

## Efficacia ambientale dello Standard 4.2 di BCAA sulla biodiversità nei suoli agrari ritirati dalla produzione e valutazione del differenziale economico di competitività indotto dallo standard a carico delle aziende agricole, parte I

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> 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> Paolo Bazzoffi,<sup>1</sup> Marta Biaggini,<sup>3</sup> Pietro Lo Cascio,<sup>4</sup> Claudia Corti<sup>3</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, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Monterotondo (RM), Italia

<sup>3</sup>Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia "La Specola", Firenze

<sup>4</sup>Associazione Nesos, Lipari (ME), Italia

Autore corrispondente: Stefano Mocali  
E-mail: stefano.mocali@crea.gov.it

Parole chiave: Condizionalità; sviluppo rurale; Standard 4.2; biodiversità nei suoli agrari; 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".

Contributi: Stefano Mocali: Coordinatore del WP8, impostazione schema sperimentale, campionamenti suolo, elaborazione dei dati, stesura del testo. Silvia Landi: schema sperimentale, campionamenti, analisi dati mesofauna, stesura del testo. Arturo Fabiani: campionamenti suolo, analisi microbiologiche. Raimondo Piccolo: campionamenti suolo, analisi microbiologiche. Alessandro Agnelli: 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. Marta Biaggini: campionamento artropodofauna, analisi dati, stesura del testo. Claudia Corti: Responsabile dell'Unità MZUF, schema sperimentale, campionamento artropodofauna, analisi dati, stesura del testo. Pietro Lo Cascio: analisi artropodofauna epigea. Marco Fedrizzi: Responsabile U.O. CREA-ING; impostazione metodologica del monitoraggio del differenziale di competitività, applicazione della metodologia di rilievo 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: Impostazione metodologica del monitoraggio del differenziale di competitività, applicazione della metodologia di rilievo dei tempi di lavoro e della determinazione del costo delle operazioni colturali, rilievo, gestione ed elaborazione dati per la valutazione del differenziale di competitività e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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

©Copyright S. Mocali et al., 2015  
Licenziatario PAGEPress, Italy  
Italian Journal of Agronomy 2015; 10(s1):711  
doi:10.4081/ija.2015.10.s1.711

Questo articolo è distribuito secondo i termini della licenza Noncommercial Creative Commons Attribution (by-nc 3.0) che permette qualsiasi uso non commerciale, la distribuzione e la riproduzione con qualsiasi mezzo, a condizione che l'autore (autori) originale(i) e la fonte siano accreditati.

### Riassunto

Nella riforma della PAC del 2005 è stato introdotto il principio della Condizionalità che consente l'accesso al pagamento unico per gli agricoltori solo "a condizione" che sia rispettata una serie di impegni definiti, rispettivamente, Criteri di Gestione Obbligatorie (CGO) e Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA). In particolare, lo Standard 4.2 di BCAA ha l'obiettivo di assicurare la corretta gestione delle superfici ritirate dalla produzione tramite specifiche pratiche agronomiche consistenti in operazioni di sfalcio o altre operazioni

equivalenti volte alla conservazione e alla tutela della biodiversità, considerata una delle principali sfide ambientali della nuova PAC.

In questo lavoro si riportano i risultati del monitoraggio dell'efficacia dello Standard 4.2 sulla biodiversità del suolo. Il monitoraggio ha riguardato sia i microrganismi che la fauna del suolo, ovvero tutta quella biodiversità "invisibile" che rappresenta l'elemento chiave della fertilità e della sostenibilità dei suoli nonché quella relativa agli Artropodi epigei. Due diverse gestioni di set-aside sono state confrontate in tre diverse aree: Caorle (VE), Fagna (FI) e Metaponto (MT). I risultati hanno evidenziato un lieve, ma significativo aumento della biodiversità nelle tesi sottoposte a operazioni di sfalcio (fattuali).

## 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 accedere 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 Obbligatoria (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 (Mantenimento Habitat e Paesaggio), 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 che vengano garantiti gli obiettivi di conservare il potenziale produttivo attraverso operazioni di sfalcio o interventi equivalenti senza tuttavia alterarne in modo negativo sia la fertilità biologica che la biodiversità del suolo. Infatti, i terreni ritirati dalla produzione, grazie alla presenza di copertura vegetale durante tutto l'anno, fungono da aree rifugio e di riproduzione per numerose specie di animali. Inoltre, con questo tipo di pratica agronomica si dovrebbero preservare tutti quegli organismi tellurici specializzati alla vita sotterranea (es. batteri, funghi, microartropodi, ecc.) che rappresentano un'enorme riserva di biodiversità "invisibile" fondamentale per la fertilità e la sostenibilità del suolo e che, altrimenti, non potrebbero sopravvivere nei terreni periodicamente lavorati. Lo scopo principale del lavoro è stato quello di ottenere valutazioni quantitative sull'efficacia della misura dello Standard di condizionalità 4.2 nei confronti del mantenimento della biodiversità del suolo a diverse scale di grandezza, comprendendo microrganismi (microflora), microartropodi (mesofauna) e artropodi epigei. Il monitoraggio, eseguito utilizzando più bioindicatori, è quindi finalizzato a fornire indicazioni di gestione che tengano conto di esigenze ecologiche diverse.

## Materiali e metodi

### Campi sperimentali

I campi sperimentali di questo monitoraggio sono stati mantenuti a set-aside a partire dal 2008 dopo esser stati precedentemente utilizzati per colture cerealicole convenzionali con differenti rotazioni. Le indagini sono state condotte in tre aziende agricole situate rispettivamente al nord, al centro e al sud della penisola (Figura 1): nell'Italia settentrionale il sito sperimentale è stato individuato nell'azienda agricola "Valle Vecchia" di Veneto Agricoltura a Caorle (VE; 45°37'51.21"N-12°58'10.29"E), che 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 è basata sull'alternanza di mais e sorgo. Nell'Italia centrale il sito sperimentale è situato nell'azienda del Centro Sperimentale di Fagna del CREA-ABP 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 quattro di erba medica). Nell'Italia meridionale il sito sperimentale è situato presso l'azienda "Pantanello" del CREA-SSC

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 è quadriennale e consiste di tre anni di frumento duro e uno di maggese.

Lo stesso disegno sperimentale è stato messo a punto in ciascun sito con tre tesi a confronto: i) Fattuale (F), sfalcio realizzato in luglio senza ritiro della copertura vegetale; ii) Controfattuale (CF), appezzamento senza sfalcio; iii) Controllo (CTRL), appezzamento con la rotazione tradizionale. L'area totale delle tre parcelle è di circa 1,5 ha (0.5 ha per parcella) con una fascia ecotonale su almeno un lato.

### Raccolta dei campioni di suolo

Per le analisi microbiche e della mesofauna i campioni di suolo sono stati raccolti separatamente nel settembre 2012 (post-sfalcio) e nel maggio 2013 (pre-sfalcio) in tre punti spaziali diversi per ciascuna parcella, a circa 20 m, 40 m e 60 m dalla fascia ecotonale. Per ogni punto è stato prelevato un campione di suolo di circa 2 Kg, di cui uno dedicato all'analisi della mesofauna (un cubo di 10 cm di lato) mediante apposito carotatore. Ogni campione è stato posto in un sacchetto di plastica e conservato a 4°C fino all'arrivo in laboratorio. Per ciascun campione di suolo è stato quindi allestito un sottocampione di circa 50 g destinato alle analisi molecolari e conservato a -20°C.

### Raccolta dell'artropodofauna epigea

Nello stesso periodo gli artropodi epigei sono stati campionati nelle tesi F, CF e CTRL utilizzando trappole a caduta, secondo la metodologia descritta in Biaggini *et al.* (2015) Per ogni area di monitoraggio sono state collocate tre trappole per tesi. Sono state effettuate due raccolte (della durata di 14 giorni ciascuna) nel periodo pre-sfalcio (aprile-maggio) e due raccolte nel periodo post-sfalcio (settembre-ottobre).

### Analisi microbiologiche

Il monitoraggio della biodiversità a scala microbica è stato condotto sia attraverso tecniche molecolari come la Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE), che biochimiche mediante la determinazione di respirazione e biomassa microbica del suolo.

L'analisi molecolare DGGE è stata condotta sui geni 16S rRNA come riportato in Castaldini *et al.* (2005), previa estrazione degli acidi



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

nucleici (DNA e RNA) mediante il Fast DNA SPIN kit for soil (MP Biomedicals, OH, USA). In particolare è stata analizzata la regione V6-V8 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 (Ingenu, The Netherlands).

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), indici comunemente utilizzati come indicatori di qualità del suolo (Bloem *et al.*, 2005).

### Analisi della comunità dei microartropodi

Per l'estrazione dei microartropodi sono stati utilizzati i selettivi Berlese-Tullgren e il materiale raccolto è stato analizzato allo stereo microscopio. La determinazione tassonomica degli artropodi è stata limitata all'identificazione dei taxa fino al livello di ordine. La comunità dei microartropodi è stata caratterizzata mediante: i) l'abbondanza degli individui a mq; ii) la ricchezza di taxa; iii) rapporto acari/collemboli (Bachelier, 1986); iv) QBS-ar come illustrato da Parisi *et al.* (2005); i valori sono espressi come punteggio EMI (Indice Eco-Morfologico), variabile da 1 a 20 per ogni forma biologica adattata alla vita edafica.

### Analisi della diversità dell'artropodofauna epigea

Tutti gli artropodi sono stati determinati a livello tassonomico di ordine; i Coleotteri a livello di famiglia. Per entrambi gli indicatori, per ogni trappola, è stato calcolato l'indice di biodiversità di Shannon-Wiener nei due periodi di campionamento, pre-sfalcio e post-sfalcio. Nel presente articolo si riportano, in maniera descrittiva, alcuni dei pattern di diversità dell'artropodofauna mentre per un'analisi approfondita dei possibili effetti dello Standard sugli artropodi epigei si rimanda a Biaggini *et al.* (2015).

### Analisi statistica

Le differenze significative tra le varie gestioni di suolo e la comunità dei batteri e dei microartropodi sono state condotte 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 (l'Indice di Shannon per Artropodi, Coleotteri e Batteri, il numero di specie batteriche), degli indicatori di qualità biologica del suolo (il rapporto A/C tra Acari e Collemboli, l'indice QBS-ar) e anche di indicatori di attività biologica del suolo (C<sub>bas</sub>, C<sub>cum</sub>, C<sub>mic</sub>, qCO<sub>2</sub>, qM).

### 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, 2003b). 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

### Biodiversità microbica

I valori di biodiversità microbica sono espressi attraverso l'Indice di diversità di Shannon (H') (Figura 2), sulla base dei profili DGGE (*Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*). Le analisi molecolari non hanno evidenziato alcuna riduzione significativa della biodiversità batterica nelle tesi fattuali in nessuno dei tre siti nel periodo 2012-2013. Al contrario, le tesi sottoposte a operazioni di sfalcio (F) 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 (P=0,012 e P=0,038, rispettivamente). In generale, invece, i valori di biodiversità relativi alle parcelle con colture

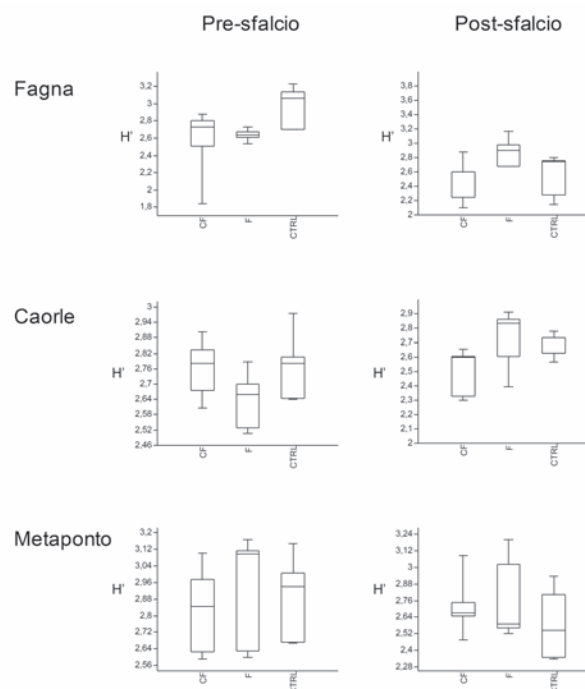


Figura 2. Boxplots raffiguranti i valori medi dell'indice di Shannon (H') relativo alla biodiversità batterica dei siti di Caorle, Fagna e Metaponto nel biennio 2012-2013, nei periodi pre- e post-sfalcio, ottenuti mediante analisi PCR-DGGE.



intensive (CTRL) sono paragonabili a quelli della tesi CF. I dati biochimici rivelano che l'operazione di sfalcio, dopo un solo anno di monitoraggio ha avuto effetti generalmente moderati sulla fertilità biologica del suolo (Tabella 1). A Fagna si è osservato un significativo aumento della biomassa microbica nelle parcelle fattuali (e nel CTRL) nel periodo post-sfalcio rispetto al periodo pre-sfalcio, al contrario di quanto è emerso nelle parcelle controfattuali. I valori di mineralizzazione del carbonio organico e di respirazione microbica sembrano aumentare nel set-aside, rispetto al convenzionale. In particolare le parcelle CF hanno evidenziato il maggiore incremento. A Caorle si è osservato una generale diminuzione delle attività microbiche nel periodo post-sfalcio e un contemporaneo incremento dei livelli di biomassa microbica, soprattutto nelle parcelle a seminativo (CTRL). Al di là dell'effetto stagionale, non sono emerse differenze significative tra tesi F e CF. A Metaponto, infine, si è osservato un generale aumento sia di attività che di biomassa microbica. In termini di respirazione microbica e di mineralizzazione del C organico i valori più bassi sono stati rilevati nei campioni delle parcelle a seminativo (CTRL) mentre tra F e CF non sono emerse differenze significative. Da osservare che

un indice di qualità del suolo come il  $qCO_2$ , solitamente proporzionale al livello di stress del sistema, è generalmente maggiore nelle parcelle a set-aside piuttosto che in quelle convenzionali. Questo è probabilmente dovuto alla maggiore disponibilità di sostanza organica che viene apportata nelle parcelle a seminativo attraverso la concimazione convenzionale che viene stabilizzata come biomassa microbica mentre il livello di attività microbica e di mineralizzazione della sostanza organica decresce.

### Biodiversità della mesofauna

In tutti e tre i siti, le tesi F e CF hanno evidenziato una densità di microartropodi/m<sup>2</sup> superiore alla tesi CTRL. Tali differenze sono state significative solo nel sito di Fagna dove le densità in F, CF e CTRL sono state rispettivamente di 2280, 1667 e 983. La più alta densità è stata riscontrata nel sito di Caorle nella tesi CF (9307 microartropodi/m<sup>2</sup>) a causa della presenza del formicide *Solenopsis fugax* Latreille (Hymenoptera: Formicidae). Inoltre, le tesi fattuali hanno fatto registrare il più alto numero di taxa presenti con valori sempre significativi

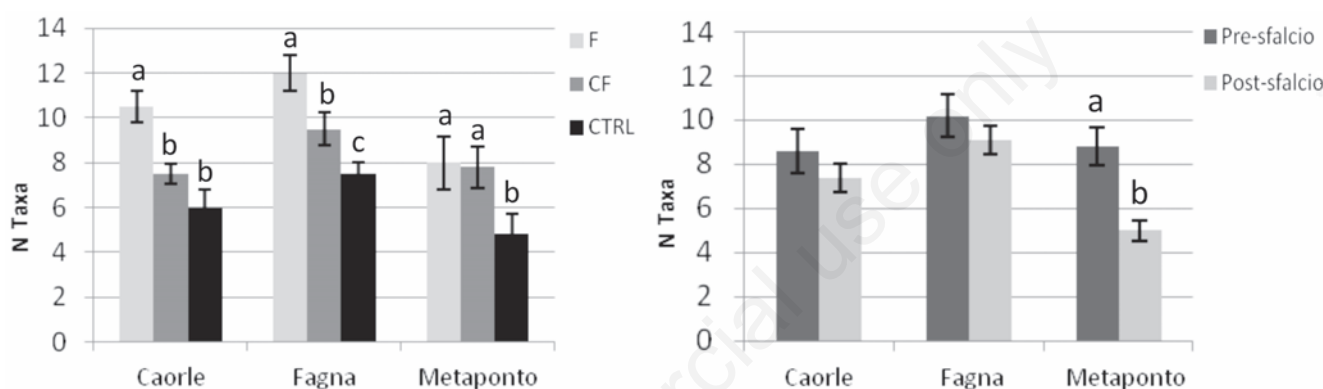


Figura 3. Numero di taxa di microartropodi del suolo nei siti di Caorle, Fagna e Metaponto durante il periodo di monitoraggio: A, gestione; B, pre e post-sfalcio.

Tabella 1. Indici di fertilità biologica del suolo delle parcelle fattuali (F), controfattuali (CF) e di convenzionali (CTRL): respirazione basale  $C_{bas}$  (mg C-CO<sub>2</sub>/kg suolo), respirazione cumulativa  $C_{cum}$  (mg C-CO<sub>2</sub>/kg suolo), carbonio della biomassa microbica (mg C/kg suolo), quoziente di mineralizzazione (%) e quoziente metabolico ( $C_{bas}/C_{mic} \times 1000/24h$ ).

		FAGNA				
		$C_{bas}$	$C_{cum}$	qM	$C_{mic}$	$qCO_2$
Pre-sfalcio	CF	8,66	412,53	6,63	209,88	5,23
	F	10,60	537,51	9,63	89,79	6,10
	CTRL	10,28	489,58	9,20	92,92	4,86
Post-sfalcio	CF	13,01	606,02	12,02	162,84	3,34
	F	10,33	444,71	9,48	129,54*	3,39
	CTRL	6,90*	296,12*	7,12	183,02*	1,69*
		CAORLE				
		$C_{bas}$	$C_{cum}$	qM	$C_{mic}$	$qCO_2$
Pre-sfalcio	CF	12,06	512,92	11,89	59,08	14,33
	F	17,93	745,18	14,30	37,80	19,75
	CTRL	12,86	538,13	13,37	24,97	34,95
Post-sfalcio	CF	8,39*	379,19*	8,01	116,66*	3,07*
	F	9,07*	422,85*	10,56*	133,38*	2,87*
	CTRL	5,52*	270,45*	5,11*	141,29*	1,66*
		METAPONTO				
		$C_{bas}$	$C_{cum}$	qM	$C_{mic}$	$qCO_2$
Pre-sfalcio	CF	9,76	512,60	7,20	80,00	5,45
	F	9,79	525,73	6,42	114,21	3,62
	CTRL	10,76	580,50	7,82	106,17	4,25
Post-sfalcio	CF	11,98	624,08*	5,59	268,22*	1,88*
	F	13,40*	711,83*	5,55*	235,58*	2,39*
	CTRL	7,14*	324,10*	4,52*	295,58*	1,01*

\*Values significantly different between the pre-mowing and post-mowing at  $P < 0.05$ .

rispetto al controllo (Figura 3) e talvolta anche al controfattuale (Caorle e Fagna). Nessuna differenza è stata riscontrata tra il pre- e post-sfalcio, tranne che per il sito di Metaponto dove nel post-sfalcio si è rilevato un abbassamento del numero di taxa presenti, probabilmente dovuto alla forte siccità nel periodo del post-sfalcio (estate-autunno). La distribuzione dei diversi taxa ha evidenziato differenze marcate tra le varie gestioni: su un totale di 18 taxa estratti dai tre siti, il numero più elevato di essi è stato ritrovato nel sito di Fagna. Gli Oribateidi sono stati il gruppo dominante tra gli acari. Per gli insetti i Formicidi hanno predominato tra gli Imenotteri; gli Agromizidi e i Cecidomiidi, noti fitofagi di cereali, tra i Ditteri; Carabidi, Stafilinidi, Curculionidi, Crisomelidi, Scarabeidi, Elateridi sono state le famiglie principali di Coleotteri ritrovati in quest'anno di monitoraggio.

Imenotteri, Acari e Collemboli sono stati i taxa dominanti nel sito di Caorle, ma con una diversa distribuzione in base al tipo di gestione (Figura 4). La tesi CF ha mostrato la più bassa presenza di Acari e una vera e propria dominanza degli Imenotteri quasi esclusivamente costituiti dalla sola specie *S. fugax*. Molto più equilibrata, viceversa, è stata la struttura della comunità di Fagna e in misura minore del Metaponto, dove hanno prevalso Acari e Collemboli. Inoltre, i taxa Diplopodi, Isopodi e Sinfili sono stati ritrovati in maggiore abbondanza nelle tesi fattuali e controfattuali.

Gli indici bio-qualitativi sui microartropodi (rapporto A/C e QBS-ar) hanno registrato i valori più elevati nel fattuale (Tabella 2). Il rapporto A/C è risultato inferiore ad 1 solo nella tesi CF di Caorle e nel CTRL di Fagna e i valori di QBS-ar sono stati maggiori di 100 in tutti i regimi a set-aside (tesi F e CF). Le tre rotazioni convenzionali, caratterizzate da differenti gradi di disturbo del suolo, hanno fatto registrare valori di QBS-ar compresi tra 78 e 125.

### Biodiversità degli Artropodi epigei

Osservando i valori dell'Indice di Shannon calcolato sugli ordini di artropodi (Figura 5), si nota che la diversità nella tesi fattuale nel

periodo post-sfalcio raggiunge i livelli più alti tra quelli registrati nelle tre aree di monitoraggio.

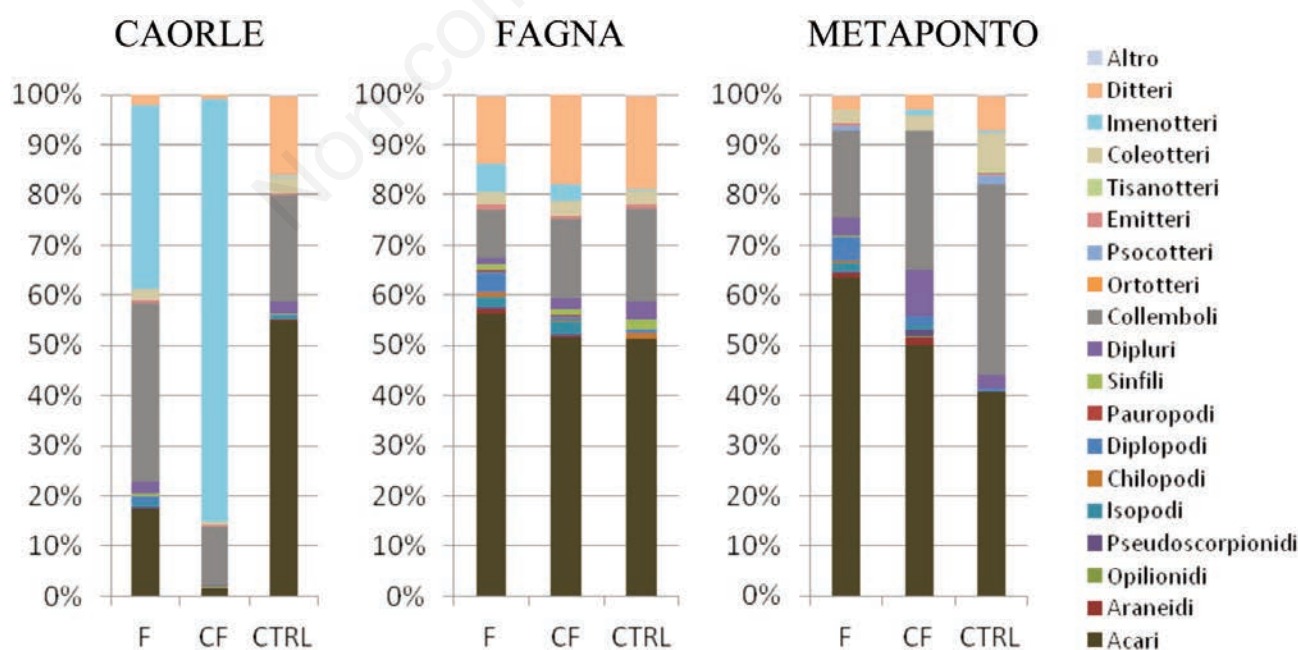
Lo stesso indice calcolato sulle famiglie di Coleotteri mostra un pattern maggiormente uniforme tra tesi e tra periodi di campionamento. La tesi fattuale, mostra valori del tutto comparabili (Caorle) o tendenzialmente superiori (Fagna nel periodo post-sfalcio e Metaponto) rispetto al controfattuale e al controllo.

Analisi più approfondite sull'artropodofauna superficiale in relazione ai possibili effetti dello Standard sono espone in Biaggini *et al.* (2015).

**Tabella 2. Media del rapporto acari collemboli e dell'indice QBS-ar dei microartropodi (errore standard) estratti da campioni di suolo raccolti da repliche di campo (n=3) nei siti di Caorle, Fagna e Metaponto.**

	Acari/Collemboli	QBS-ar
<b>Caorle</b>		
Fattuale - Sfalcio luglio	2,34 (1,25)	121,0 (10,28)
Controfattuale - No sfalcio	0,4 (0,16)	117,5 (9,17)
Convenzionale - Rotazione	1,3 (0,55)	87,0 (20,12)
<b>Fagna</b>		
Fattuale - Sfalcio luglio	9,3 (3,12) <sup>a</sup>	175,5 (12,30) <sup>a</sup>
Controfattuale - No sfalcio	4,2 (0,98) <sup>ab</sup>	174,0 (6,26) <sup>a</sup>
Convenzionale - Rotazione	0,8 (0,14) <sup>b</sup>	125,0 (1,34) <sup>b</sup>
<b>Metaponto</b>		
Fattuale - Sfalcio luglio	20,7 (8,01) <sup>a</sup>	134,5 (27,95)
Controfattuale - No sfalcio	12,7 (3,73) <sup>ab</sup>	125,0 (21,02)
Convenzionale - Rotazione	1,4 (0,94) <sup>b</sup>	78,5 (7,38)

<sup>a,b</sup>Lettere differenti indicano differenze significative per  $P < 0,05$ .



**Figura 4. Abbondanza relativa dei taxa di microartropodi del suolo per sito nelle tre tipologie di gestione (F, Fattuale con sfalcio in luglio; CF, Controfattuale; CTRL, Controllo).**

### Analisi 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 si distinguono bene soprattutto seminativo e set-aside lungo la prima componente principale (C1) riportata lungo l'asse delle ascisse (Figura 6a). In generale il seminativo presenta maggiore biomassa microbica e diversità di Coleotteri, soprattutto in autunno, mentre il set-aside mostra più attività e biodiversità microbica. L'effetto stagionale discrimina molto chiaramente i campioni rispetto alla seconda componente principale (C2), riportata lungo l'asse delle ordinate: è molto evidente nel seminativo, meno evidente nel set-aside sfalcciato (Fattuale) e ancora meno nel non sfalcciato (Controfattuale). In riferimento allo Standard 4.2, si osserva anche che i campioni mostrano una maggior diversità microbica in primavera (pre-sfalci) rispetto all'autunno (post-sfalci), in cui invece si rilevano valori maggiori di QBS-ar, diversità di artropodi, biomassa microbica, A/C e respirazione microbica. L'effetto dello Standard 4.2 è quindi positivo ma di lieve entità.

A Caorle si evidenzia molto chiaramente un forte effetto stagionale su tutte le parcelle lungo la componente C1 (Figura 6b). In generale in primavera (pre-sfalci) si rileva una maggiore attività e biodiversità microbica, maggiore QBS e diversità di Coleotteri rispetto all'autunno (post-sfalci) quando invece si rileva una maggiore biomassa microbica. Si evidenzia molto bene anche la separazione tra seminativo e set-aside lungo l'asse C2 mentre non si rileva un effetto significativo del-

l'operazione di sfalcio. In particolare il seminativo presenta una maggiore diversità microbica e di Coleotteri, mentre il set-aside maggiori valori di attività microbica, di QBS-ar e di diversità degli artropodi epigei. L'effetto dello Standard 4.2 è quindi trascurabile.

Anche a Metaponto si evidenzia molto chiaramente un forte effetto stagionale su tutte le parcelle lungo l'asse C1 (Figura 6c). In generale in primavera (pre-sfalci) si rileva una maggiore biodiversità microbica, maggiore QBS-ar e mineralizzazione del C organico rispetto all'autunno (post-sfalci) quando invece si rileva una maggiore biomassa microbica. Si evidenzia molto bene anche la separazione tra seminativo e set-aside lungo l'asse C2. In particolare il set-aside presenta una maggiore attività microbica e A/C ma anche valori di diversità di Coleotteri e artropodi epigei più elevati rispetto al seminativo, dove invece si osserva una maggiore (seppur lieve) biodiversità microbica. Nel set-aside queste tendenze sono più marcate, anche se di poco, in seguito all'operazione di sfalcio. L'effetto dello Standard 4.2 è quindi lieve ma positivo.

### 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

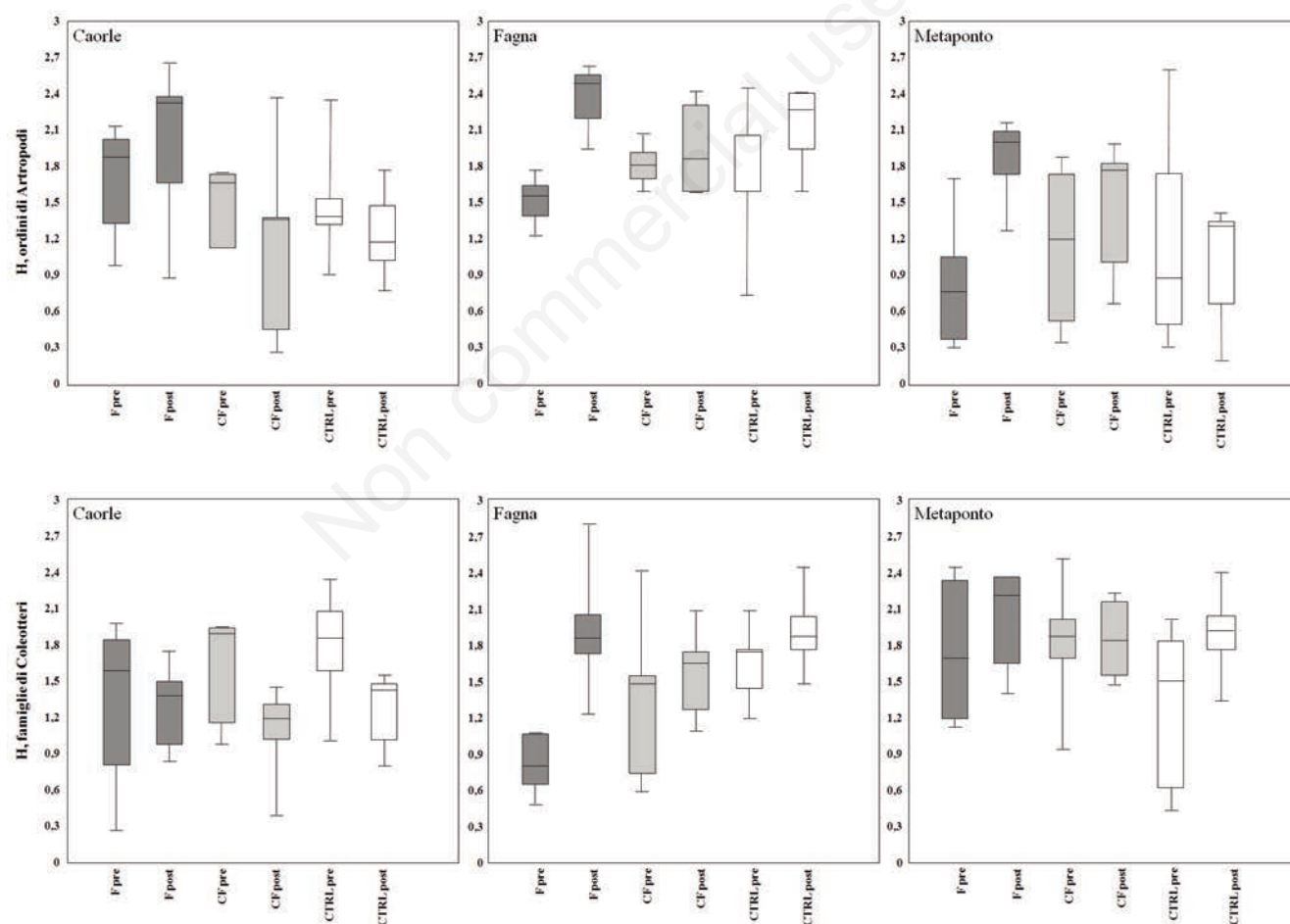
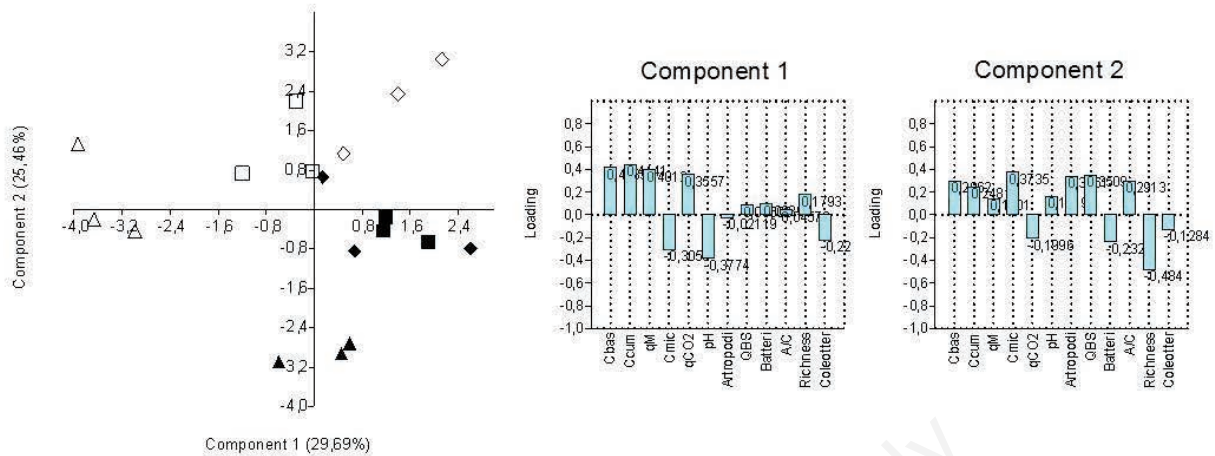
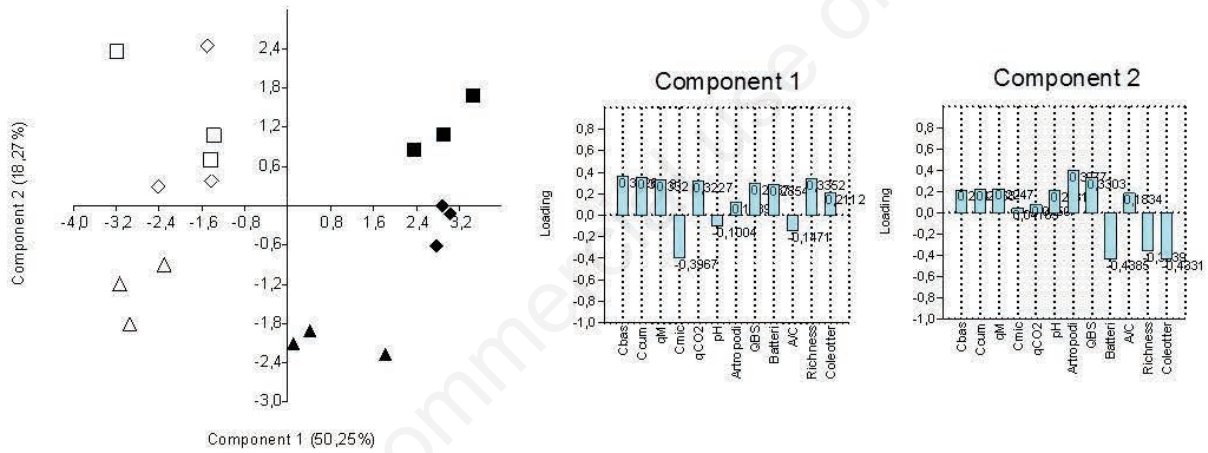


Figura 5. Valori dell'Indice di Shannon (H) calcolato per gli ordini di Artropodi (sopra) e per le famiglie di Coleotteri (sotto), registrati nelle tre tesi (F, fattuale; CF, controfattuale; CTRL, controllo), nelle tre aree di monitoraggio, nei periodi pre-sfalci (PRE) e post-sfalci (POST) (i boxplot raffigurano mediana, 25-75% quartili e valori estremi). The boxplots represent the median, 25-75% quartiles and the extreme values.

a) PCA (FAGNA)



b) PCA (CAORLE)



c) PCA (METAPONTO)

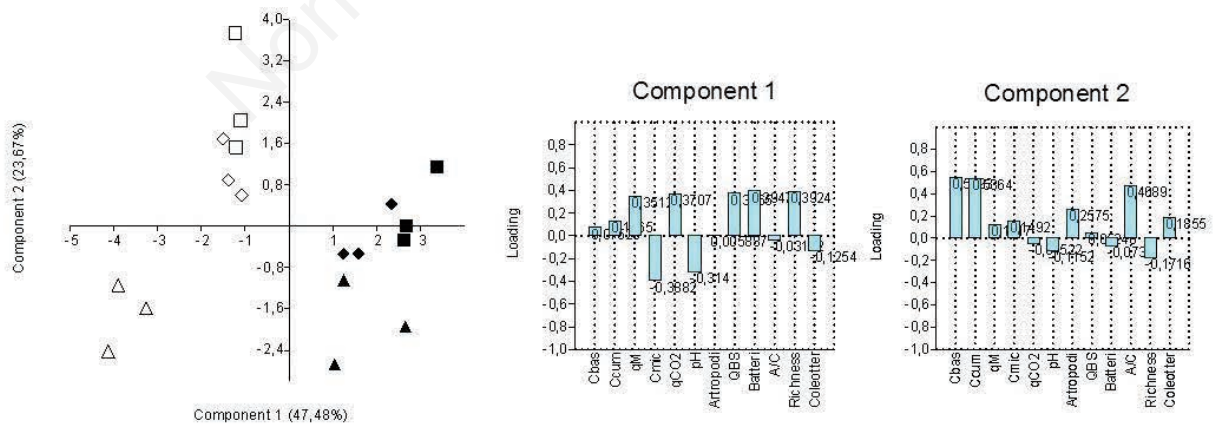


Figura 6. Analisi delle Componenti Principali (PCA) dei campioni di Fagna, Caorle e Metaponto.  $\triangle$  , CTRL post-sfalcio;  $\blacktriangle$  , CTRL pre-sfalcio;  $\square$  , F post-sfalcio;  $\blacksquare$  , F pre-sfalcio;  $\diamond$  , CF post-sfalcio;  $\blacklozenge$  , CF pre-sfalcio. A destra i loadings delle singole variabili per le due componenti considerate.



**Tabella 3. 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
Valore medio	36,55	50,22	63,89	9,94	31,52

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 3).

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.

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 3): 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 3).

## Discussione e conclusioni

Il monitoraggio degli effetti delle operazioni di sfalcio previste dallo Standard 4.2 di condizionalità condotto in tre siti ubicati nel Nord, Centro e Sud Italia, 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 delle prove che delle condizioni pedoclimatiche. In generale, dai dati sperimentali ottenuti, la gestione delle superfici agricole ritirate dalla produzione sembra essere efficace sia per stabilizzare e, talvolta, aumentare la biodiversità delle comunità microbiche, edafica e degli artropodi 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, edafica e degli artropodi epigei soprattutto tra le gestioni a set-aside e quelle convenzionali. I dati ottenuti hanno evidenziato che, 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 da altri autori (es. 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. Anche 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) 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 due diverse gestioni a set-aside. 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'apporto di biomassa vegetale al suolo in seguito allo sfalcio è probabilmente uno dei principali fattori che determinano anche un evidente aumento del livello di artropodofauna epigea in tutte e tre le aree monitorate, come già osservato da altri autori (Thomas e Marshall, 1999). A livello di coleotteri, tuttavia, questo si rileva solo a Fagna. Utilizzando l'approccio degli *higher taxa*, e in particolare il livello di ordine, è emerso infatti che nelle parcelle fattuali l'artropodofauna nel periodo post-sfalcio mostra livelli di diversità relativamente superiori a quelli misurati nelle altre parcelle (ritirate dalla produzione senza esecuzione dello sfalcio e seminativi) e che crescono rispetto ai valori del periodo pre-sfalcio, indipendentemente dall'area di monitoraggio e dai trend di variazione stagionale (Biaggini *et al.*, 2015). In generale, lo sfalcio può avere effetti benefici sulla ricchezza di specie di alcuni taxa di artropodi, a scala locale e di paesaggio (Chambers e Samways, 1998; Braschler *et al.*, 2009; Marini *et al.*, 2009). 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.

L'analisi PCA ha evidenziato soprattutto due 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 da una gestione a set-aside o convenziona-



le; iii) un lieve ma positivo effetto dello Standard 4.2 sulla biodiversità generale dei suoli monitorati.

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. 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>.

## Bibliografia

- ASAE, 2003a. Standard EP496.2. American Society of Agricultural Engineers Publ., St. Joseph, MI, USA, pp 367-372.
- ASAE, 2003b. Standard D497.4. American Society of Agricultural Engineers Publ., St. Joseph, MI, USA, pp 373-380.
- Bachelier G, 1986. La vie animale dans le sol. O.R.S.T.O.M., Paris, France.
- 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.
- Biaggini M, Lo Cascio P, Bazzoffi P, Corti C, 2015. Effectiveness of GAEC cross-compliance Standard 4.2c for biodiversity conservation in set-asides, part II (superficial Arthropods and Vertebrates). *Ital. J. Agron.* 10(s1):699.
- Biondi P, 1999. Meccanica agraria. Le macchine agricole. Torino UTET, 547-561
- Bloem J, Hopkins DW, Benedetti A, 2005. Microbiological methods for assessing soil quality. CABI Publ.
- Braschler B, Marini L, Heinrich Thommen G, Baur B, 2009. Effects of small-scale grassland fragmentation and frequent mowing on population density and species diversity of orthopterans: a long-term study. *Ecol. Entomol.* 34:321-329.
- Castaldini M, Turrini A, Sbrana C, Benedetti A, Marchionni M, Mocali S, Fabiani A, Landi S, Santomassimo F, Pietrangeli B, Nuti MP, Miclaus N, Giovanetti M. 2005. Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 71:6719-6729.
- Chambers BQ, Samways MJ, 1998. Grasshopper response to a 40-year experimental burning and mowing regime, with recommendations for invertebrate conservation management. *Biodivers. Conserv.* 7:985-1012.
- Clarke KR, 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Austr. 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.
- Felske A, Wolterink A, Van Lis R, Akkermans ADL. 1998. Phylogeny of the main bacterial 16S rDNA sequences in Drentse A grassland soils (The Netherlands). *Appl. Environ. Microbiol.* 64:871-879.
- Ferrazzi P, Elia E, Porporato M, Parisi, 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.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:9.
- Hartmann A, Schmid M, Van Tuinen D, Berg G, 2009. Plant-driven selection of microbes. *Plant Soil* 321:235-257.
- Isermeyer H, 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate in Boden. *Z. Pflanzenern. Bodenkd.* 56:26-38.
- Jacomini C, Nappi P, Sbrilli G, Mancini L, 2000. Indicatori ed Indici ecotossicologici e biologici applicati al suolo: stato dell'arte. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA).
- Manfredi E, 1971. Raccomandazione A.I.G.R. IIIa sezione denominazione, simbolo e unità di misura delle grandezze fondamentali relative all'impiego delle macchine in agricoltura, con particolare riguardo alle colture erbacee. *Riv. Ing. Agr.* 2:258-260.
- Marini L, Fontana P, Battisti A, Gaston KJ, 2009. Response of orthopteran diversity to abandonment of semi-natural meadows. *Agr. Ecosys. Environ.* 132:232-236.
- 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.
- 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.
- Thomas CFG, Marshall EJP, 1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agr. Ecosys. Environ.* 72:131-144.
- Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS, 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 19:703-707.