

Efficacia ambientale dello Standard BCCA di condizionalità 2.2 “Mantenimento del livello di sostanza organica nel terreno mediante l'avvicendamento delle colture” e valutazione economica del differenziale di competitività a carico delle aziende agricole

Lamberto Borrelli,¹ Roberta Farina,² Antonio Melchiorre Carroni,³ Paola Ruda,³ Mauro Salis,³ Paolo Bazzoffi,⁴ Silvia Carnevale,⁴ Andrea Rocchini,⁴ Nino Virzi,⁵ Francesco Intrigliolo,⁵ Massimo Palumbo,⁵ Michele Cambrea,⁵ Alfio Platania,⁵ Fabiola Sciacca,⁵ Stefania Licciardello,⁵ Antonio Troccoli,⁶ Mario Russo,⁶ Marisanna Speroni,¹ Giovanni Cabassi,¹ Luigi Degano,¹ Roberto Fuccella,¹ Rosa Francaviglia,² Ulderico Neri,² Margherita Falcucci,² Giampiero Simonetti,² Olimpia Masetti,² Gianluca Renzi,² Domenico Ventrella,⁷ Vittorio Alessandro Vonella,⁷ Luisa Giglio,⁷ Francesco Fornaro,⁷ Rita Leogrande,⁷ Carolina Vitti,⁷ Marcello Mastrangelo,⁷ Francesco Montemurro,⁸ Angelo Fiore,⁸ Mariangela Diacono,⁸ Lorenzo Furlan,⁹ Francesca Chiarini,⁹ Francesco Fracasso,⁹ Erica Sartori,⁹ Antonio Barbieri,⁹ Francesco Fagotto,⁹ Marco Fedrizzi,¹⁰ Giulio Sperandio,¹⁰ Mauro Pagano,¹⁰ Roberto Fanigliulo,¹⁰ Mirko Guerrieri,¹⁰ Daniele Puri,¹⁰ Michele Colauzzi¹¹

¹CREA -FLC, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Centro di Ricerca per le produzioni Foraggere e Lattiero-Casearie, Lodi; ²CREA-RPS, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Roma; ³CREA-AAM, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Unità di Ricerca per i sistemi Agropastorali in Ambiente Mediterraneo, Sanluri (VS); ⁴CREA-ABP, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Firenze; ⁵CREA-ACM, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT); ⁶CREA-CER, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Centro di Ricerca per la Cerealicoltura, Foggia; ⁷CREA-SCA, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Unità di ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo-aridi, Bari; ⁸CREA-SSC, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Unità di ricerca per lo Studio dei Sistemi Colturali, Metaponto (MT); ⁹Veneto Agricoltura, Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare, Legnaro (PD); ¹⁰CREA-ING, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi per l'economia agraria, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (RM); ¹¹Libero professionista, Italia

Autore corrispondente: Lamberto Borrelli
E-mail: lamberto.borrelli@crea.gov.it

Elaborazione dati e redazione testo a cura: Lamberto Borrelli e Roberta Farina

Parole chiave: Condizionalità; sviluppo rurale; Standard 2.2; avvicendamento; 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: CREA-AAM: Antonio Melchiorre Carroni, coordinatore UO, Paola Ruda e Mauro Salis, stesura del testo ed elaborazione dati, progettazione e allestimento dispositivo sperimentale, conduzione agronomica, rilievi di campo. CREA-ABP: Paolo Bazzoffi, coordinatore del progetto MONACO, allestimento del monitoraggio parcellare, rilievi parametrici in campo, rilievi GPS, elaborazioni GIS, rilievi differenziale competitività, Silvia Carnevale, rilievi in campo e determinazioni analitiche di laboratorio, rilievi differenziale competitività, Andrea Rocchini: rilievi in campo e determinazioni analitiche di laboratorio, rilievi GPS, rilievi differenziale competitività rilievi GIS e GPS, rilievi differenziale competitività. CREA-ACM: Nino Virzi, coordinatore UO, progettazione dispositivo sperimentale, rilievi di campo, stesura del testo; Francesco Intrigliolo, già coordinatore UO ACM, progettazione dispositivo sperimentale; Massimo Palumbo, elaborazione dati e stesura del testo; Michele Cambrea, allestimento dispositivi sperimentali, conduzione agronomica, rilievi di campo, campionamenti; Alfio Platania, allestimento dispositivi sperimentali; Fabiola Sciacca, elaborazione dati; Stefania Licciardello, rilievi di campo, campionamenti, analisi qualitative. CREA-CER: Antonio Troccoli e Mario Russo, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, stesura del testo ed elaborazione dati. CREA-FLC: Speroni Marisanna, Responsabile UO, progettazione dispositivo di monitoraggio, Borrelli Lamberto e Giovanni Cabassi, progettazione e allestimento del dispositivo di monitoraggio rilievi di campo, elaborazione dati e stesura del testo, Degano Luigi, progettazione dispositivo di monitoraggio, Fuccella Roberto rilievi di campo ed elaborazioni dati. CREA-RPS: Rosa Francaviglia, coordinatore UO, stesura del testo ed elaborazione dati, Ulderico Neri, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, stesura del testo ed elaborazione dati, Margherita Falcucci, analisi di laboratorio sui parametri chimici del suolo

Giampiero Simonetti, allestimento delle prove sperimentali e rilievi di campo Olimpia Masetti, analisi di laboratorio sui parametri biochimici e biologici del suolo, Gianluca Renzi, analisi di laboratorio sui parametri biochimici e biologici del suolo, Roberta Farina, elaborazioni dati e stesura testo. CREA-SCA: Domenico Ventrella, coordinatore UO, stesura del testo ed elaborazione dati delle UO, progettazione e allestimento dispositivo di monitoraggio, Vittorio Alessandro Vonella, allestimento dispositivo sperimentali, conduzione agronomica, rilievi di campo, campionamenti, Luisa Giglio, rilievi di campo, campionamenti, elaborazione dati, Francesco Fornaro, rilievi di campo, campionamenti, elaborazione e georeferenziazione dati, Rita Leogrande, rilievi di campo, campionamenti, elaborazione dati, Carolina Vitti, analisi chimiche del suolo di SCA, elaborazione dati, Marcello Mastrangelo, analisi chimiche del suolo. CREA-SSC: Francesco Montemurro, coordinatore UO, allestimento del monitoraggio parcellare, rilievi di campo, contributo alla stesura del testo, Angelo Fiore, allestimento del monitoraggio parcellare, rilievi di campo, Mariangela Diacono, allestimento del monitoraggio parcellare, contributo alla stesura del testo. VENETO AGRICOLTURA: Lorenzo Furlan, coordinatore UO, Francesca Chiarini, allestimento prove sperimentali, stesura del testo ed elaborazione dati, Michele Colauzzi, preparazione protocolli sperimentali, stesura del testo ed elaborazione dati, Francesco Fracasso, allestimento prove, rilievi di campo sulle parcelle, raccolta documentazione foto e video, Erica Sartori, rilievi di campo sulle parcelle, stesura relazioni, Antonio Barbieri, allestimento prove, coordinamento operazioni colturali, Francesco Fagotto rilievi di campo, stesura relazioni. CREA-ING: Marco Fedrizzi responsabile U.O., Giulio Sperandio, Mauro Pagano, Roberto Fanigliulo, Mirko Guerrieri, Daniele Puri, elaborazioni dati e stesura testo.

Ringraziamenti: Fondazione Morando Bolognini. Angelo Passerini, Paolo Broglia, Francesco Savi per l'allestimento e la conduzione agronomica delle parcelle del CREA-FLC. Paolo Tagliabue per l'allestimento delle parcelle della Fondazione Morando Bolognini.

©Copyright L. Borrelli et al., 2015
Licenziatario PAGEPress, Italy
Italian Journal of Agronomy 2015; 10(s1):689
doi:10.4081/ija.2015.689

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

Nell'ambito del Progetto MO.NA.CO è stata valutata l'efficacia ambientale dello Standard BCCA di condizionalità 2.2 "Mantenimento del livello di sostanza organica nel terreno mediante l'avvicendamento delle colture" oltre la valutazione economica del differenziale di competitività a carico delle aziende agricole che aderiscono o meno al regime di condizionalità. Il monitoraggio è stato eseguito in nove aziende sperimentali del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA) distribuite sul territorio nazionale e con caratteristiche pedoclimatiche differenti e dove è stato valutato il livello di sostanza organica del suolo, oltre che ad alcuni parametri produttivi, in caso di monosuccessione di cereale (trattamento controfattuale) ed un avvicendamento biennale cereale-leguminosa o foraggera (trattamento fattuale).

I due anni dell'applicazione dello standard "avvicendamenti" hanno fornito risultati contrastanti per quanto riguarda il mantenimento del livello di sostanza organica del terreno tramite l'avvicendamento colturale, e non sono stati sufficienti a dimostrare una efficacia statisticamente significativa del trattamento in nessuna delle aziende considerate nel monitoraggio, solo in quelle con più anni di monitoraggio si è registrato una leggera efficacia dello standard solo come tendenza. Le variazioni di sostanza organica nei suoli in risposta a modificazioni della tecnica colturale o della gestione del suolo possono avere tempi di latenza abbastanza lunghi e due anni di tempo non sono sicuramente sufficienti a dimostrare la dinamica della SO associata al trattamento, anche in considerazione della grande variabilità interannuale registrata nei diversi siti monitorati.

Introduzione

La sostanza organica (SO) presente nel suolo è l'insieme dei componenti organici che si trovano nel terreno e sulla sua superficie, con l'esclusione della sola biomassa vegetale vivente. Il suo livello nel suolo è strettamente legato al ciclo degli elementi nutritivi e, in particolare, a quello del carbonio, che ne rappresenta il componente più abbondante. Il contenuto di carbonio organico nel suolo è in stretta relazione con quello della sostanza organica, anche se la composizione di quest'ultima presenta un elevato grado di variabilità.

La frazione organica non è omogenea, ma comprende gruppi di composti diversi tra loro per natura e proprietà chimiche: è costituita principalmente da cellule di microrganismi, residui animali e vegetali a diverso stadio di trasformazione, e sostanze umiche di diversa età e composizione.

Il terreno con i suoi 2344 miliardi di tonnellate di carbonio organico (Stockmann *et al.*, 2013), rappresenta la più grande riserva terrestre di carbonio (C), quindi piccoli cambiamenti nel suolo C magazzino possono causare grandi emissioni di CO₂ all'atmosfera (Luo *et al.*, 2010).

La SO svolge nel terreno una serie di funzioni biologiche, strutturali e chimico-fisiche che condizionano in modo determinante la disponibilità e il movimento degli elementi minerali e dei composti organici che arrivano al terreno. La SO favorisce la formazione e la conservazione della struttura del suolo, la creazione di complessi stabili con le argille, aumenta la capacità di ritenzione idrica nei suoli sabbiosi, evita la formazione di strati impermeabili e formazione di croste nei suoli limosi, contrasta il compattamento e l'erosione nei suoli argillosi, contribuisce positivamente alla capacità di scambio cationico del suolo; inoltre, rappresenta la fonte nutritiva per i microrganismi del suolo, aumentandone l'attività e favorendone la biodiversità, e, a seguito della mineralizzazione, rilascia elementi nutritivi nel suolo. Tra le altre azioni positive di cui è responsabile la sostanza organica si ricorda anche

il processo di assorbimento e/o inattivazione di sostanze di origine antropica (metalli pesanti, erbicidi, ecc.), contribuendo non solo ad annullare o ammortizzare gli effetti acuti della contaminazione, ma anche ad annullare o ridurre le possibilità di migrazione dell'inquinante nelle falde acquifere sottostanti.

Il limite inferiore del contenuto di SO del suolo è stimato intorno all'1%, valore sotto il quale è possibile avere effetti negativi sul terreno, mentre un contenuto pari a 1,5-1,8% è da considerare un livello in grado di garantire un'adeguata fertilità agronomica. In ogni modo, il livello obiettivo di sostanza organica che dovrebbe essere garantito nel terreno è pari al 2% (circa 12 g C kg⁻¹), valore che può variare in funzione della tessitura dei terreni secondo lo schema riportato nella seguente tabella che prevede quattro classi di dotazione i cui limiti variano in funzione della classe tessiturale (Sequi e De Nobili, 2000).

Per le ragioni sopra descritte, la sostanza organica rappresenta, quindi, il fattore più significativo della fertilità di un terreno agrario. In Europa le informazioni sul contenuto di SO del suolo sono carenti, fanno eccezione alcuni data base integrati con dati di tipo climatico, sull'uso e topografia del territorio (European Commission, 2006). Una conoscenza approfondita e puntuale del tenore in SO (o carbonio organico) del suolo risulta abbastanza difficoltosa in quanto questo viene fortemente influenzato dalle condizioni pedo-climatiche, dalle pratiche gestionali del suolo e comunque dalle attività antropiche, compresa l'erosione. Per questi motivi il monitoraggio del contenuto della SO del suolo dovrebbe essere fatto almeno con cadenza decennale.

In linea di massima si può affermare che il contenuto di SO di un suolo è il risultato di un bilancio, le cui voci attive sono rappresentate dagli input di sostanza organica, prevalentemente di origine vegetale o di origine esogena attraverso le concimazioni organiche, mentre le voci negative sono rappresentate da tutte le perdite che si possono verificare per l'attività ossidativa dei microrganismi (CO₂ o DOC = dissolvente organico C) o, nei suoli sommersi, per l'attività riducente che porta alla formazione del metano. Entrambi i membri di questo bilancio sono grandemente influenzati dai sistemi colturali e dalle tecniche di gestione del suolo e dalle colture.

Tra le colture agrarie che hanno un effetto positivo sulla SO un'attenzione particolare è rivolta alle foraggere, specialmente quelle poliennali (prati e pascoli), anche per i loro effetti sulla struttura e sulle condizioni chimico-fisiche e biologiche del suolo (Hausmann, 1986). La bibliografia su questo argomento è molto vasta. Le esperienze di lungo periodo di Rothamsted in Inghilterra evidenziano chiaramente tassi di incremento della SO del terreno indotto dal prato permanente che sono particolarmente elevati nei primi 20-30 anni, decrescono lentamente negli anni successivi fino a giungere l'equilibrio nel periodo di 150-200 anni (Russel, 1982). Le stesse esperienze indicano una forte riduzione del C organico nel terreno (-45%) quando la gestione del suolo contempla il passaggio da un vecchio pascolo ad un arativo continuo. Questi risultati indicano che le modifiche del tenore in SO del terreno si verificano in archi di tempo relativamente lunghi. Infatti, l'alternanza di cicli colturali triennali di prato di erba medica con colture arative non apporta significative modificazioni al contenuto di SO del suolo sia partendo da un terreno gestito da lungo tempo ad arativo che dopo rottura di un pascolo. Tuttavia il prato di breve durata ha un'azione positiva sulla stabilità degli aggregati (Toderi, 1969). In un'esperienza di gestione del terreno a set-aside, Borrelli e Tomasoni (2007) riscontrarono, a 3 anni dall'inizio della prova, una riduzione dell'8% della SO nel caso di una coltura no-food (girasole) e nessuna diminuzione con l'uso di una cover-crop.

Riguardo allo Standard 2.2 (avvicendamento delle colture), il dibattito scientifico sulla reale efficacia del solo effetto delle rotazioni sul livello di sostanza organica è discordante ed è ancora in corso. West e Post (2002) analizzando i dati globali ottenuti in 67 esperimenti trovarono che l'aumento della complessità della rotazione portava ad un accumulo molto basso di C (15±11 g C m⁻² anno⁻¹). Le rotazioni con

erba medica (*Medicago sativa* L.), veccia (*Vicia sativa* L.) (Masri e Ryan, 2006), grano, girasole (Lopez-Bellido *et al.*, 2010) adottate nelle condizioni del clima mediterraneo hanno fatto registrare aumenti significativi della sostanza organica del suolo in confronto con il grano in monosuccessione e la rotazione grano-maggese. Aref e Wander (1998) hanno calcolato, nella prova dell'Università dell'Illinois (Morrow Plots) in 94 anni, una perdita cumulata di C pari a 26.5% in una monosuccessione di mais da granella, a 18.9% in una rotazione biennale mais - avena e a 14.1% in una rotazione triennale di mais - avena - trifoglio. In Veneto (clima sub-umido), solo i prati e le rotazioni complesse sono stati in grado di mantenere il livello di SO rispetto alla monocoltura continua (Morari *et al.*, 2006). In Puglia l'avvicendamento cerealicolo-foraggero, rispetto alla monosuccessione di grano, incrementa il contenuto di sostanza organica oltre che migliorare la qualità di kernel (Martiniello, 2011). I profondi cambiamenti del modo di condurre l'attività agricola avvenuti negli ultimi decenni, conseguenti al progresso genetico, chimico, meccanico e tecnologico, hanno permesso di realizzare, particolarmente nelle zone pedo-climatiche più vocate, un'elevata intensificazione dell'attività agricola che ha portato ad un notevole incremento della produttività. Come riflesso si è assistito all'abbandono degli avvicendamenti culturali a favore di sistemi più semplici ed intensivi, una scelta che potrebbe avere ripercussioni negative nel medio e lungo periodo sui trend evolutivi a carico della produttività del terreno e della fertilità dello stesso, come ad esempio il potenziale rischio nei suoli sciolti di inquinamento della falda a causa della rilevante concimazione (minerale e con reflui zootecnici). Infatti, a partire dagli anni Ottanta, il sostegno comunitario alla produzione dei cereali e delle colture proteiche (come la soia) ha spinto molti allevatori ad abbandonare la zootecnia per dedicarsi alla sola coltivazione dei campi, accentuando il fenomeno delle successioni culturali estremamente semplificate, fino alle monoculture e monosuccessioni, e l'abbandono degli avvicendamenti culturali sui quali si era costituito, nei secoli precedenti, non solo il mantenimento ma anche in molte zone agricole l'incremento della fertilità dei suoli e del contenuto di sostanza organica. Pertanto, il risultato di questa grave crisi zootecnica è stato da una parte la concentrazione dei capi allevati nelle aziende zootecniche e dall'altro il crescente aumento di imprese agricole, prive di allevamento, dedite alla monosuccessione di cereali e costrette a ricorrere massicciamente all'uso di concimi chimici per contrastare la caduta delle produzioni. Ne consegue che anche la fertilità agronomica, il contenuto di sostanza organica e, in definitiva, la qualità dei suoli dal punto di vista fisico, chimico, biologico, fitosanitario ed ecologico ne hanno risentito. Con il progetto MONACO si è costituita una rete a scala nazionale di aziende agricole sperimentali con il compito specifico di monitorare gli effetti e l'efficacia degli Standard in cui si articolano le Norme sulla Condizionalità rispetto all'obiettivo ambientale primario per il quale ogni norma è stata concepita (cfr. REGOLAMENTO (CE) N. 73/2009 Allegato III) e rispondere all'esigenza specifica del MiPAAF e della Rete Rurale Nazionale al fine di *monitorare e valutare* le azioni a tutela dell'ambiente demandate dalla PAC alla Politica Agricola Nazionale. Nella fattispecie l'obiettivo principale è stato quello di valutare il grado di efficacia dell'obiettivo 2 standard 2.2 riguardante le misure per il mantenimento della sostanza organica attraverso l'avvicendamento delle colture.

Materiali e metodi

Piano di monitoraggio

Al fine di valutare l'efficacia delle rotazioni per il mantenimento della sostanza organica nei suoli italiani, nel 2011 è stato avviato un progetto di monitoraggio a scala di campo, in varie aziende del CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria)

ed altre, caratterizzate da diverse condizioni pedo-climatiche e distribuite nella totalità del territorio italiano comprese le isole.

1. Azienda di Monitoraggio CREA-AAM (AAM), Unità di Ricerca per i sistemi Agropastorali in Ambiente Mediterraneo, Podere "Ortigara", Località Sanluri Scalo (VS);
2. Azienda di Monitoraggio CREA-ABP (ABP), Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Fagna (Scarperia, FI);
3. Azienda di Monitoraggio CREA-ACM (ACM), Centro di Ricerca per l'agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)
4. Azienda di Monitoraggio CREA-CER (CER), Centro di Ricerca per la Cerealicoltura, Località Manfredini, Foggia (FG);
5. Aziende di Monitoraggio, CREA-FLC (FLC), Centro di Ricerca per le produzioni Foraggere e Lattiero-Casearie, Lodi (FLC_1) e S. Angelo Lodigiano (LO) (FLC_2);
6. Azienda di Monitoraggio CREA-RPS (RPS), Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Tormancina (Roma);
7. Azienda di Monitoraggio CREA-SCA (SCA), Unità di ricerca per i Sistemi Culturali degli Ambienti caldo-aridi, Podere 124, Foggia (FG);
8. Azienda di Monitoraggio CREA-SSC (SSC), Unità di ricerca per lo Studio dei Sistemi Culturali, Campo 7, Metaponto (MT);
9. Azienda Pilota e Dimostrativa "Vallevecchia" Veneto Agricoltura (VEAGR) (Caorle, VE).

In ogni azienda di monitoraggio sono state realizzate due parcelle di dimensioni adeguate ed omogenee per tipo di suolo, principali caratteristiche chimico-fisiche, uso del suolo (precessione culturale):

A - Fattuale (F): appezzamento con applicazione della norma che prevede un avvicendamento biennale cereale-leguminosa/foraggera;

B - Controfattuale (CF): appezzamento senza applicazione della norma e destinato ad accogliere la monosuccessione di un cereale.

Modalità di conduzione delle parcelle

Al fine di potere confrontare i risultati anche nei diversi ambienti, si sono individuati i seguenti fattori comuni minimi:

Culture: utilizzo di un cereale - a paglia nelle zone del sud e centro Italia e primaverile-estivo per le aree settentrionali, in avvicendamento con una leguminosa o foraggera per il trattamento fattuale e in monosuccessione per il trattamento controfattuale.

Gestione del suolo: le lavorazioni e tutte le cure culturali (concimazioni, diserbi, trattamenti antiparassitari, irrigazioni, *ecc.*) sono quelle convenzionali e ordinarie per la coltura e l'area di monitoraggio.

All'inizio del monitoraggio in ciascuna azienda è stata eseguita la caratterizzazione di base del suolo di entrambe le parcelle a confronto.

Campionamenti e determinazioni

In ciascuna parcella è stato effettuato il prelievo di tre campioni di terreno ad una profondità pari a quella della lavorazione principale, orientativamente 30-40 cm, da destinare alle analisi di laboratorio per le determinazioni del contenuto di azoto (N) e Carbonio Organico Totale (TOC) del suolo, oltre ai valori di C microbico (Cmic), Respirazione basale (Cbas), Respirazione cumulata (Ccum), Quoziente metabolico (qCO₂), Quoziente di mineralizzazione (qM) e indice di fertilità biologica IBF. Per la descrizione di tutti i metodi analitici e il significato dei parametri si rimanda alla pubblicazione "Metodologie per la determinazione dei parametri chimici, biochimici e microbiologici del suolo" (Francaviglia *et al.*, 2015). I campionamenti sono stati eseguiti all'inizio del monitoraggio ed alla fine di ogni ciclo culturale ovvero dopo la raccolta.

Al fine di valutare l'effetto dei trattamenti sulle performance produttive, sono stati effettuati rilievi produttivi e bio-agronomici. All'interno di ogni parcella su tre aree di campionamento di circa 10 m², è stata determinata: l'emergenza delle piante, il numero delle infestanti ed la resa mentre sulla granella sono stati determinati il peso ettolitrico, il peso di 1000 semi, l'harvest index e il contenuto proteico.

Descrizione delle parcelle/siti

Nella Figura 1 è riportata la mappa del territorio italiano con evidenziate le unità che hanno effettuato il monitoraggio che di seguito vengono descritte in dettaglio insieme con le aziende di monitoraggio

Nella Tabella 1 sono riportate le caratteristiche climatiche e pedologiche medie delle aziende, e le rotazioni attuate.

Analisi dei dati

Le analisi statistiche sono state effettuate con il software STATSOFT ver. 7.0. Il confronto dei dati è stato fatto secondo la metodologia ANOVA, con tre fattori: sito, trattamento e anno. Per ogni indicatore selezionato, il giudizio di efficacia dello standard viene espresso con la seguente classificazione (classi di merito): A=efficacia elevata, B=efficacia contrastante, C=non efficace. La lettera A è attribuita allorché il fattuale è sempre migliorativo rispetto al contro fattuale in un numero di aziende compreso fra 100% e il >50%, mentre se il fattuale è migliorativo in un numero di aziende compreso fra 50% e 0% o è sempre peggiorativo viene attribuita rispettivamente la lettera B e C.



Figura 1. Distribuzione delle aziende di monitoraggio del progetto MO.NA.CO.

Risultati del monitoraggio

L'indicatore per lo standard 2.2 è rappresentato dal contenuto di sostanza organica del suolo che viene determinato tramite analisi chimica del terreno.

Nella Figura 2 sono riportati i valori di C organico (OC) riferiti al primo e al secondo anno di monitoraggio, nel quale si evidenzia la grande eterogeneità dei valori di OC. I suoli delle aziende AAM, FLC e SSC, presentano una dotazione di OC piuttosto bassa, anche in relazione alla natura prevalentemente sabbio-limoso e limo-argilloso mentre possono essere considerate dotazioni normali/medie quelle delle altre aziende, secondo la classificazione riportata in Tabella 2. Nel corso del monitoraggio i valori di OC sono variati da un anno all'altro. Nella Tabella 3 vengono riportati i valori di variazione % di OC rispetto al primo anno.

Considerando la media dei due trattamenti, il contenuto di C organico è diminuito dal primo al secondo anno in 6 siti su 10, AAM, ABP, CER, RPS, SCA, FLC_1 e VEAGR ($P < 0.05$), nel sito SSC è rimasto pressoché costante e nelle aziende ACM e FLC_2, nelle quali il contenuto di OC è cresciuto notevolmente nel secondo anno (mediamente del 21 e 33% rispetto al valore iniziale). Per quanto riguarda queste ultime due aziende le analisi statistiche hanno evidenziato differenze non significative, probabilmente a causa della grande variabilità dei dati. Tuttavia, le variazioni di OC non sono imputabili all'applicazione dell'avvicendamento culturale (Standard 2.2), risultato non significativo nella maggior parte dei casi, piuttosto alla variabilità dei decorsi stagionali molto differenti tra gli anni di sperimentazione. Nel sito AAM, dove la sperimentazione è in corso da tre anni, il trattamento F ha un contenuto maggiore di OC rispetto al CF ($P < 0.001$). Tuttavia nei tre anni di monitoraggio vi è stata una continua diminuzione di OC, fino all'11% per il terzo anno ($P < 0.05$) rispetto alla dotazione iniziale.

In dettaglio, nei suoli delle aziende CER e SCA (con caratteristiche pedo-climatiche molto simili) la riduzione di C organico è stata significativa ($P < 0.05$) e in media rispettivamente del 26 e del 7%. Anche in questo caso la variazione è da attribuire solo all'effetto dell'anno, mentre non vi è alcun effetto dovuto alla rotazione. Il suolo dell'azienda di RPS ha mostrato riduzioni medie del 28% ($P < 0.05$). Al fine di potere valutare l'effetto del trattamento avvicendamenti, al netto delle differenze iniziali delle due parcelle sperimentali F e CF e dell'effetto sta-

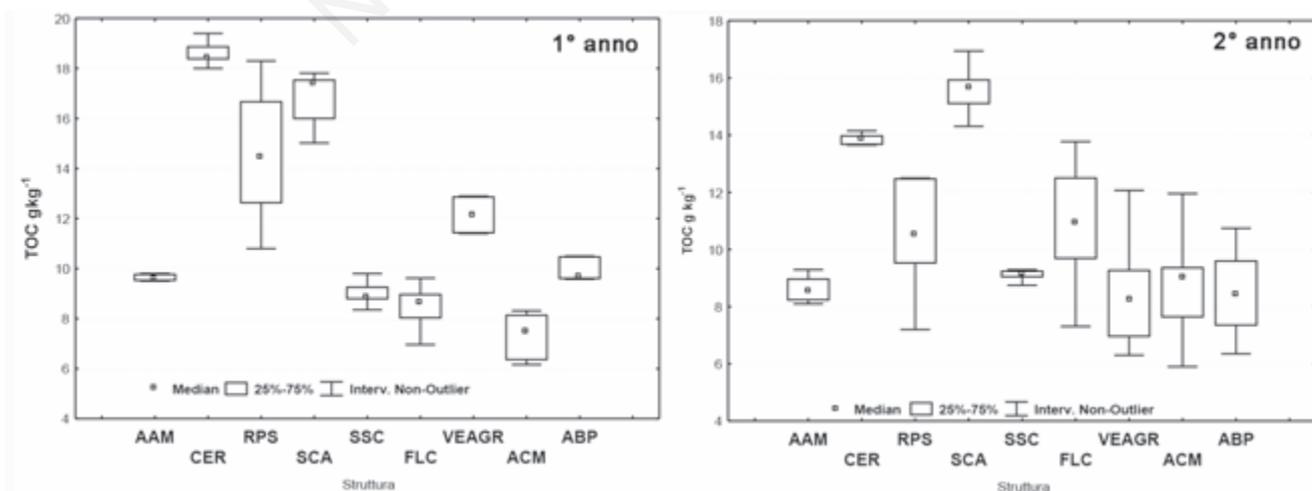


Figura 2. Contenuto di carbonio organico (TOC) all'inizio e alla fine del monitoraggio nei diversi siti.

gionale, è stata applicata la seguente formula:

$$\text{Delta C (F-CF)} = \left[\frac{(C_{\text{iniF}} - C_{\text{nnF}})/C_{\text{iniF}} - ((C_{\text{iniCF}} - C_{\text{nnCF}})/C_{\text{iniCF}})}{C_{\text{iniCF}}/C_{\text{iniCF}}} \right] * 100$$

I risultati sono illustrati nella Figura 3.

Come si può notare la variazione percentuale maggiore in negativo si riscontra per VEAGR, dove il trattamento fattuale mostra una capacità di accumulare OC che è circa del 21% inferiore rispetto al CF. Analogamente per FLC_1 e RPS il trattamento fattuale è meno efficiente del trattamento controfattuale nel ridurre le perdite di OC. ACM è il sito dove maggiore è l'efficienza del trattamento fattuale nel sequestro del C al contrario, il trattamento F è più performante, anche se solo del 4,6% rispetto al trattamento CF, mentre sono stabili i valori negli altri due campi.

Al fine di indagare in maniera più approfondita la dinamica del C nei suoli, sono stati determinati nelle parcelle di monitoraggio anche i valori per C microbico, Respirazione basale, Respirazione cumulata, Quoziente metabolico, Quoziente di mineralizzazione, e Indice di Fertilità Biologica (IBF), i cui valori sono riportati nella Tabella 4.

Tutti i parametri biologici del suolo mostrano una grande variabilità legata piuttosto ai siti di monitoraggio che all'applicazione dello Standard 2.2 (avvicendamenti colturali).

Solo per le aziende AAM e RPS, per le quali erano disponibili sia i dati iniziali che finali dei trattamenti, si riportano le variazioni della

biomassa microbica (Figura 4) e le variazioni relative alla respirazione basale (C_{bas}), alla respirazione cumulata (C_{cum}) e al qCO₂ (Figura 5). Per entrambi i siti la variazione percentuale del C microbico è risultata significativamente influenzata dal trattamento facendo registrare nell'azienda AAM un aumento del 7% nel trattamento CF e del 34% nel trattamento F mentre nel caso di RPS il trattamento CF ha portato a un

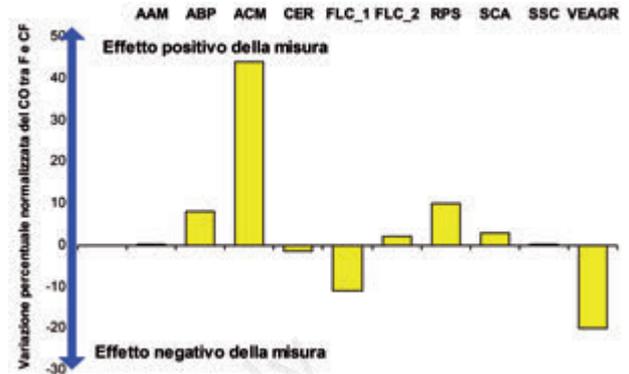


Figura 3. Variazione percentuale normalizzata del carbonio organico tra i due trattamenti.

Tabella 1. Caratteristiche pedo-climatiche delle aziende di monitoraggio e rotazioni adottate.

Azienda	Località	Clima	Tipo di suolo	Tessitura (%)	pH	Rotazione F	Rotazione CF
AAM	Sanluri Lat 39,52116° Lon 8,859392°	P=450mm T=18°C	Typic Fluvaquents	Sa=43 Li=26 Ar=31	8	I Trifoglio alessandrino II Grano	I Grano II Grano
ABP	Fagna Lat 43,98321° Lon 11,3441°	P=1024mm T=13,4°C	Typic Udorthent	Sa=24 Li=60 Ar=16	7,8	I Favino II Mais	I Mais II Mais
ACM	Acireale Lat 37,54172° Lon 14,58462°	P=450 mm T=17,0°C	Vertisol	Sa= 14,3 Li= 38,3 Ar=47,5	8,5	I Trifoglio alessandrino II Grano	I Grano II Grano
CER	Foggia Lat 41,46337° Lon 15,49671°	P=526 mm T=15,8°C	Chromic Calcixerert	Sa=19,5 Li=31,1 Ar=49,4	8,3	I Favino II Grano	I Grano II Grano
FLC_1	Lodi Lat 45,30304° Lon 9,514188°	P=800 mm T=12,5°C	Typic Haplustalf	Sa=67 Li=20,7 Ar=12	6,2	I Foraggiere II Mais	I Mais II Mais
FLC_2	Lodi Lat 45,23105° Lon 9,423971°	P=800 mm T=12,5°C	Typic Haplustalf	Sa=68 Li=18 Ar=14	5,6	I Soia II Mais	I Mais II Mais
RPS	Monterotondo Lat 42,09786° Lon 12,63737°	P=800 mm T=15,2°C	Entic Lithic Haploxeroll	Sa=33 Li=45 Ar=21	6,9	I Favino II Grano	I Grano II Grano
SCA	Foggia Lat 41,4496° Lon 15,50266°	P=526 mm T=15,8°	Chromic Haploxerert	Sa=19,5 Li=31,1 Ar=49,4	8,3	I Cece II Grano	I Grano II Grano
SSC	Metaponto Lat 40,38296° Lon 16,80883°	P=500 mm T=16°C	Typic Epiaquerts	Sa=19 Li=39 Ar=42	7,8	I Favino II Grano	I Grano II Grano
VEAGR	Caorle Lat 45,64036° Lon 12,95414°	P=970 mm T=13,7°C	Calcari-Gleyc Fluvisols	Sa=18,1 Li=51,4 Ar=30,5	7,8	I Soia II Mais	I Mais II Mais

Lat, Latitudine; Lon, longitudine; P, precipitazione; T, temperatura; Sa, sabbia; Li, limo; Ar, argilla; F, fattuale; CF, controfattuale.

decremento del parametro di circa il 14% contro un aumento di circa il 45% per il trattamento F.

La Figura 5 mostra come l'effetto del trattamento avvicendamenti sia differente in ampiezza a seconda del parametro considerato e del sito. Nel sito AAM il trattamento F ha provocato una diminuzione sia di Ccum che di qCO₂ e un lieve incremento di Cbas. Similmente al sito AAM, nel trattamento F del sito RPS solo i parametri Cbas e qCO₂ hanno avuto lo stesso andamento mentre il parametro Ccum ha mostrato un andamento positivo, risultando superiore anche alla tesi CF. In entrambi i siti, tutti i parametri analizzati sono aumentati alla fine del trattamento e in misura maggiore nel sito RPS, ad eccezione del parametro Ccum.

Infine, le variazioni relative dell'indicatore complesso Indice di Fertilità Biologica (IBF), riportate nella Figura 6, sono risultate sempre positive, con l'eccezione del trattamento CF in RPS. In sostanza, la fertilità biologica è aumentata in entrambi i trattamenti, risultando più elevata nel caso dell'applicazione dello Standard 2.2 (avvicendamento) rispetto al controfattuale (monosuccessione).

L'effetto dei due trattamenti F e CF è stato testato anche in relazione alle performance produttive. Come si evince dalla Tabella 5, in generale tutti i parametri analizzati non sono influenzati dai trattamenti ad eccezione della resa per il sito ACM, dell'Harvest index per i siti FLC_1 e FLC_2 nel 2013 e per il peso di 1000 semi per il sito SCA nel 2013.

Differenziale di competitività a carico delle aziende agricole

Metodologia

Lo standard stabilisce che le monosuccessioni di cereali non possono avere durata superiore a cinque anni. In riferimento a ciò il cerealicoltore che aderisce agli impegni dello standard deve interrompere la monosuccessione al sesto anno e pertanto, in riferimento alle caratteristiche territoriali, sono stati ipotizzati due modelli di avvicendamento:

- avvicendamento mais-soia, riscontrabile nel nord Italia, la quale prevede nella condizione di adesione agli impegni dello Standard (fattuale), la monosuccessione di mais avvicendato al sesto anno con una coltura miglioratrice come ad esempio la soia. Come termine di confronto, nella condizione di non adesione agli impegni dello standard (controfattuale), viene ipotizzata una monosuccessione di mais ripetuta sullo stesso terreno per sei anni consecutivi;
- avvicendamento grano-favino, nel sud Italia, che prevede nella condizione di adesione agli impegni dello standard (fattuale), la monosuccessione di grano duro o tenero avvicendati al sesto anno con una coltura da rinnovo come il favino da granella. In alternativa, nella condizione di non adesione agli impegni dello Standard (con-

trofattuale), viene effettuata una monosuccessione di grano duro o tenero ripetuta sullo stesso terreno per sei anni consecutivi.

Nei terreni delle aziende di monitoraggio sono state praticate le colture indicate nei suddetti modelli di avvicendamento e di monosuccessione.

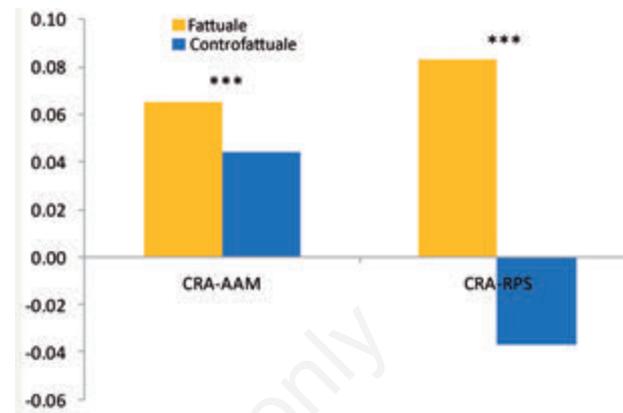


Figura 4. Variazione percentuale rispetto al valore iniziale della biomassa microbica nei due trattamenti per le due aziende AAM e RPS. **Significativo a P=0.001.

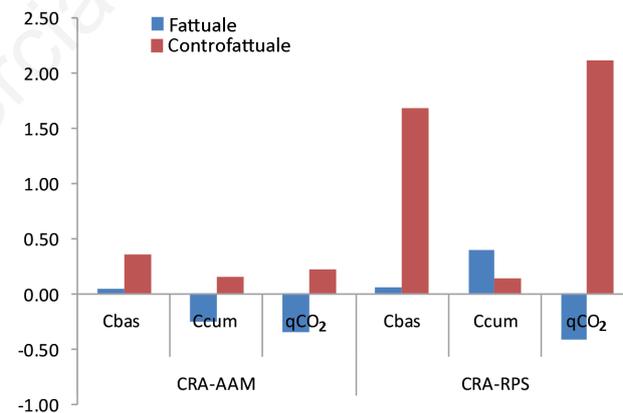


Figura 5. Variazioni relative dei parametri biologici respirazione basale (Cbas), respirazione cumulata (Ccum) e qCO₂.

Tabella 2. Valutazione della dotazione di sostanza organica sulla base delle classi tessiturali USDA. Adattata da Sequi e De Nobili, 2000.

Classi tessiturali USDA			
Dotazione	Sabbiosa Sabbiosa-franca Franco-sabbiosa	Franco Franco-sabbiosa-argillosa Franco-limoso Argillosa-sabbiosa Limoso	Argillosa Franco-argillosa Argilloso-limoso Franco-argillosa-limoso
Carbonio organico (g kg ⁻¹)			
Scarsa	Inferiore a 7	Inferiore a 8	Inferiore a 10
Normale	Tra 7 e 9	Tra 8 e 12	Tra 10 e 15
Buona	Tra 9 e 12	Tra 12 e 17	Tra 15 e 22
Molto buona	Superiore a 12	Superiore a 17	Superiore a 22

USDA, Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America.

I dati relativi alle operazioni colturali meccanizzate sono stati ottenuti in parte dai rilievi effettuati in campo dalle varie Unità Operative e dal CREA-ING durante i sopralluoghi nelle aziende oggetto del monitoraggio. L'elaborazione delle informazioni acquisite ha permesso la definizione dei tempi di lavoro di ogni lavorazione meccanica, attraverso le indicazioni riportate nella raccomandazione dell'Associazione Italiana di Genio Rurale (A.I.G.R.) III^a 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 suddet-

Tabella 3. Variazione percentuale del carbonio organico nelle aziende di monitoraggio.

Azienda	Valore di P	CF	F	Media
AAM	*	-0,11	-0,11	-0,11
ABP	*	-0,18	-0,10	-0,14
ACM	*	-0,02	0,46	0,21
CER	*	-0,25	-0,27	-0,26
FLC_1	*	0,31	0,35	0,33
FLC_2	*	0,23	0,10	0,16
RPS	*	-0,16	-0,06	-0,28
SCA	*	-0,10	-0,05	-0,07
SSC	ns	0,02	0,02	0,02
VEAGR	*	-0,19	-0,40	-0,30

F, fattuale; CF, controfattuale; *significativo a P=0.05; ns, non significativo.

Tabella 4. Parametri biologici del suolo.

Azienda	Trattamenti	Parametri										
		Cmic (mg/kg ±SE)		RBas (mg/kg ±SE)		Rcum (mg/kg ±SE)		qCO ₂ (mg/kg ±SE)		qM (% ±SE)		IBF
AAM	CF	167.0	22.7	6.78	0.52	226.5	13.5	0.19	0.04	2.51	0.18	15
	F	158.0	17.6	7.58	0.22	247.3	17.0	0.22	0.03	2.48	0.16	16
Media	162.5	13.8	7.18	0.30	236.9	10.8	0.20	0.02	2.50	0.11		
CER	CF	195.1	1.0	7.25	0.97	242.3	7.3	0.16	0.01	1.27	0.04	18
	F	252.5	32.8	8.05	0.59	431.8	78.0	0.14	0.03	2.25	0.34	20
Media	223.8	23.3	7.65	0.54	337.0	54.9	0.15	0.02	1.76	0.27		
FLC_1	CF	96.3	0.20	5.57	0.25	176.3	3.7	0.26	0.05	2.12	0.07	14
	F	102.0	10.0	4.74	0.55	174.7	4.7	0.19	0.02	2.11	0.12	14
Media	99.2	9.5	5.15	0.33	175.5	2.7	0.23	0.03	2.12	0.06		
RPS	CF	303.0	25.4	6.95	2.09	194.7	29.0	0.10	0.03	1.41	0.19	18
	F	222.0	32.6	5.22	0.33	175.8	17.5	0.11	0.01	1.77	0.35	17
Media	262.5	23.2	6.08	1.04	185.3	16.4	0.10	0.02	1.59	0.20		
SCA	CF	272.7	20.8	6.42	0.64	313.3	11.8	0.11	0.01	1.76	0.09	20
	F	219.4	37.6	7.05	1.00	312.3	19.9	0.16	0.02	2.04	0.04	18
Media	246.1	21.0	6.73	0.58	312.8	11.1	0.13	0.01	1.90	0.06		
	CF	214.8	19.6	6.64	0.54	235.9	13.0	0.16	0.02	1.86	0.13	17
	F	190.6	16.5	6.56	0.37	259.7	20.7	0.16	0.01	2.13	0.13	17
Media	202.7	12.8	6.60	0.35	247.8	13.2	0.16	0.01	1.99	0.09		

Cmic, carbonio microbico; RBas, respirazione basale; Rcum, respirazione cumulata; qCO₂, quoziente respiratorio; qM, quoziente di mineralizzazione; IBF, indice biologico di fertilità; CF, controfattuale; F, fattuale.

Tabella 5. Valori medi della resa, dell'Harvest index, del peso ettolitrico e del peso 1000 semi delle località inserite nel monitoraggio e significatività relativa ai trattamenti in ciascuna località.

Azienda	Anno	Coltura	Resa (t/ha al 13%)			Harvest index			Peso ettolitrico (kg/hL)			Peso 1000 semi (g)			Proteine grezze (%)		
			CF	F	P	CF	F	P	CF	F	P	CF	F	P	CF	F	P
ACM	2013	Grano	2,09	3,30	*	0,46	0,46	ns	77,1	79,3	ns	57,6	62,4	ns	11,5	11,9	ns
CER	2013	Grano	3,58	4,14	ns	0,42	0,44	ns	84,8	84,1	ns	47,1	53,3	ns	13,1	11,9	ns
FLC_1	2012	Mais	9,47	11,59	ns	0,45	0,47	ns	78,3	77,1	ns	393	390	ns	7,33	7,43	ns
FLC_1	2013	Mais	7,89	9,35	ns	0,43	0,51	*	76,7	77,1	ns	341	370	ns	8,77	8,7	ns
FLC_2	2013	Mais	16,78	14,77	ns	0,55	0,50	*	76,5	76,8	ns	342	331	ns	8,89	8,67	ns
RPS	2014	Grano	3,00	2,26	ns	0,40	0,31	ns	72,7	73,6	ns	42	35,3	ns			
SCA	2013	Grano	5,74	5,47	ns	0,26	0,27	ns	81,8	82,7	ns	38	42	*	15,8	15,4	ns
VEAGR	2013	Mais	6,99	6,85	ns				60,9	67,4	ns						

CF, controfattuale; F, fattuale; *significativo a P=0,05; ns, non significativo.

ta 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.

I dati relativi ai fattori produttivi dei cereali e della soia sono stati ricavati da pubblicazioni del Centro Ricerche Produzioni Vegetali (CRPV, 2014), mentre per il favino da granella le informazioni sono state ottenute dal Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013 della Regione Sardegna (Regione Sardegna, 2014). I valori medi dei prezzi rilevati sul mercato nazionale negli ultimi 12 mesi della granella prodotta da grano duro e tenero, mais e soia, sono stati ricavati dall'Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (ISMEA, 2014), mentre il prezzo di vendita della granella di favino è stato ricavato da listini prezzi di varie Camere di Commercio Industria Agricoltura e Artigianato (Tabella 6) (CCIAA Arezzo, 2014; CCIAA Brescia, 2014; CCIAA Forlì-Cesena, 2014).

Le produzioni di granella dei cereali coltivati, corrispondono ai valori medi delle produzioni monitorate dalle varie Unità Operative. Nel caso della soia, poiché la durata del progetto non ha consentito di ripetere monitoraggi in ambienti ed anni diversi, le produzioni monitorate sono risultate sensibilmente inferiori rispetto ai valori medi produttivi nazionali a causa di avverse condizioni pedoclimatiche. Poiché tali dati influenzano fortemente i conti culturali, per la soia da granella si è preferito utilizzare i dati produttivi medi dell'Istituto nazionale di statica (Tabella 7) (ISTAT, 2014). Con questi dati è stato possibile calcolare il margine lordo annuale (differenza tra il totale dei ricavi e il totale dei costi strettamente inerenti la produzione) delle colture praticate nell'avvicendamento. Rispetto alle altre colture, il mais e la soia richiedono l'irrigazione per cui è stato aggiunto, nei fattori produttivi, anche il costo dell'approvvigionamento idrico. Per il mais sono state considerate tre irrigazioni annuali ed una sola nel caso della soia. Nella Tabella 8 sono riportate in dettaglio tutte le voci relative ai costi ed ai ricavi delle colture considerate.

Il calcolo del differenziale economico di competitività cumulato (€ ha^{-1}), determinato come differenza tra il margine lordo cumulato in caso di adesione e di non adesione agli impegni dello standard, è avvenuto considerando sei ipotesi di avvicendamento di uguale durata in ciascuna delle quali la leguminosa viene coltivata in un anno differente. In questo modo si è tenuto conto della casualità del verificarsi dell'avvicendamento nel corso del periodo considerato. I valori di margine lordo ottenuti sono stati riportati all'attualità tramite l'utilizzo della funzione finanziaria VAN (Valore Attuale Netto). Per ottenere il differenziale di competitività annuale, espresso in $\text{€ ha}^{-1} \text{anno}^{-1}$, è stata applicata al VAN la formula finanziaria per il calcolo dell'annualità costante.

Poiché per ogni tipologia di lavorazione si disponeva di un'ampia base statistica specifica del monitoraggio del progetto, allo scopo di verificare quale fosse l'influenza delle lavorazioni meccaniche sul differenziale, la determinazione di quest'ultimo è stata ripetuta anche sottraendo o aggiungendo alla media delle singole lavorazioni i valori della relativa deviazione standard (indicati rispettivamente in tabella con limite inferiore e limite superiore). In tal modo sono stati ottenuti altri due valori, oltre a quello medio, del differenziale di competitività. I risultati sono differenti per i modelli di avvicendamento considerati (Tabella 9). Per quanto riguarda il sud Italia, nel caso dell'avvicendamento grano tenero e favino, in riferimento ai calcoli eseguiti con i valori medi delle lavorazioni meccaniche, il differenziale di competitività annuale assume valori che variano da $-12,71$ a $-15,47 \text{ € ha}^{-1} \text{anno}^{-1}$, mentre nel caso dell'avvicendamento grano duro e favino i valori sono sensibilmente più alti rispetto al caso precedente e variano da $-37,05$ a $-45,08 \text{ € ha}^{-1} \text{anno}^{-1}$. Nel nord Italia, per l'avvicendamento mais e soia, il differenziale di competitività annuale varia da $-9,77$ a $-11,88 \text{ € ha}^{-1} \text{anno}^{-1}$. Analogo andamento può essere osservato in riferimento ai calcoli eseguiti sottraendo o aggiungendo alla media delle singole lavorazioni i valori della relativa deviazione standard.

Discussione e conclusioni

Le variazioni di sostanza organica nei suoli in risposta a modificazioni della tecnica culturale o della gestione del suolo possono avere tempi di latenza abbastanza lunghi. Nel caso in questione, a distanza di due anni dall'applicazione dello standard "avvicendamenti" i risultati sono contrastanti e non sufficienti per dimostrare una efficacia statisticamente significativa del trattamento, eccetto nell'azienda AAM, dove comunque il trattamento è stato applicato per tre anni. probabile Inoltre nella maggioranza dei siti il secondo anno ha avuto caratteristiche climatiche (piovosità e temperature) favorevoli alla degradazione del C, limitando di fatto l'efficacia del trattamento fattuale.

Nell'azienda AAM, quindi, in cui il monitoraggio è in corso da tre anni, si è registrato, considerando i valori assoluti, un effetto significativo delle differenze tra F e CF, sebbene la standardizzazione degli stessi dati - variazione relativa del valore finale rispetto al valore iniziale - ha mostrato un'efficacia dello Standard 2.2 di solo 0,3%, ma sintomatico del fatto che tendenzialmente il trattamento F ha un effetto sulla SO.

Tuttavia il risultato relativamente minimo non deve trarre in ingan-

Tabella 6. Prezzi medi. Dati da ISMEA, 2014; CCIAA Arezzo, 2014; CCIAA Brescia, 2014; CCIAA Forlì-Cesena, 2014).

Prezzi medi	€ t ⁻¹
Grano duro	261,25
Grano tenero	209,77
Mais	188,88
Soia	440,65
Favino	278,33

Tabella 7. Produzione delle varie colture.

Colture	Resa 13% umidità (t ha ⁻¹)
Grano duro	5,05
Grano tenero	5,52
Mais	8,64
Soia	2,82
Favino	3,46

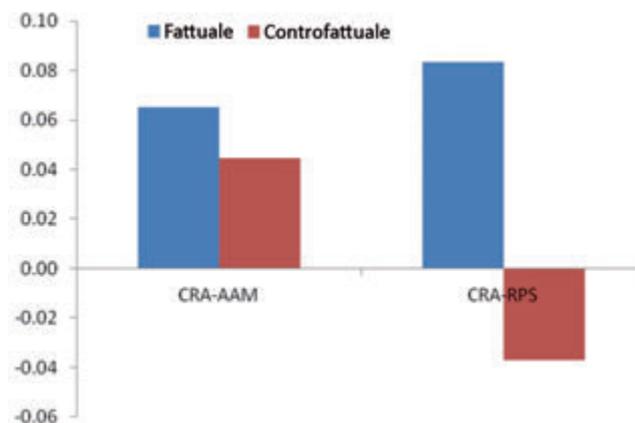


Figura 6. Variazioni dell'indicatore Indice di Fertilità Biologica (IBF).

Tabella 8. Conto economico annuale delle colture determinato con i valori medi delle lavorazioni meccaniche.

Elementi del conto economico	Grano tenero (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Favino (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Grano duro (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Mais (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Soia (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)
Aratura	210,17	210,17	210,17	210,17	210,17
Ercpicatura	50,08	50,08	50,08	50,08	50,08
Concimazione	6,86	6,86	6,86	6,86	6,86
Semina	39,01	39,01	39,01	39,01	39,01
Rullatura	19,32	19,32	19,32	19,32	19,32
Diserbo	6,78	6,78	6,78	6,78	6,78
Irrigazione	-	-	-	184,67	61,56
Sarchiatura	-	-	-	-	55,74
Mietitrebbiatura	126,64	138,00	126,64	170,98	142,50
Totale costo lavorazioni meccaniche	458,84	470,21	458,84	687,85	592,00
Totale costo fattori produttivi	529,00	229,40	529,00	715,00	768,33
Totale ricavi	1157,46	784,90	1318,88	1631,50	1524,20
Margine lordo	169,62	85,29	331,04	228,64	163,87

Tabella 9. Differenziale di competitività annuale, limite inferiore, valore medio e limite superiore per ogni avvicendamento considerato.

Anno di coltivazione della leguminosa	Differenziale di competitività annuale								
	Sud Italia			Sud Italia			Nord Italia		
	Avvicendamento grano tenero-favino da granella (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)			Avvicendamento grano duro-favino da granella (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)			Avvicendamento mais-soia (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		
	Limite inferiore	Media	Limite superiore	Limite inferiore	Media	Limite superiore	Limite inferiore	Media	Limite superiore
6° anno	-17,64	-12,71	-7,79	-41,97	-37,05	-32,13	-17,29	-9,77	-2,24
5° anno	-18,34	-13,22	-8,10	-43,65	-38,53	-33,41	-17,98	-10,16	-2,33
4° anno	-19,08	-13,75	-8,43	-45,40	-40,07	-34,75	-18,70	-10,56	-2,43
3° anno	-19,84	-14,30	-8,76	-47,21	-41,68	-36,14	-19,45	-10,98	-2,52
2° anno	-20,63	-14,87	-9,11	-49,10	-43,34	-37,58	-20,22	-11,42	-2,62
1° anno	-21,46	-15,47	-9,48	-51,07	-45,08	-39,09	-21,03	-11,88	-2,73

no, portando alla facile conclusione che l'indicatore "sostanza organica", proposto per la valutazione dello Standard 2.2, non sia adatto a descrivere sinteticamente l'effetto del trattamento. E' più corretto dire che, in considerazione dei tempi medio-lunghi necessari per evidenziare significative variazioni della SO del terreno, due anni di tempo non sono sicuramente sufficienti a dimostrare una dinamica della SO associata al trattamento, anche in considerazione della grande variabilità interannuale registrata nei diversi siti monitorati.

Per quanto riguarda altri possibili parametri coinvolti nella dinamica del C del suolo, in particolare quelli microbiologici, gli unici due siti in cui sono presenti al momento i dati relativi all'effetto del trattamento (cioè due anni) sono AAM ed RPS. Sebbene questi primi dati mostrino che la biomassa microbica, rispetto alla SO, appare essere un indicatore più dinamico e in grado di indicare con maggiore anticipo le variazioni del contenuto di C organico la casistica limitata non consente di trarre conclusioni. Pertanto, in relazione a questi parametri, è necessario sospendere il giudizio. Per quanto riguarda il differenziale di competitività a carico delle aziende agricole, la pratica della rotazione sessennale, rispetto a quella della monosuccessione di cereali di pari durata, secondo le ipotesi indicate, provoca sempre un differenziale di competitività negativo, che rappresenta un danno economico, seppur di modesta entità, determinato da una perdita di margine lordo per l'agricoltore che aderisce agli impegni di questo standard.

Bibliografia

- Aref S, Wander MM, 1998. Long-term trends of corn yield and soil organic matter in different crop sequences and soil fertility treatments on the Morrow plots. *Adv. Agron.* 62:153-197.
- 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.
- Biondi P, 1999. Meccanica agraria. Le macchine agricole. Torino UTET, pp. 547-561
- Borrelli L, Tomasoni C, 2007. Aspetti della gestione agronomica del set aside e reflui zootecnici su alcuni parametri sulla fertilità del terreno. In: *Proc. XXXVII SIA Nat. Congr. Il Contributo della Ricerca Agronomica all'Innovazione dei Sistemi Culturali mediterranei*. Catania, Italy, pp 211-212.
- CCIAA Arezzo, 2014. Camera di commercio industria agricoltura e artigianato di Arezzo. Available from: <http://www.ar.camcom.it>
- CCIAA Brescia, 2014. Camera di commercio industria agricoltura e artigianato di Brescia. Available from: <http://www.bs.camcom.it>
- CCIAA Forlì-Cesena, 2014. Camera di commercio industria agricoltura e artigianato di Forlì-Cesena. Available from: <http://www.fc.camcom.it>

- com.it
- CRPV, 2014. Centro Ricerche Produzioni Vegetali. Available from: <http://www.crpv.it>
- European Commission, 2006. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Thematic Strategy for Soil Protection, COM(2006)231 final. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52006DC0231>.
- Francaviglia R, Dell'Abate MT, Benedett A, 2015. Metodologie per la determinazione dei parametri chimici, biochimici e microbiologici del suolo. *Ital. J. Agron.* Questo volume
- Hausmann G, 1986. Suolo e società. Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere. La Moderna, Lodi, Italy.
- ISMEA, 2014. Istituto di Servizi per il Mercato agricolo Alimentare. <http://www.ismea.it>
- ISTAT, 2014. Istituto nazionale di Statistica. <http://agri.istat.it/>
- López-Bellido RJ, Fontán JM, López-Bellido FJ, López-Bellido L, 2010. Carbon sequestration by tillage, rotation and nitrogen fertilization in a Mediterranean vertisol. *Agron J.* 102:310-318.
- Luo Z, Wang E, Sun OJ, 2010. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments *Agr. Ecosyst. Environ.* 139:224-231.
- 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.
- Martiniello P, 2011. Cereal-forage rotations effect on biochemical characteristics of topsoil and productivity of the crops in Mediterranean environment. *Eur. J. Agron.* 35:193-204.
- Masri Z, Ryan J, 2006. Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial. *Soil Tillage Res.* 87:146-154.
- Morari, F, Lugato E, Berti A, Giardini L, 2006. Long-term effects of recommended management practices on soil carbon changes and sequestration in north-eastern Italy. *Soil Use Manage.* 22:71-81.
- Regione Sardegna, 2014. Programma di sviluppo rurale 2007-2013, Allegato 6. Available from: <http://www.regione.sardegna.it>
- REGOLAMENTO (CE) N. 73/2009. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea. Disponibile su: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:030:0016:0099:it:PDF>.
- Russel EW, 1982. Il terreno e la pianta. Fondamenti di agronomia. Edagricole, Bologna, Italy.
- Sequi P, De Nobili M, 2000. "Carbonio Organico". In: Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico e per la Qualità del Suolo (eds.), *Metodi di Analisi Chimica del Suolo*. Franco Angeli, Milano, Italy, pp 1-16.
- Stockmann U, Adams MA, Crawford JW, Field DJ, Henkaarchchi N, Jenkins M, Minasny B, McBratney AB, de Remy de Courcelles V, Singh K, Wheeler I, Abbott L, Angers DA, Baldock J, Bird M, Brookes PC, Chenu C, Jastrow JD, Lal R, Lehmann J, O'Donnell AG, Parton WJ, Whitehead D, Zimmermann M, 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agr. Ecosyst. Environ.* 164:80-99.
- Toderi G, 1991. Problemi conservativi del suolo in Italia. In: Accademia Nazionale di Agricoltura (ed.) *Agricoltura ed ambiente*. Edagricole, Bologna, Italy, pp 50-99.
- West TO, Post WM, 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1930-1946.