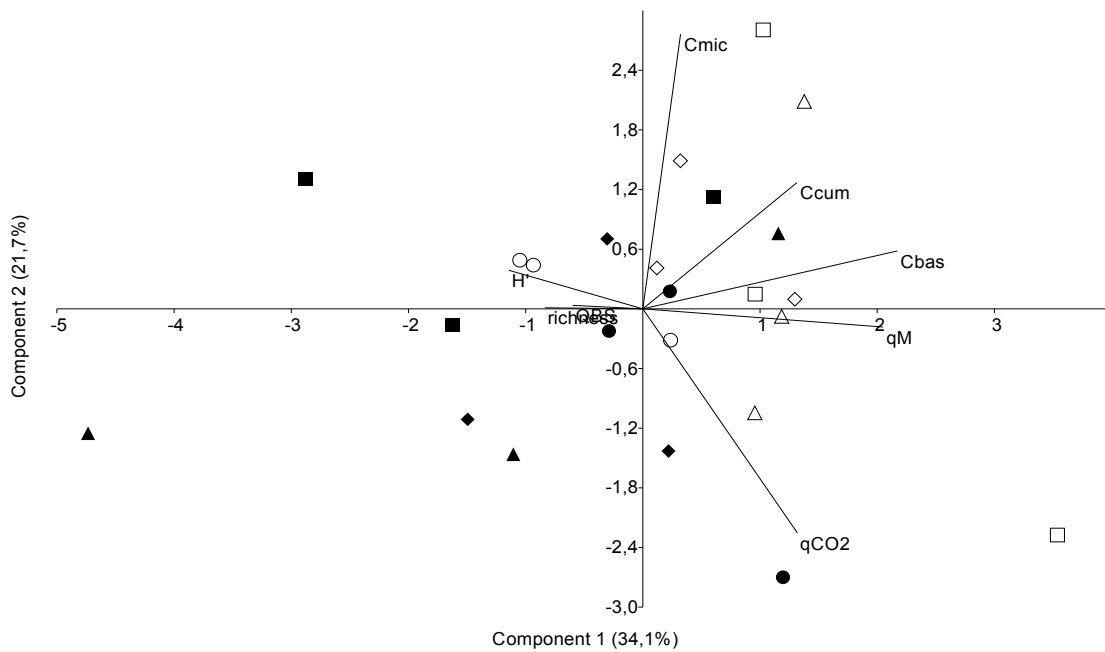
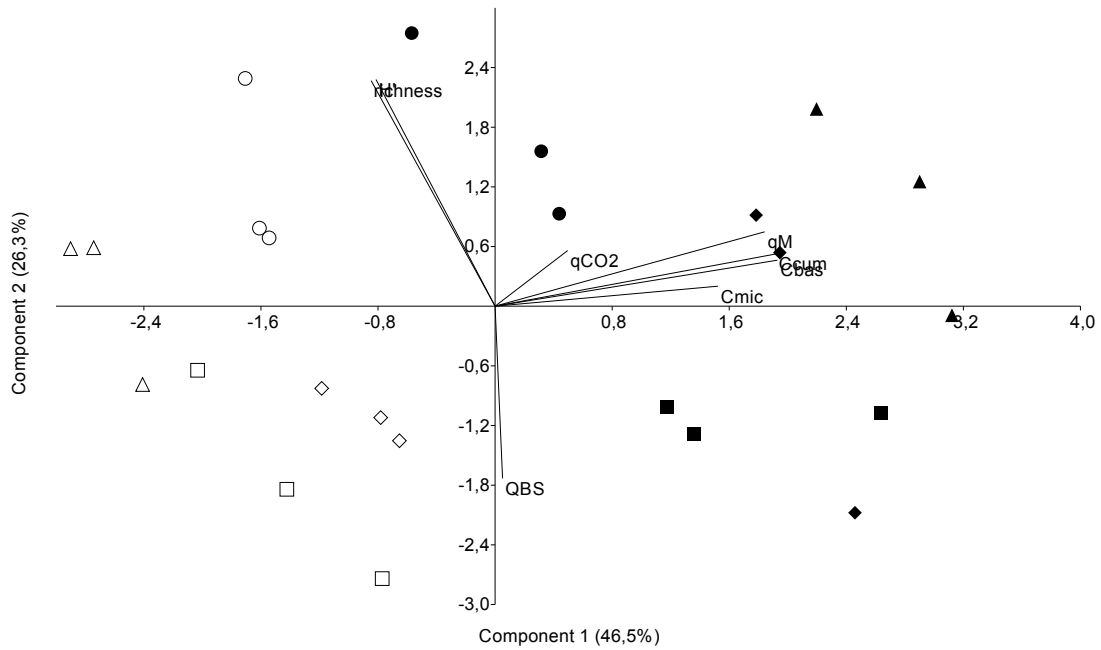


Figura 28. Analisi delle Componenti Principali (PCA) degli indicatori di biodiversità microbica e della mesofauna dei suoli di Fagna nel 2012 (a) e nel 2013 (b), prima e dopo lo sfalcio. ▲ = F2\_post-sfalcio, △ = F2\_pre-sfalcio, ■ = CF\_post-sfalcio, □ = CF\_pre-sfalcio, ◆ = F1\_post-sfalcio, ◇ = F1\_pre-sfalcio, ● = CTRL\_post-sfalcio, ○ = CTRL\_pre-sfalcio.

a) CAORLE 2012



b) CAORLE 2013

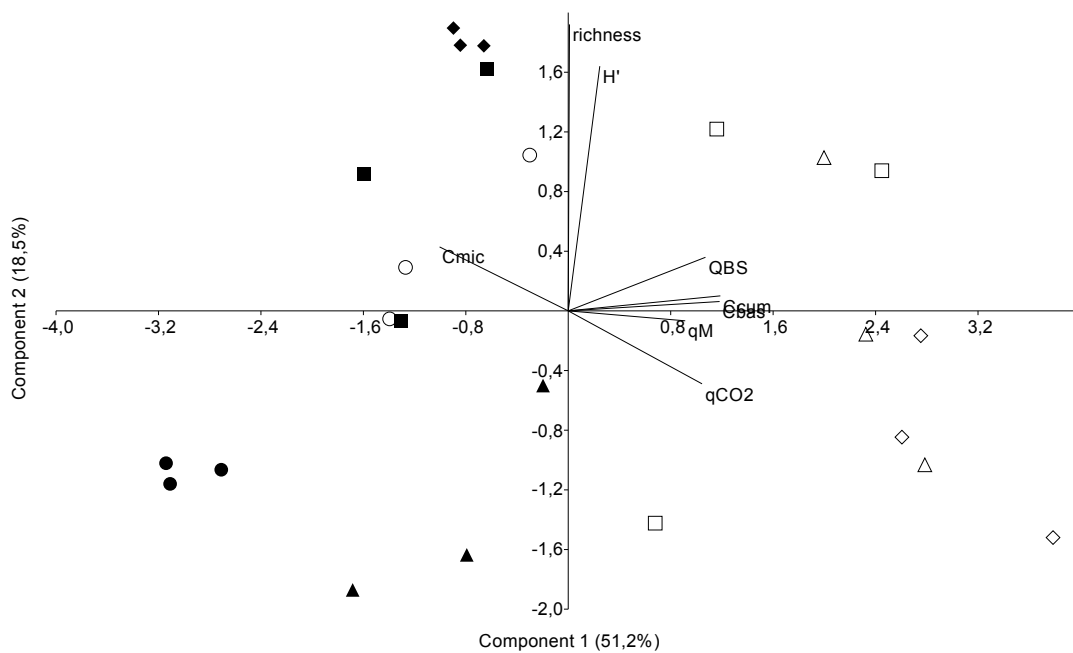
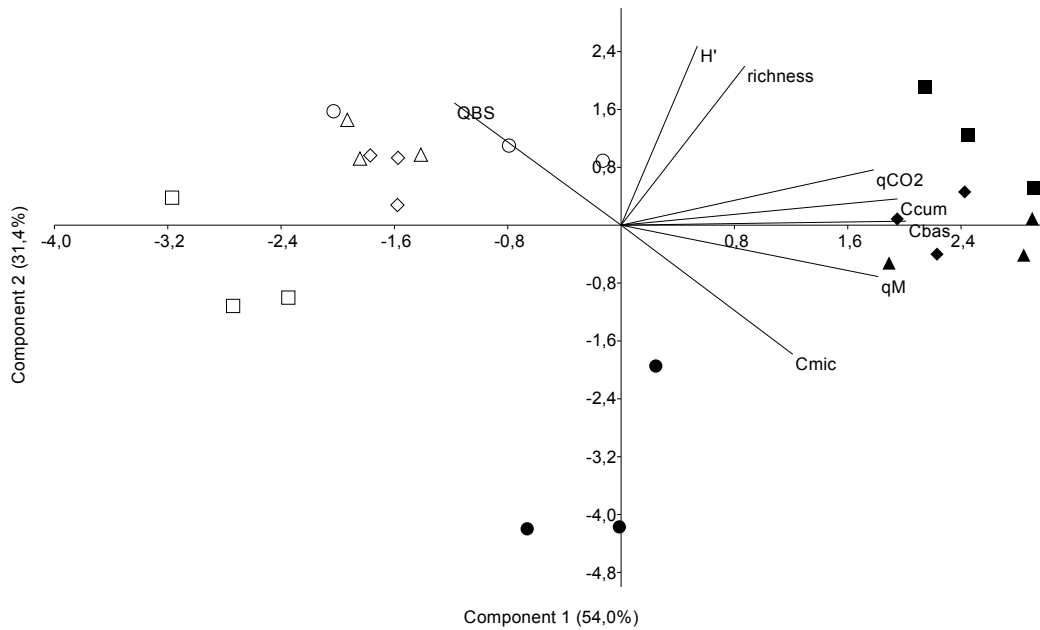


Figura 29. Analisi delle Componenti Principali (PCA) degli indicatori di biodiversità microbica e della mesofauna dei suoli di Caorle nel 2012 (a) e nel 2013 (b), prima e dopo lo sfalcio. ▲ = F2\_post-sfalcio, △ = F2\_pre-sfalcio, ■ = CF\_post-sfalcio, □ = CF\_pre-sfalcio, ◆ = F1\_post-sfalcio, ◇ = F1\_pre-sfalcio, ● = CTRL\_post-sfalcio, ○ = CTRL\_pre-sfalcio.

a) METAPONTO 2012



b) METAPONTO 2013

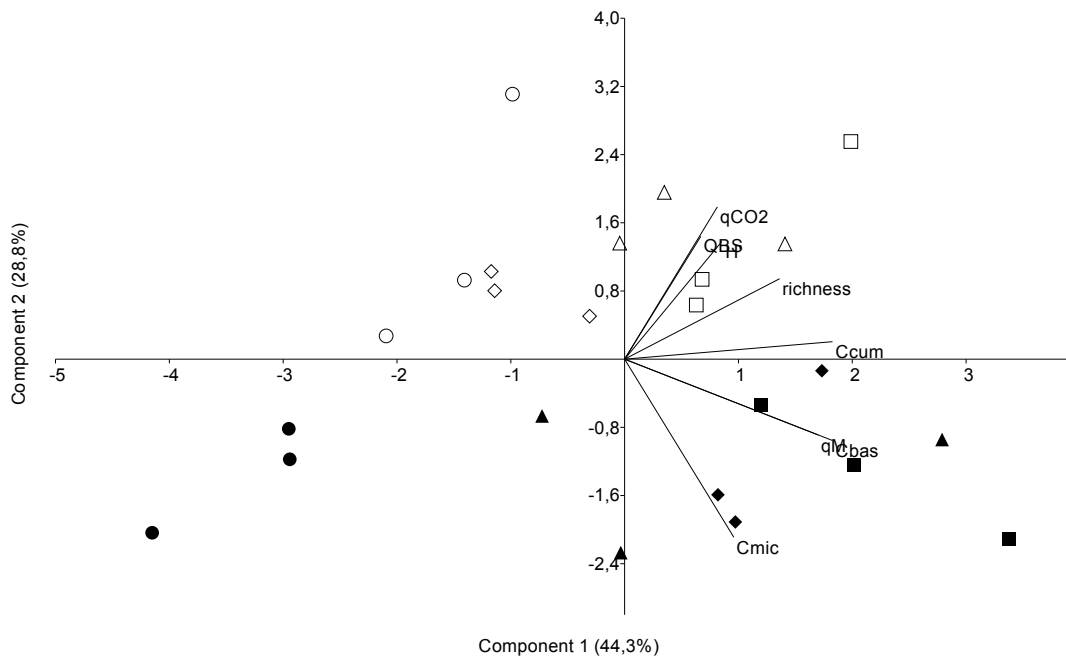


Figura 30. Analisi delle Componenti Principali (PCA) degli indicatori di biodiversità microbica e della mesofauna dei suoli di Metaponto nel 2012 (a) e nel 2013 (b), prima e dopo lo sfalcio. ▲ = F2\_post-sfalcio, △ = F2\_pre-sfalcio, ■ = F1\_post-sfalcio, □ = F1\_pre-sfalcio, ◆ = CF\_post-sfalcio, ◇ = CF\_pre-sfalcio, ● = CTRL\_post-sfalcio, ○ = CTRL\_pre-sfalcio.



## Differenziale economico di competitività

Nel corso del monitoraggio per la realizzazione dell'operazione di sfalcio è stata utilizzata in alcuni casi una falciatrice a barra oscillante ed in altri una trinciatrice rotativa. Si tratta di macchine con le quali si elimina la vegetazione presente sul terreno, e in entrambi i casi si tratta di macchine operatrici azionate dalla PTO della trattrice. L'operatività di queste due macchine differisce in quanto la falciatrice si limita ad effettuare esclusivamente un taglio della vegetazione al di sopra del colletto lasciando sul suolo la parte epigea integra della pianta, mentre la trinciatrice rotativa realizza una frammentazione della vegetazione che viene rilasciata sul suolo ridotta in piccoli frammenti. Poiché le due lavorazioni differiscono anche per i tempi di lavoro e per il consumo di combustibile, il costo dell'operazione di sfalcio è stato calcolato per entrambe le macchine operatrici (Tabella 8).

Per le due ipotesi è stato calcolato sia il valore medio del costo sia i valori ottenuti sottraendo e addizionando alla media la deviazione standard, indicati in tabella 1 come limite inferiore e limite superiore rispettivamente.

Tabella 8. Costo dell'operazione di sfalcio realizzata con due differenti tipologie di macchine operatrici, consumi di gasolio ed emissioni di anidride carbonica

Attrezzatura utilizzata per l'operazione di sfalcio	Valore del limite inferiore del costo di lavorazione (€ ha <sup>-1</sup> )	Valore medio del costo di lavorazione (€ ha <sup>-1</sup> )	Valore del limite superiore del costo di lavorazione (€ ha <sup>-1</sup> )	Consumo medio gasolio (kg ha <sup>-1</sup> )	Emissione media di CO <sub>2</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )
Falciatrice a barra oscillante	27,27	33,40	39,52	6,30	19,96
Trinciatrice rotativa	45,83	67,05	88,27	13,59	43,09
<b>Valore medio</b>	36,55	50,22	63,89	9,94	31,52

Il differenziale economico di competitività in caso di adesione all'impegno di questo standard, coincide con il costo che l'agricoltore deve sostenere per la realizzazione di un solo intervento annuale di sfalcio (Tabella 8): nel caso studio ammonta mediamente a 33,40 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, con una variazione compresa tra 27,27 e 39,52 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> in caso di utilizzo della falciatrice a barra oscillante, mentre è pari a 67,05 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, con una variazione compresa tra 45,83 e 88,27 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, qualora venga utilizzata una trinciatrice rotativa.

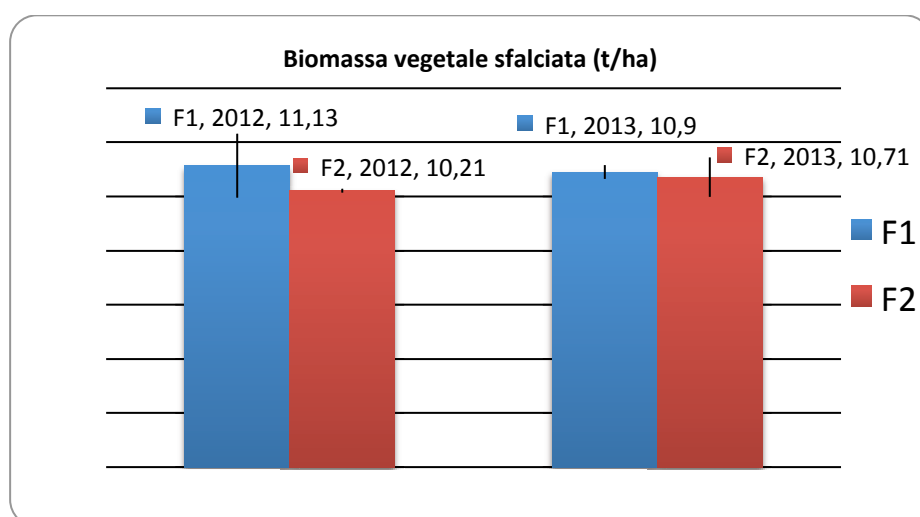
Il valore medio del differenziale di competitività di chi aderisce allo standard, risulta pertanto pari a 50,22 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>, con variazione compresa tra 36,55 e 63,89 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>.

Il rispetto dell'impegno previsto dallo standard si configura come un aumento di costi per l'agricoltore che aderisce al regime di condizionalità. La realizzazione dello sfalcio con le attrezzature sopra descritte, poiché implica consumo di combustibile, provoca l'emissione in atmosfera di 31,52 kg ha<sup>-1</sup> di CO<sub>2</sub> (Tabella 8).

### Misura della biomassa vegetale sfalciata

Uno degli aspetti da valutare nell'ambito dello Standard 4.2, oltre agli effetti delle operazioni di sfalcio sulla biodiversità del suolo, era il peso secco della biomassa vegetale sfalciata e rimossa dal campo, ed espressa in tonnellate/ha. Infatti, allo scopo di prevenire gli incendi, l'operazione di sfalcio (e rimozione) risulta essere molto importante, riducendo il rischio che una quantità di biomassa vegetale eccessiva possa favorire o dar luogo ad un potenziale incendio, soprattutto nelle zone a maggior rischio come quelle del sud Italia. Tale determinazione è stata realizzata in concomitanza con le operazioni di sfalcio, nei tre siti di studio e monitoraggio. I risultati hanno evidenziato valori diversi tra i tre siti ma non significativi tra di loro. In generale, lo sfalcio effettuato a maggio generalmente produce una biomassa lievemente maggiore rispetto a quella effettuata a luglio. I valori di biomassa vegetale sfalciata nei tre siti sono riportati negli istogrammi seguenti (Figure 31, 32 e 33).

## FAGNA



**Figura 31.** Biomassa vegetale residua in seguito alle operazioni di sfalcio rilevata presso i campi di Fagna (CREA -ABP) nel periodo 2012-2013.

## CAORLE

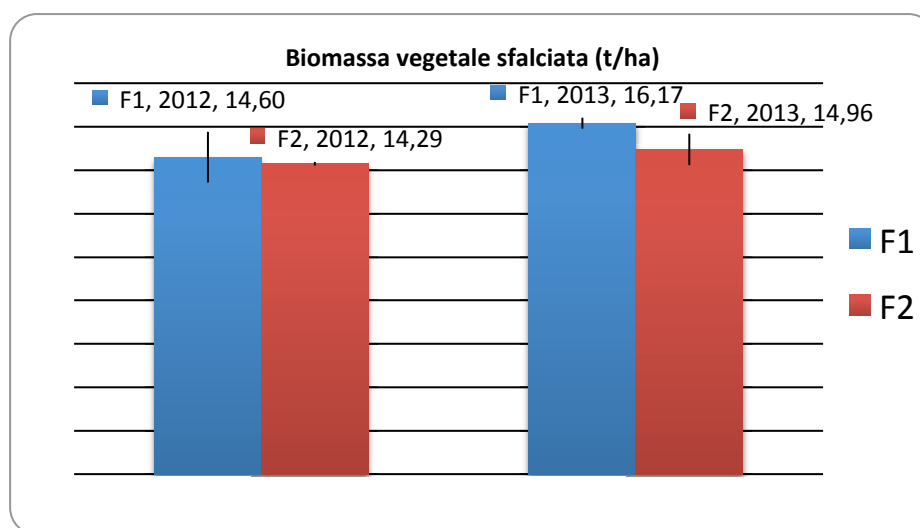


Figura 32. Biomassa vegetale rimossa in seguito alle operazioni di sfalcio rilevata presso i campi di Caorle (Veneto-Agricoltura, Vallevecchia) nel periodo 2012-2013.

## METAPONTO

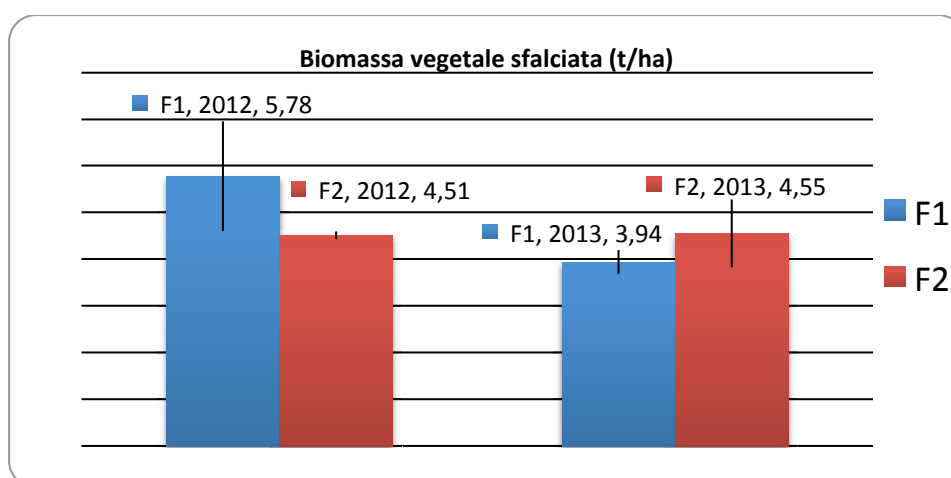
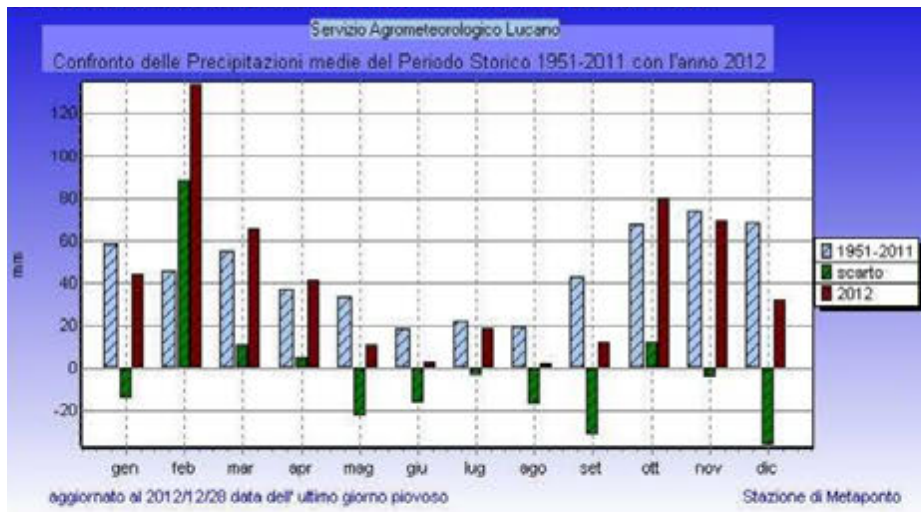


Figura 33. Biomassa vegetale rimossa in seguito alle operazioni di sfalcio rilevata presso i campi di Metaponto (CREA -SSC) nel periodo 2012-2013.

I valori di biomassa vegetale sfalciata più interessanti sono quelli di Metaponto. Infatti, oltre ad essere il sito di monitoraggio maggiormente esposto a condizioni climatiche che favoriscono gli incendi, i dati di Metaponto evidenziano che lo sfalcio a maggio determina una resa piuttosto variabile da un anno all'altro mentre lo sfalcio a luglio ha prodotto una quantità di biomassa molto più costante. Questa differenza sembra essere dovuta alle maggiori precipitazioni

primaverili avvenute nel 2012 rispetto allo stesso periodo del 2013 (Figura 34). Molto più simili sono, invece, i regimi del periodo estivo (da maggio a luglio) precedenti lo sfalciamento di luglio.

a)



b)

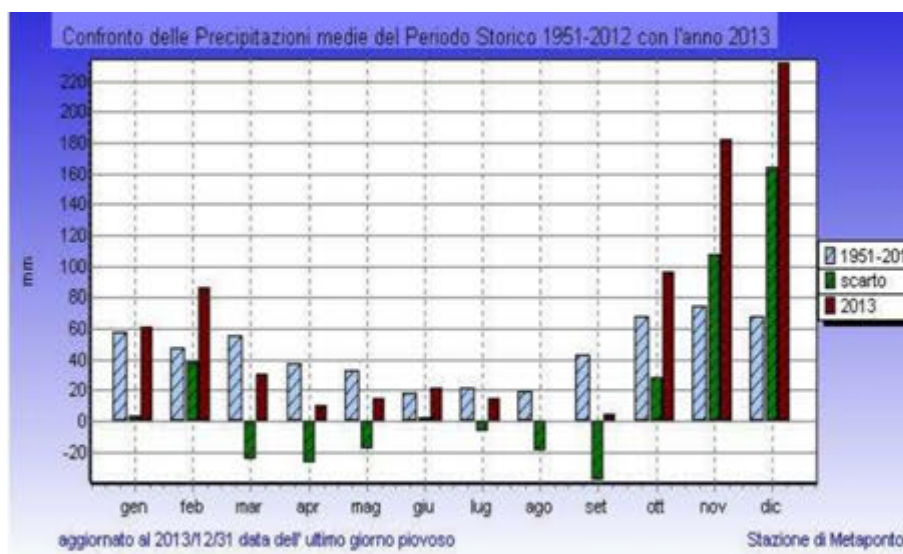


Figura 34. Precipitazioni medie annuali a Metaponto nei periodi 2012 (a) e 2013 (b) ([www.ssabasilicata.it](http://www.ssabasilicata.it))

---

## Discussione e conclusioni

Il monitoraggio degli effetti delle operazioni di sfalcio previste dallo Standard 4.2 di condizionalità è stato condotto in tre siti ubicati nel Nord, Centro e Sud Italia, ed ha permesso di effettuare una valutazione dell'efficacia di questa pratica in realtà molto differenti tra loro, sia dal punto di vista della gestione agronomica che delle condizioni pedoclimatiche. In generale, dai dati sperimentali ottenuti, la gestione delle superfici agricole ritirate dalla produzione risulta essere più efficace rispetto a quella convenzionale sia per stabilizzare e, talvolta, aumentare la biodiversità delle comunità microbiche ed edafica, che per mantenere la qualità biologica dei suoli.

L'analisi dei vari livelli di biodiversità ottenuti attraverso l'utilizzo di più indicatori ha evidenziato differenze significative non solo nell'abbondanza, ma anche nella struttura della comunità batterica ed edafica soprattutto tra le gestioni a set-aside e quelle convenzionali. I dati ottenuti hanno evidenziato che la variabilità maggiore è dovuta alla stagionalità e al tipo di gestione agronomica. Infatti, a livello microbico, la conduzione convenzionale (CTRL) comporta una maggior efficienza nell'uso della sostanza organica disponibile e un maggior contenuto di biomassa microbica rispetto al set-aside (sia F che CF), come già osservato anche da altri autori (Hamer *et al.*, 2008), almeno nel breve periodo. Tuttavia, l'intervento dello sfalcio determina, in generale, un aumento della biodiversità microbica probabilmente determinato sia dalla biomassa vegetale che viene lasciata al suolo dopo lo sfalcio, che dalla biomassa vegetale (epigea ed ipogea) residua, ma anche da un drastico calo della disponibilità di sostanza organica labile fornita direttamente dagli essudati radicali delle piante che vengono sfalciate e che costringono i microrganismi ad adattarsi alle nuove condizioni edafiche.

A livello di mesofauna è stato osservato un aumento relativo dei gruppi emiedafici e euedafici sulle superfici ritirate dalla produzione. I valori di QBS-ar ottenuti nelle parcelle monitorate gestite a set-aside sono stati superiori a 100 EMI, con livelli comparabili a quelli ottenuti da altri autori (Menta *et al.*, 2008; Ferrazzi *et al.*, 2007; Parisi *et al.*, 2005) ottenuti in aree semi-naturali e naturali e confermano i dati di Raglione *et al.* (2011) e di Biaggini *et al.* (2011) su set-aside. Poche sono state le differenze all'interno delle tre diverse gestioni a set-aside (F1, F2, CF). In generale, la tesi fattuale ha favorito una maggiore densità di individui e di gruppi edafici. Il controfattuale, viceversa, in taluni casi ha dato origine alla dominanza di alcuni gruppi più aggressivi. L'esempio più significativo si è registrato nel sito di Caorle dove si è avuto la preponderanza del formicide *S. fugax*. Secondo i rilevamenti di QBS condotti da Menta *et al.* (2008) i campi coltivati con erba medica mostrano valori generalmente elevati; questa potrebbe

essere la spiegazione per cui la rotazione quinquennale in uso a Fagna, che prevede un anno di cereale (frumento o orzo) e quattro di erba medica, ha evidenziato valori di QBS-ar paragonabili alla gestione a pascolo. Di contro, le rotazioni in uso negli altri siti, molto più brevi e depauperanti, hanno determinato valori di QBS inferiori a 100 EMI evidenziando un ambiente suolo ecologicamente instabile. Queste considerazioni potrebbero spiegare anche il livello di diversità batterica rilevato nelle tesi CTRL che mostrano valori confrontabili con le parcelle a set-aside, specialmente quella CF. Era già stato osservato, infatti, che la presenza di erba medica potesse determinare un aumento selettivo sia della biomassa microbica che della sua diversità (Hartmann *et al.*, 2009).

L'analisi PCA ha evidenziato soprattutto tre aspetti: i) un chiaro effetto stagionale che determina significative differenze in termini di biodiversità prima e dopo l'operazione di sfalcio; ii) una netta differenza tra campioni provenienti dalla gestione a set-aside o convenzionale; iii) un lieve ma positivo effetto dello Standard 4.2 sulla biodiversità dei suoli F1 e F2 rispetto a CF.

Infine, i risultati ottenuti in termini di qualità biologica dei suoli e relativa fertilità appaiono ancor più rilevanti considerando che possono essere raggiunti con costi limitati per l'azienda agricola. Infatti, in caso di adesione agli impegni dello standard, a carico dell'agricoltore grava un aumento di costi di modesta entità. Se l'intervento annuale di sfalcio viene eseguito con l'impiego di una falciatrice a barra oscillante l'onere medio aggiuntivo è pari a 33,40 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> mentre con l'utilizzo di una trinciatrice rotativa il maggior costo è pari a 67,05 € ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>. I valori medi delle emissioni di CO<sub>2</sub> saranno rispettivamente pari a 19,96 e 43,09 kg ha<sup>-1</sup>.

In conclusione, a livello generale non si osserva alcuna perdita di biodiversità in seguito all'operazione di sfalcio. Anzi, in alcuni casi la gestione del set-aside incrementa la qualità biologica dei suoli e conseguentemente la sua fertilità. Pertanto, tra i vari possibili tipi di gestione dei ritirati dalla produzione il Fattuale (con sfalcio), non solo è agronomicamente preferibile per il controllo delle infestanti, ma garantisce la presenza di più numerose forme biologiche emi/eu-edafiche, riducendo il rischio di dominanza dei gruppi edafici più aggressivi. Tuttavia, per definire il periodo in cui effettuare l'operazione di sfalcio si dovrebbe anche tener conto delle necessità di un gran numero di altri taxa come, ad esempio, gli uccelli nidificanti al suolo.

---

## Ringraziamenti

Si ringraziano Giorgio Moretti (CREA-ABP), Andrea Rocchini (CREA-ABP), Lorenzo Furlan (VEN-AGR), Francesco Fracasso (VEN-AGR), Francesco Fagotto (VEN-AGR), Francesco Montemurro (CREA-SSC) e tutti i loro altri - eventuali - collaboratori per l'allestimento e la gestione delle aree di monitoraggio presso le aziende, senza il cui apporto questo lavoro non sarebbe stato possibile.

---

## Contributi

**Stefano Mocali:** Coordinatore del WP8, impostazione schema sperimentale, campionamenti suolo, elaborazione dei dati, stesura del testo. **Silvia Landi:** schema sperimentale, campionamenti suolo, analisi dati mesofauna, stesura del testo. **Arturo Fabiani:** campionamenti suolo, analisi microbiologiche. **Raimondo Piccolo:** campionamenti suolo, analisi microbiologiche. **Alessandro Agnelli:** analisi chimiche del suolo. **Rossella Papini:** analisi chimiche del suolo. **Giada d'Errico:** analisi mesofauna. **Giuseppe Mazza:** analisi mesofauna, revisione del testo. **Paolo Bazzoffi:** coordinatore del progetto MO.NA.CO, schema sperimentale. **Marco Fedrizzi:** Responsabile U.O. CREA-ING; monitoraggio del differenziale di competitività, dei tempi di lavoro e della determinazione del costo delle operazioni colturali, rilievo, elaborazione dati per la valutazione del differenziale di competitività e delle emissioni di CO<sub>2</sub>. **Giulio Sperandio, Mauro Pagano, Mirko Guerrieri e Daniele Puri:** monitoraggio del differenziale di competitività, dei tempi di lavoro e della determinazione del costo delle operazioni colturali, rilievo, elaborazione dati. **Francesco Montemurro:** Responsabile U.O. CREA-SSC; allestimento e gestione agronomica dei campi sperimentali di Metaponto. **Angelo Fiore:** allestimento e gestione agronomica dei campi sperimentali, rilievi di campo. **Lorenzo Furlan:** Responsabile U.O. Veneto Agricoltura; gestione agronomica dei campi sperimentali. **Francesco Fracasso:** allestimento prove, rilievi di campo sulle parcelle, raccolta documentazione foto. **Francesco Fagotto:** allestimento prove, rilievi di campo sulle parcelle.

---

## Bibliografia

- Bachelier G, 1986. La vie animale dans le sol. O.R.S.T.O.M., Paris, France.
- Bardgett RD, Lovell RD, Hobbs PJ, Jarvis SC, 1999. Seasonal changes in soil microbial communities along a fertility gradient of temperate grasslands. *Soil Biol. Biochem.* 31:1021-1030.
- Benedetti A, Mocali S, 2009. Analisi a livello di suolo. In: V. Forconi e R. Crosti (eds.) Indicatori di biodiversità per la sostenibilità in agricoltura. Manuali e linee guida 47/2008, ISPRA, pp.159-204.
- Biaggini M, Bazzoffi P, Corti C, Dapporto L, Dellacasa M, Paggetti E, 2007. Diversità animale e agro-ambiente: analisi della fauna ad Artropodi e valutazione della qualità biologica del suolo in un centro sperimentale della Valdera. Tesi di laurea Magistralis in Scienze Naturali. Università degli Studi di Firenze.
- Biaggini M, Bazzoffi P, Gentile R, Corti C, 2011. Effectiveness of the GAEC cross-compliance Standard Rational management of set-aside, Grass strips to control soil erosion and Vegetation buffers along watercourses on surface animal diversity and biological quality of soil. *Ital. J. Agron.* 6(s1):e14.
- Crossley DA, Mueller BR, Perdue JC, 1992. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. *Agric. Ecosys. Environ.* 40:37-46.
- Clarke KR, 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australi. J. Ecol.* 18:117-143.
- Doran JW, Zeiss MR, 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 15:3-11.
- Ferrazzi P, Elia E, Porporato M, Paris, V, 2002. Effetti della solarizzazione sulla microartropofauna di un suolo agrario. pp 331-335 in: Atti XIX° Congresso Nazionale Italiano di Entomologia, Catania.
- Ferrazzi P, Berger F, Verti F, 2007. Biomonitoraggio della qualità dei suoli nei comuni di Age4nda 21 Laghi. 4° Forum di Agenda 21 Laghi, Di.Va.P.R.A. Entomologia e Zoologia Applicate all'Ambiente "Carlo Vidano". Università degli Studi di Torino.
- Hamer U, Makeschin F, Stadler J, Klotz S, 2008. Soil organic matter and microbial community structure in set-aside and intensively managed arable soils in NE-Saxony, Germany. *Appl. Soil Ecol.* 40:465-475.
- Greenberg CH, Forrest TG, 2003. Seasonal abundance of ground-occurring macroarthropods in forest and canopy gaps in the southern Appalachians. *South. Nat.* 2:591-608.



- Jacomini C, Nappi P, Sbrilli G, Mancini L, 2000. Indicatori ed Indici eco tossicologici e biologici applicati al suolo: stato dell'arte. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA).
- Menta C, Leoni A, Bardini M, Gardi C, Gatti F, 2008. Nematode and microarthropod communities: comparative use of soil quality bioindicators in covered dump and natural soils. *Environ. Bioind.* 3:35-46.
- Parisi V, 1974. *Biologia e ecologia del suolo*. Ed. Boringhieri, Torino.
- Parisi V, Menta C, Gardi C, Jacomini C, Mozzanica E, 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agr. Ecosys. Environ.* 105:323-333.
- Raglione M, Lorenzoni P, Bonifazi A, Nannelli R, Gagnarli E, Bazzoffi P, Gentile R, 2011. Effectiveness of the GAEC cross-compliance Standard Rational management of set-aside (weed control through mowing) in assuring a minimum level of habitats maintenance. *Ital. J. Agron.* 6(s1):e13.
- Schon NL, Mackay AD, Minor MA, 2011. Soil fauna in sheep-grazed hill pastures under organic and conventional livestock management and in an adjacent ungrazed pasture. *Int. J. Soil Biol.* 54:161-168.
- Smalla K, Wieland G, Buchner A, Zock A, Parzy J, Kaiser S, Roskot N, Heuer H, Berg G, 2001. Bulk and rhizosphere soil bacterial communities studied by denaturing gradient gel electrophoresis: plant-dependent enrichment and seasonal shifts revealed. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:4742-4751.
- Talarico F, Romeo M, Mazzei A, Brandmayr TZ, Brandmayr P, 2006. Valutazione della qualità biologica del suolo (QBS) in un agrumeto della provincia di Vibo Valentia. Atti XVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia, Viterbo e Civitavecchia.
- Van Buskirk J, Willi Y, 2004. Enhancement of farmland biodiversity within set-aside land. *Conserv. Biol.* 18:987-994.
- Waldrop MP, Firestone MK, 2006. Seasonal dynamics of microbial community composition and function in oak canopy and open grassland soils. *Microb. Ecol.* 52:470-479.