

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
Paolo Tagliabue,¹¹ Michele Colauzzi¹²**

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)

¹¹Fondazione Morando Bolognini, S. Angelo Lodigiano (LO), Italia

¹²Libero professionista

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

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.

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 (CRA) distribuite sul territorio nazionale e con caratteristiche pedoclimatiche differenti e dove è stato valutato il livello di sostanza organica del suolo, oltre che alcuni parametri produttivi, in caso di monosuccessione di cereale (trattamento controfattuale) ed un avvicendamento biennale cereale-leguminosa o foraggero (trattamento fattuale).

I due anni dell'applicazione dello standard "avvicendamento delle colture" hanno fornito risultati contrastanti (B) e non sono stati sufficienti a dimostrare un'efficacia statisticamente significativa del trattamento in nessuna delle aziende considerate nel monitoraggio, solo in quelle con più anni di monitoraggio si è registrata una leggera efficacia dello standard almeno come tendenza. Questo perché variazioni di sostanza organica nei suoli, come 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 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 l'elemento 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.

La sostanza organica (SO) del suolo, con i suoi 1526 miliardi di tonnellate di C organico, rappresenta la più grande riserva terrestre di carbonio (C), segue l'atmosfera con 760 miliardi di tonnellate di C sotto forma di anidride carbonica e la biomassa vegetale con solo 600 (Figura 1).

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 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.

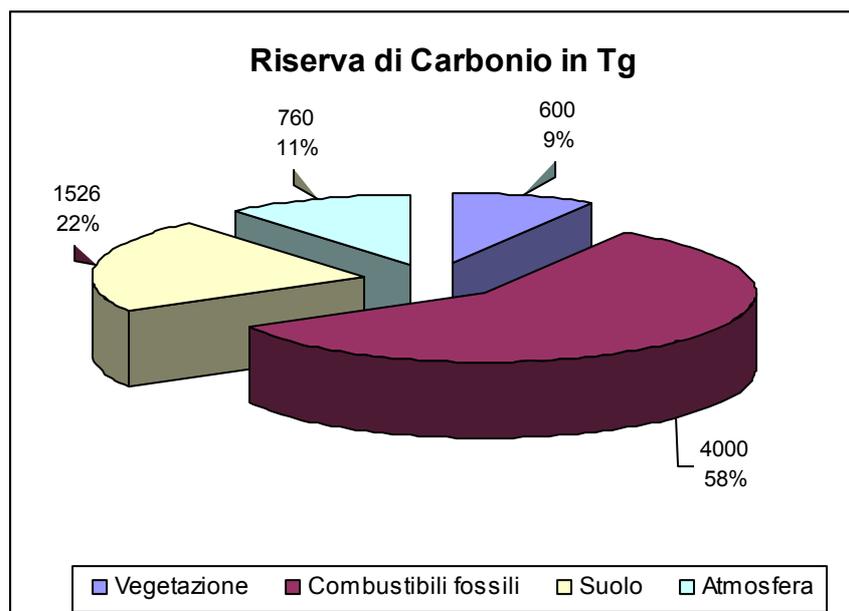


Figura 1. Riserve di C sulla terra (adattato da Batjes, 1996).

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 Tabella 1 che prevede quattro classi di dotazione, i cui limiti variano in funzione della classe tessiturale (Sequi e De Nobili, 2000):

Tabella 1. Dotazione di C organico in funzione della tessitura.

Dotazione	Classi tessiturali USDA		
	sabbiosa sabbiosa-franca franco-sabbiosa	franco franco-sabb.-argillosa franco-limosa argilloso-sabbiosa limosa	argillosa franco-argillosa argilloso-limosa franco-arg.-limosa
	<i>carbonio organico (g/kg)</i>		
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

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 suolo (es. European soil data base). Nella Figura 2 viene riportato il contenuto stimato di carbonio organico nei suoli italiani in $t\ Ch^{-1}$ (Source: SoCo project European Commission, 2009).

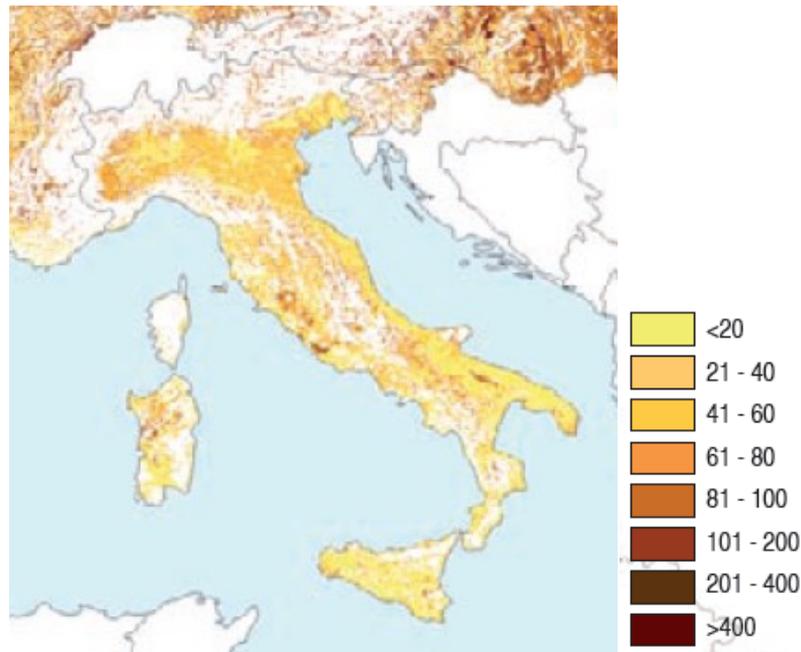


Figura 2. Contenuto stimato di carbonio organico nei suoli italiani in t C/ha (Fonte: SoCo project European Commission, 2009).

In linea di massima 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 quella 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 (CO_2 o DOC= dissolved organic 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.

L'importanza delle colture che entrano in rotazione era già messa in evidenza dalla classica distinzione tra piante miglioratrici e sfruttanti e i loro effetti sulla fertilità agronomica e sulla conservazione del suolo. Tali colture si possono raggruppare in quattro cluster d'interesse agrario: le foraggere, in modo particolare prati e pascoli, le leguminose da granella, le cerealicole e le non cerealicole. Le modifiche del tenore in SO del terreno si verificano in intervalli temporali 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.

Le prove sperimentali condotte in Italia presso la Facoltà di Agraria di Bologna mostrano come in un ventennio il contenuto di SO in un terreno letamato con una rotazione comprendente il medicaio sia passato da 1,33% a 1,17% (-12%) e a 1,07% (-19,5%) con una rotazione senza medicaio, mentre senza la letamazione e con le stesse rotazioni il calo è stato più drastico arrivando rispettivamente a 1,07% (-19,5%) e 0,95% (-28,6%) (Toderi, 1991). Altre esperienze condotte nella pianura irrigua del nord dell'Italia hanno messo evidenza riduzioni del contenuto di SO del terreno a seguito dell'abbandono dei tradizionali sistemi colturali comprendenti il prato e le letamazioni. Tali riduzioni avvenute in un decennio sono state quantificate da Spallacci e Lanza (1981) e Spallacci e Montorsi (1988) in -11% nel caso di monosuccessione di mais e -16% come media di altre rotazioni non differenti tra loro. Gli stessi autori conclusero che le riduzioni della SO potevano essere ricondotte all'aumento delle frequenze delle lavorazioni in conseguenza dell'abbandono del prato. In un'esperienza di gestione del terreno a set-aside, Borrelli e Tomasoni (2007) riscontrarono, a tre 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. Ad esempio Aref e Wander (1998) hanno calcolato, nella prova dell'Università dell'Illinois (Morrow Plots), a partire dal 1904, 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.

West e Post (2002) analizzando i dati globali ottenuti in sessantasette esperimenti trovarono che l'aumento della complessità della rotazione portava ad un accumulo molto basso di C ($0,15 \pm 0,11 \text{ t C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). Le rotazioni con erba medica (*Medicago sativa* L.), veccia (*Vicia sativa* L.) (Masri e Ryan, 2006), grano, girasole (Lopez-Bellido *et al.*, 2010) adottate in condizioni di clima mediterraneo hanno fatto registrare aumenti significativi della sostanza organica del suolo in confronto con il grano in monosuccessione e la rotazione grano-maggese. In Veneto (clima sub-umido), solo i prati e le rotazioni complesse sono stati in grado di mantenere il livello di SO rispetto alla monocultura continua (Morari *et al.*, 2006). Martiniello (2011) in una prova condotta a Foggia ha riportato, dopo diciassette anni, che il contenuto di carbonio organico in un avvicendamento cerealicolo-foraggero è aumentato di 1,4% nel caso grano-erba medica mentre è diminuito di 4,8% nel caso di grano - erbaio annuale e di ben 23% nel caso di grano continuo in condizioni asciutte, in condizioni irrigue le diminuzioni di carbonio organico sono state più drastiche e pari a 11,6-13,5 e 30% rispettivamente.

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 colturali a favore di sistemi più semplificati e intensivi, con possibili ripercussioni negative nel medio e lungo periodo sulla produttività del terreno e della fertilità dello stesso, e il potenziale rischio, nei suoli sciolti, d'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 colturali estremamente semplificate, fino alle monocolture e monosuccessioni, e l'abbandono degli avvicendamenti colturali 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. Quindi si è assistito da una parte all'aumento di aziende zootecniche "senza terra" e dall'altro ad un crescente aumento di imprese agricole, senza bestiame, 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 sono stati negativamente influenzati.

Con il progetto MO.NA.CO. 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. Allegato III REGOLAMENTO (CE) N. 73/2009) 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 su scala di campo, in varie aziende del CRA (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.

Il monitoraggio dello standard 2.2 ha interessato nove aziende agricole sperimentali:

1. Azienda di Monitoraggio CREA-AAM, Unità di Ricerca per i sistemi Agropastorali in Ambiente Mediterraneo, Podere "Ortigara", Località Sanluri Scalo (VS);
2. Azienda di Monitoraggio CREA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Fagna (Scarperia, FI);
3. Azienda di Monitoraggio CREA-ACM, Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)
4. Azienda di Monitoraggio CREA-CER, Centro di Ricerca per la Cerealicoltura, Località Manfredini, Foggia (FG);
5. Azienda di Monitoraggio, CREA-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, Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Tormancina (Roma);
7. Azienda di Monitoraggio CREA-SCA, Unità di ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo-aridi, Podere 124, Foggia (FG);
8. Azienda di Monitoraggio CREA-SSC, Unità di ricerca per lo Studio dei Sistemi Colturali, Campo7, Metaponto (MT);
9. Azienda Pilota e Dimostrativa "Vallevecchia" Veneto Agricoltura (Caorle, VE).
10. CREA-ING, Unità di ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (RM), che si è occupata della rilevazione del differenziale di competitività in tutte le aziende.

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

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

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:

Scelta delle colture: per tutte le aziende è stato individuato quale fattore comune colturale l'utilizzo di un cereale - a paglia nelle zone del sud e Italia centrale e primaverile-estivo per le aree settentrionali - in avvicendamento con una leguminosa o foraggera (miglioratrice) per il trattamento fattuale e in monosuccessione per il trattamento controfattuale. Le specie utilizzate sono state selezionate tra quelle tipiche della zona, tuttavia, al fine di non estendere troppo il panorama di quelle da coltivare, si sono individuate le seguenti alternative: tra i cereali, grano duro, grano tenero, orzo, avena, segale, triticale, farro per le aree centro-meridionali e mais per le aree settentrionali; tra le colture miglioratrici, pisello, fava, favino, favetta, lupino, cicerchia, lenticchia, cece, veccia, sulla, foraggere avvicendate, erbai con presenza di essenze leguminose, soia, colza, ravizzone, girasole, barbabietola, maggese vestito (con lavorazione non prima del 1° luglio). Per quanto riguarda la gestione del suolo, le lavorazioni e tutte le cure colturali (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 e Carbonio Organico Totale del suolo, i valori per C microbico (Cmic), Respirazione basale (Cbas), Respirazione cumulata (Ccum),

Quoziente metabolico (qCO_2), 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 effettuati all’inizio del monitoraggio ed alla fine di ogni ciclo colturale ovvero dopo la raccolta.

Per quanto concerne i rilievi produttivi e bio-agronomici sono stati fatti, all’interno di ogni parcella su tre aree di campionamento di circa 10 m^2 , quelli relativi all’emergenza delle piante, al numero delle infestanti ed alla resa mentre sulla granella, il peso ettolitrico, il peso di 1000 semi, l’harvest index e il contenuto proteico.

Descrizione delle parcelle/siti

Nella Figura 3 è riportata la mappa del territorio italiano con evidenziate le unità che hanno eseguito il monitoraggio che di seguito sono descritte in dettaglio insieme con le aziende di monitoraggio.



Figura 3. Localizzazione delle unità di monitoraggio del progetto MO.NA.CO. sul territorio nazionale.

CREA-AAM Sanluri

Lat 39,52116° Long 8,859392°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

L'attività di monitoraggio si è svolta presso l'Unità di ricerca per i sistemi agropastorali in ambiente mediterraneo (CREA-AAM), situata nella parte meridionale della Sardegna in località Sanluri Stato in un'area pianeggiante a circa 50 m s.l.m. (Figura 4).



Figura 4. Azienda del CREA-AAM di Sanluri.

Secondo la Carta dei suoli della Sardegna (Madrau et al., 2006) i suoli che caratterizzano la zona sono di origine alluvionale con profili A-C e subordinatamente A-Bw-C, profondi, argillosi, poco permeabili, sub alcalini e saturi; classificabili come Typic Fluvaquents (Soil Survey Staff, 2014) e Stagnic Fluvisol (WRB, 2014). Più specificatamente dalle analisi fisico-chimiche del suolo su cui insistono i siti di monitoraggio emergono le caratteristiche riportate nella Tabella 2.

Tabella 2. Caratteristiche fisico-chimiche dell'azienda del CREA-AAM.

Parametro	UM	
Sabbia	g/kg	432
Limo	g/kg	256
Argilla	g/kg	312
pH		8,0
Conducibilità elettrica	mS/cm	0,29
Calcare totale	g/kg	44,5
Calcare attivo	g/kg	22,4
Sodio scambiabile	mg/kg	160
Potassio scambiabile	mg/kg	210
Calcio scambiabile	mg/kg	3144
Magnesio scambiabile	mg/kg	326
SBS	me/100g	19,60
CSC	me/100g	20,8

Caratterizzazione agro-climatica del sito

Dall'analisi della serie storica climatica degli ultimi 25 anni, il sito di Sanluri risulta caratterizzato da una pluviometria media di 450 mm annui con le piogge distribuite prevalentemente nel periodo autunno-vernino (novembre e dicembre i mesi più piovosi con una media di 76 e 52 mm rispettivamente). I mesi di giugno, luglio e agosto risultano i mesi meno piovosi dell'anno, con una piovosità media mensile variabile tra i 4 e i 7 mm. Per quanto riguarda invece il regime termico, la temperatura media annuale si attesta intorno ai 18°C, con temperature medie delle massime e minime rispettivamente di 23 e 13°C. Secondo la serie storica analizzata, le temperature medie mensili più basse si registrano nel mese di febbraio (10,3°C), mentre nel mese di agosto le più elevate (26,5°C) (Figura 5).

Rispetto all'andamento climatico, la prima stagione agraria del progetto MO.NA.CO. (2011-12) è stata caratterizzata da temperature medie mensili per i mesi di gennaio e febbraio inferiori di circa 4°C. Inoltre nei mesi di gennaio e marzo si sono registrate piovosità medie inferiori di 20 mm, mentre per aprile superiori di 40 mm (Figura 6). Anche durante la seconda annata colturale dell'attività di monitoraggio (2012-13) si sono osservati per i mesi di gennaio e febbraio dei valori

medi mensili di temperatura inferiori di 4°C rispetto alle medie storiche. Differenze significative di pluviometria media mensile si sono registrate nei mesi di novembre (-20 mm) e gennaio, febbraio e marzo con +40 mm in ciascun mese.

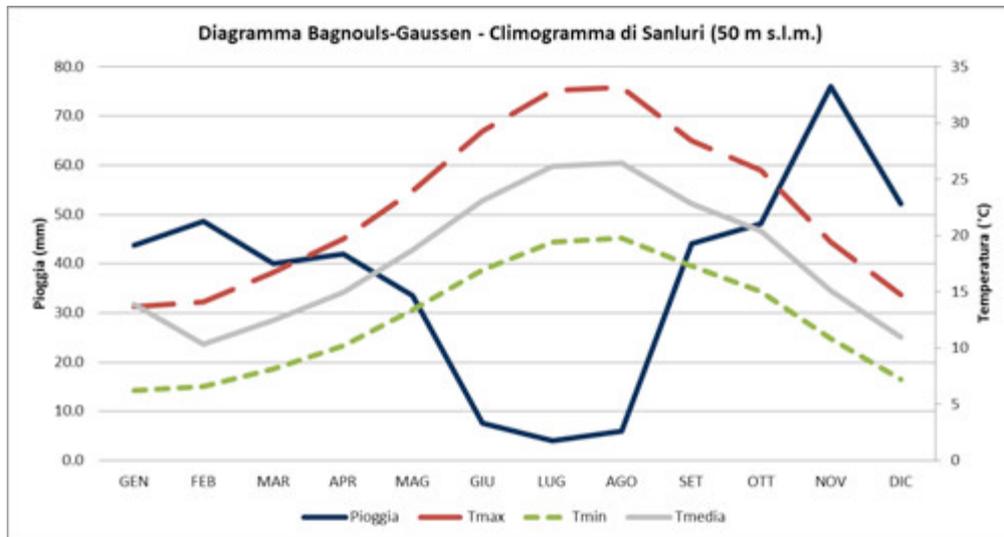


Figura 5. Climogramma di Sanluri.

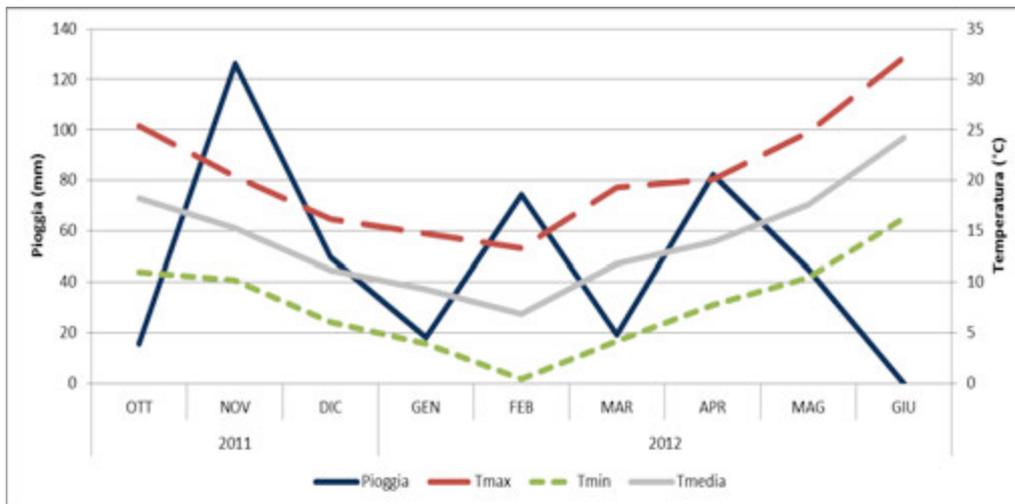


Figura 6. Andamento climatico negli anni 2011-2012 a Sanluri.

Allestimento dei siti di monitoraggio e pratiche colturali

Le due parcelle di monitoraggio sono state allestite in un terreno precedentemente coltivato a grano duro. In una parcella è stato effettuato un avvicendamento biennale grano duro-trifoglio alessandrino per il Fattuale, in una seconda parcella monosuccessione di grano duro per il Controfattuale. Tutte le operazioni colturali sono state eseguite seguendo la gestione ordinaria della zona.

Nel primo anno sia nella parcella F che in quella CF l'operazione di aratura è stata eseguita in data 29/12/2011 con un livello di umidità del 36% cui sono seguite le operazioni di erpicatura, semina del grano duro e rullatura (10/01/2012). Il quantitativo di seme utilizzato è stato di 2 q/ha. L'operazione di mietitrebbiatura è stata eseguita in data 21/06/2012. Nel secondo anno nella parcella F sono state eseguite le seguenti operazioni colturali: aratura (in data 02/11/2012 con un'umidità del suolo del 29%), erpicatura e semina del trifoglio alessandrino (05/11/2012 con 40 kg/ha), lo sfalcio eseguito il 10/05/2013 non è stato valutato in quanto molto infestato da malerbe. Nella parcella CF le operazioni sono state le seguenti: aratura (02/11/2012, umidità al 29%), erpicatura, semina del grano duro (2 q/ha) e rullatura (22/11/2012), mietitrebbiatura (25/06/2013).

Rilievi, campionamenti ed analisi di laboratorio

All'inizio di ogni stagione agraria per le analisi chimiche e biologiche del suolo sono stati eseguiti prima delle lavorazioni del terreno, campionamenti di suolo alla profondità di 30 cm con tre ripetizioni per parcella. Tutti i campioni di suolo sono stati inviati al laboratorio di riferimento per le relative analisi.

In entrambe le annate agrarie ad un mese dalla semina è stato effettuato il rilievo di emergenza con la determinazione del numero di piante/m² eseguendo tre determinazioni per tesi. Prima della raccolta sono stati eseguiti i rilievi per determinare le percentuali d'infestazione delle colture.

CREA-ABP, Firenze

Lat 43,98321° Long 11,3441°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

Il monitoraggio in Toscana è stato eseguito presso l'Azienda del Centro Sperimentale di Fagna (Figura 7) situata nel comune di Scarperia in provincia di Firenze. L'azienda ha una superficie di 42,5 ha ed è situata nell'alveo dell'ex bacino lacustre del Mugello.



Figura 7. Azienda Sperimentale di CREA-ABP di Fagna.

La destinazione d'uso prevalente nella zona è il seminativo avvicendato nei versanti argillosi e il prato stabile (foraggiere permanenti) nei terrazzi alluvionali.

I dati climatici di Fagna sono registrati dalla stazione meteorologica situata all'interno dell'azienda e gestita dal LAMMA (Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile) dal 2000 al 2013 sono rappresentati nel Climogramma di Fagna ottenuto

analizzando i dati di temperatura e piovosità della serie storica 2000-2013. L'area rossa rappresenta il periodo arido del clima di Fagna.

L'azienda di Fagna è situata in un'area caratterizzata da un regime climatico temperato con estate secca e una piovosità media di 1024 mm, ed una temperatura media di 13,4°C (Figura 8).

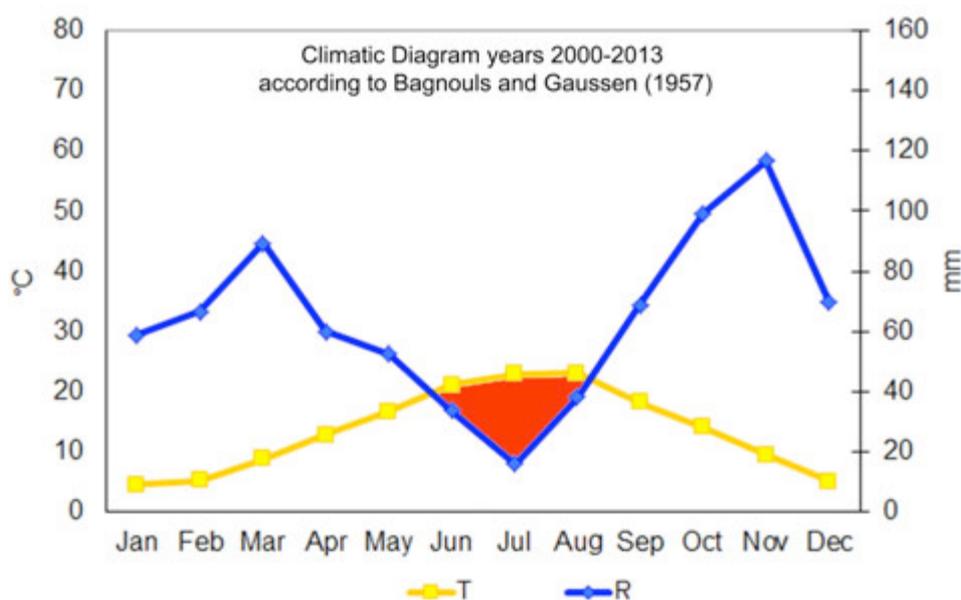


Figura 8. Climogramma di Fagna.

Il monitoraggio è stato eseguito secondo lo schema dello standard 2.2:

Fattuale: appezzamento destinato ad avvicendamento biennale in cui coltivare, nella medesima superficie, per un anno un cereale e per un anno una leguminosa o una miglioratrice (Figura 7).

Controfattuale: appezzamento destinato a monosuccessione di un cereale (Figura 7).

L'azienda di Fagna è oggetto di sperimentazione da lungo tempo, perciò sono stati presi in considerazione oltre agli appezzamenti sopracitati, altri due appezzamenti identificabili nella Figura 7 con le sigle Fattuale-Lunga durata e Controfattuale-Lunga durata, in cui si monitora l'avvicendamento culturale Mais-Grano-Favino contro la monosuccessione di Mais dal 1999 secondo il seguente schema:

Parcella Fattuale	annata 2011-12 è stato seminato Grano (var.Pandas)
	annata 2012-13 è stato seminato Girasole (var. Silhouette)

Parcella Controfattuale monosuccessione a Grano (var.Pandas)

Parcella Fattuale annata 2010-11 è stato seminato Favino

Lunga durata

annata 2011-12 è stato seminato Mais

annata 2012-13 è stato seminato Grano

Parcella Controfattuale Monosuccessione a Mais (var.PR 35 T 36)

Lunga durata

In tutte le parcelle, il letto di semina è sempre stato preparato con un' aratura profonda (40 cm) del terreno allo stato in tempera e con la concimazione di fondo.

La parcella a grano -Controfattuale- è stata concimata con Fosfato biammonico 18-46 (3,0 q/ha); le parcelle a mais sono state concimate con concime ternario NPK 8-24-24 (3,5q/ha) e la parcella Fattuale a girasole è stata concimata con Fosfato biammonico 18-46.

Il girasole (var. Silhouette) è stato scelto in quanto varietà a ciclo medio precoce di taglia media a calatide grande. All'inizio di ogni annata agraria e dopo la raccolta sono stati effettuati i campionamenti di suolo alla profondità di 40 cm per la determinazione di parametri biologici e chimici quali azoto e carbonio totale. Durante il periodo vegetativo delle colture, sono state valutate le infestanti, con il metodo delle riprese fotografiche di sottoparcelle di 1m x1m. Per ogni ciclo colturale è stata valutata la produzione e la resa.

CREA-ACM Acireale (CT)

Lat 37,54172° Long 14,58462°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

Le parcelle destinate al monitoraggio relativo allo standard 2.2 condotto dal CREA-ACM sono state allestite presso l'azienda di Libertinia, ubicata in un'area interna collinare rappresentativa della cerealicoltura siciliana, al confine fra le province di Catania ed Enna, in territorio di Ramacca (CT). Estesa 22 ettari, l'azienda presenta giacitura pianeggiante ed è sita in prossimità del fiume Dittaino, affluente del Simeto (Figura 9). Il clima dell'area sottoposta a monitoraggio è tipicamente

temperato mediterraneo; non beneficiando dell'effetto mitigante del mare, prevale un andamento climatico riconducibile al sottotipo "Csa" della classificazione di Koppen, caratterizzato da inverni miti ed una stagione estiva siccitosa e contrassegnata da temperature che oltrepassano sovente la soglia dei 35°C e che, in corrispondenza d'imponenti avvezioni di aria calda, raggiungono o superano i 40°C. Le precipitazioni medie annue sono generalmente limitate (inferiori ai 450 mm), concentrate nel periodo autunno-invernale. Circa il 70% del territorio siciliano ricade in una classe di rischio elevato riguardo ai processi di desertificazione e degrado del suolo e l'indice di aridità di De Martonne classifica il territorio siciliano come "semiarido".

Il suolo, a matrice argillosa con caratteristiche vertiche, ospita prevalentemente cereali a paglia e presenta una ridotta dotazione di sostanza organica e azoto.

Parcelle e schemi di monitoraggio

Il monitoraggio condotto nell'azienda di Libertinia ha interessato il biennio 2011-2012 e 2012-2013. Le due tesi, fattuale (F) e controfattuale (CF), sono state valutate su un appezzamento pianeggiante esteso circa 10.000 m² sul quale sono state ricavate 2 parcelle adiacenti (Figura 9).



Figura 9. Azienda CREA-ACM di Libertinia (CT).

Nel corso della prima annata agraria di valutazione, la tesi “fattuale” ha ospitato la coltura leguminosa (trifoglio alessandrino) e la “controfattuale” è stata destinata al grano duro, ricorrendo alla varietà più diffusa in Sicilia (Simeto); nell’annata successiva, entrambe le parcelle sono state coltivate con grano duro, in modo da realizzare l’avvicendamento nel fattuale e la monosuccessione del cereale nel controfattuale. Le lavorazioni del terreno ed i successivi interventi colturali (concimazione, semina, diserbo) sono stati condotti con macchine e tecniche colturali comunemente adottate nell’areale di coltivazione sottoposto a monitoraggio. A causa della scarsa redditività della coltura cerealicola, le pratiche agronomiche adottate nella maggior parte dei comprensori cerealicoli siciliani sono comunemente semplificate e comprendono 1-2 lavorazioni più o meno superficiali per la preparazione del letto di semina, la semina con seminatrice a file o, più raramente, con spandiconcime, un intervento di concimazione e uno di diserbo in copertura.

Al fine di pervenire alla determinazione del differenziale di competitività fra le due tesi sottoposte al monitoraggio, sono state valutate le prestazioni delle macchine e attrezzi impiegati nel corso del ciclo colturale ricorrendo a metodologie standardizzate applicate ai cantieri di lavoro e alle diverse fasi delle operazioni colturali. Per ciascun intervento colturale sono stati quantificati i consumi di combustibile delle trattrici utilizzate (tramite il metodo del rabbocco) e sono stati determinati i costi degli interventi.

Alla fine del ciclo colturale, da entrambe le tesi, sono stati prelevati a profondità 0-30 cm, 3 sub-campioni di suolo allo scopo di determinarne il contenuto in Carbonio organico (TOC) e, per stima indiretta, in sostanza organica.

Nella seconda annata di valutazione, durante le fasi conclusive del ciclo biologico del grano duro è stata registrata l’incidenza in percentuale della flora infestante. Inoltre, da 3 sub-parcelle ricavate all’interno di ciascuna parcella, sono stati rilevati la densità delle spighe (n° spighe/mq), l’indice di raccolta (harvest index) e la resa produttiva in entrambe le tesi a confronto. Sulla granella raccolta sono stati determinati i principali parametri merceologici e qualitativi; in particolare, i campioni di granella prelevati da 3 sub-parcelle/tesi durante la raccolta del grano sono stati valutati nei laboratori del CREA-ACM per la determinazione di:

- peso ettolitrico (kg), determinato utilizzando apposita bilancia in dotazione allo strumento Infratec Grain Analyzer, mod. 1241 (Foss);
- peso dei 1000 semi (g), determinato su un campione di 15 grammi;
- umidità della granella (%);

- tenore proteico della granella e contenuto in glutine della semola, riferiti alla sostanza secca, determinati con il metodo NIT (trasmittanza nel vicino infrarosso) utilizzando la strumentazione Infratec Grain Analyzer, mod. 1241 (Foss).

Andamento termopluviometrico 2011-2012

L'andamento termopluviometrico registrato a Libertinia da luglio 2011 a giugno 2012 è stato caratterizzato da una precipitazione cumulata annuale di modesta entità (416,6 mm), ma con eventi piovosi ben distribuiti durante l'intero periodo, e da temperature generalmente favorevoli al regolare svolgimento del ciclo biologico delle colture. Le precipitazioni dei mesi di novembre e dicembre, rendendo il terreno impraticabile, hanno determinato lo slittamento delle semine a gennaio 2012. La germinazione del seme è stata regolare e nelle prime fasi del ciclo biologico le piante hanno beneficiato delle piogge cadute a gennaio e febbraio. Nel corso dei mesi di marzo e aprile si sono verificate precipitazioni di discreta entità e ben distribuite, che hanno favorito l'espressione di un buon vigore vegetativo (Figura 10).

Per quanto riguarda l'andamento termico, dalla seconda decade di gennaio alla seconda decade di febbraio, si sono verificate gelate di lieve entità che non hanno determinato danni da freddo sulle colture. A partire dall'ultima decade di aprile, sono stati registrati sensibili rialzi termici, con temperature massime particolarmente elevate nella seconda decade di maggio (33,2° C) e durante l'intero mese di giugno (temperatura media mensile: 35,8°C).

Andamento termopluviometrico 2012-2013

L'andamento termo-pluviometrico registrato nel corso dell'annata agraria 2012-2013 è stato caratterizzato da precipitazioni totali pari a 444,4 mm, mal distribuite durante il ciclo biologico della coltura. In particolare, nel corso dei mesi di novembre e dicembre sono stati registrati eventi piovosi insolitamente modesti (rispettivamente 28,6 e 19,2 mm). Dalla prima decade di maggio, è iniziato un lungo periodo siccitoso che si è protratto fino alla raccolta del cereale (Figura 10).

Per quanto riguarda l'andamento termometrico, bisogna segnalare che a partire dalla prima decade di aprile sono stati registrati sensibili innalzamenti termici, con temperature massime particolarmente elevate nella seconda decade del mese (28,4°C). Il decorso termico del mese di maggio è proseguito con un ulteriore incremento delle temperature (media mensile: 27,1°C) e livelli massimi di 32,8°C durante la seconda decade. Le temperature primaverili elevate, in concomitanza con l'insufficiente dotazione idrica del suolo, hanno determinato stress idrico nelle fasi di riempimento della cariosside e condizionato negativamente le prestazioni produttive.

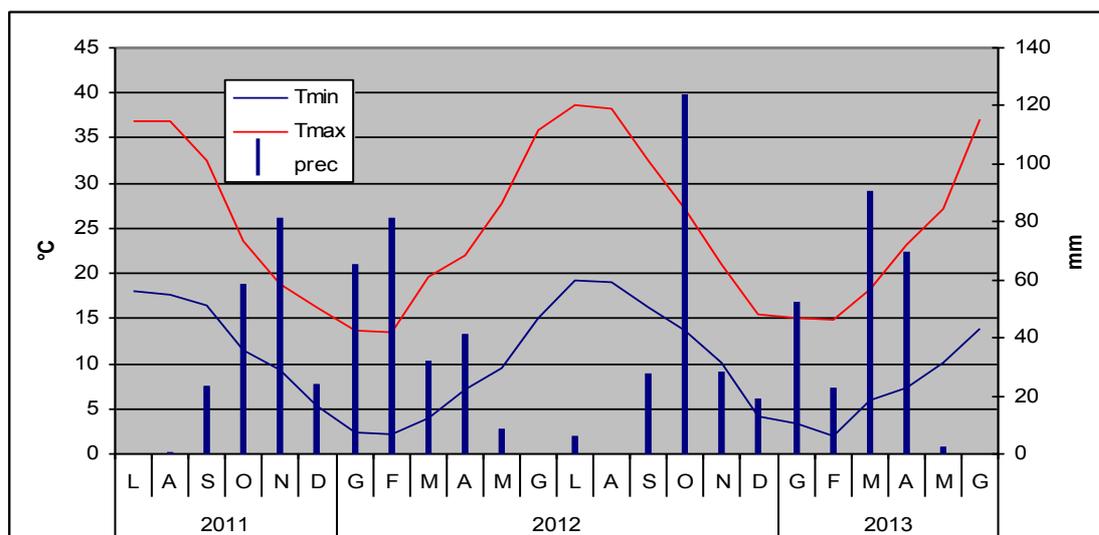


Figura 10. Andamento termo-pluviometrico a Libertinia negli anni 2011-2013.

CREA-CER, Foggia

Lat 41,46337° Long 15,49671°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

Il monitoraggio ha avuto inizio nell'annata agraria 2011/12 ed è stato condotto dal CRA CER – Centro di Ricerca per la Cerealicoltura allocando gli appezzamenti nella propria Azienda agraria “Manfredini” (Figura 11) sita in Agro di Foggia el Tavoliere pugliese. Da un punto di vista climatico (base storica di 52 anni) l'area rientra nella Regione Mediterranea di tipo mesomediterraneo (subumido) con presenza di una stagione arida tra Maggio e Settembre e possibilità di ritorno di freddo nei mesi primaverili (Marzo-Aprile) (Troccoli *et al.*, 2007). La piovosità media annuale è di 526,4 mm, compresa nell'intervallo tra 272 mm e 786 mm. Riguardo, invece, al regime termico, il valore medio della temperatura si attesta a 15,8°C mentre sono di 9,8°C e 21,9°C rispettivamente la temperatura media minima e massima. Con riferimento alla piovosità della stagione culturale (NOV-GIU) del grano duro, la media stagionale è stata di 385,3 mm e, quindi, ben sotto i valori indicativi (450-600 mm) necessari a tale coltura.



Figura 11. Azienda CREA-CER di Foggia.

Il suolo è di origine alluvionale, pianeggiante e con caratteristiche riconducibili ad un vertisuolo. Basato su un profilo aperto nel 2008 (Tabella 3), i caratteri morfologici e analitici convergono verso un Chromic Calcixerert (Soil Survey Staff, 2014) e un Chromi-Calcic Vertisol (WRB, 2014). Si tratta di un suolo argilloso con forte crepacciabilità e a reazione alcalina

Tabella 3. Analisi del profilo della'azienda CREA-CER realizzata dal gruppo di Pedologia e Pedotecnica della Seconda Università di Napoli.

Orizzonte	Limite inferiore (cm)	Frazionamento terra fine			Tessitura USDA (12 classi)	Reazione del terreno (pH) in pasta satura 1 a 2,5	Conducibilità elettrica in pasta satura 1 a 2 (dS/m)	Calcare totale (g/kg)	Capacità di Scambio Cationico in BaCl ₂ (cmol ⁺ /kg)	Carbonio organico totale (g/kg)	Sostanza organica (g/kg)
		Sabbia	Limo	Argilla							
		(2-0,05)	(0,05-0,002)	(<0,002)							
Ap	30	190	433	376	FA	8,8	0,174	128	24,83	14,1	24,4
Bw	60	118	396	486	A	8,8	0,177	149	28,39	11,5	19,8
Bss	90	138	344	517	A	8,7	0,187	139	29,60	12,7	22,0
Bssk	120	246	258	495	A	8,8	0,239	215	30,50	9,8	16,9
Bk	150	174	371	455	A	8,8	0,262	285	26,22	6,9	11,9

Sono stati allestiti due siti di monitoraggio ognuno di 5.000 m² (100 m x 50 m): uno destinato ad avvicendamento biennale grano-leguminosa (favino da seme) denominato Fattuale (F) e l'altro destinato a omosuccessione di grano denominato Controfattuale (CF).

In entrambi i siti, la preparazione del letto di semina è stata fatta con un'aratura (40 cm) del terreno allo stato di tempera seguita da due lavorazioni secondarie fatte con un erpice a 28 dischi. In entrambi i siti non è stata eseguita la concimazione di fondo. La rotazione in F è partita nel 2011-12 con la semina del favino. La concimazione di copertura del grano è avvenuta con un fertilizzante binario (ENTEC 25-15) alla dose di 400 kg ha⁻¹ fornito allo stadio di terza foglia-inizio accestimento.

Per quanto attiene ai due anni di monitoraggio condotti all'interno del Progetto MONACO, le stagioni agrarie 2011-12 e 2012-13 sono state caratterizzate da differenti andamenti climatici. In sintesi, nel primo anno (2011-12) l'andamento stagionale è decorso piuttosto secco (bilancio evapotraspirativo negativo) con le temperature medie decadali minime fredde dalla II decade di gennaio fino alla II decade di febbraio, mentre le temperature medie decadali massime parimenti non sono state eccessivamente alte, superando la soglia di 27,5°C solo a partire dalla I decade di giugno. La seconda stagione di crescita ha mostrato un quadro termico ottimale, con temperature medie decadali massime e minime piuttosto miti, accompagnato da una piovosità sempre presente in tutto il periodo colturale e con livelli di pioggia che hanno superato discretamente il fabbisogno evapotraspirativo della coltura (Figura 12).

Nel secondo anno di monitoraggio nelle parcelle F e CF è stato rilevato, allo stadio di seconda foglia del grano duro, il numero di piante all'emergenza (11/01/2013) eseguendo 3 determinazioni per campo, mentre in entrambe le annate venivano eseguite (22/06/2012 e 19/07/2013), prima della raccolta, i campionamenti di biomassa su un'area di 1 m², replicato 3 volte, al fine di determinare le componenti della produzione (altezza della pianta, il numero di piante fertili, l'Harvest Index (HI) e la quantità (t/ha) di residui prodotti ed interrati). Nelle stesse date e aree di campionamento della biomassa erano eseguiti in entrambi gli anni di monitoraggio anche il campionamento di suolo alla profondità di 40 cm da inviare al CREA-RPS di Roma per le relative analisi chimiche e biologiche.

Sulla granella raccolta venivano determinati il peso di 1000 semi (g), il peso ettolitrico (kg/hL), le proteine (% s.s.) e il glutine (% s.s.), mentre sulla semola le proteine (% s.s.), l' SDS (mm) e l'indice di giallo.

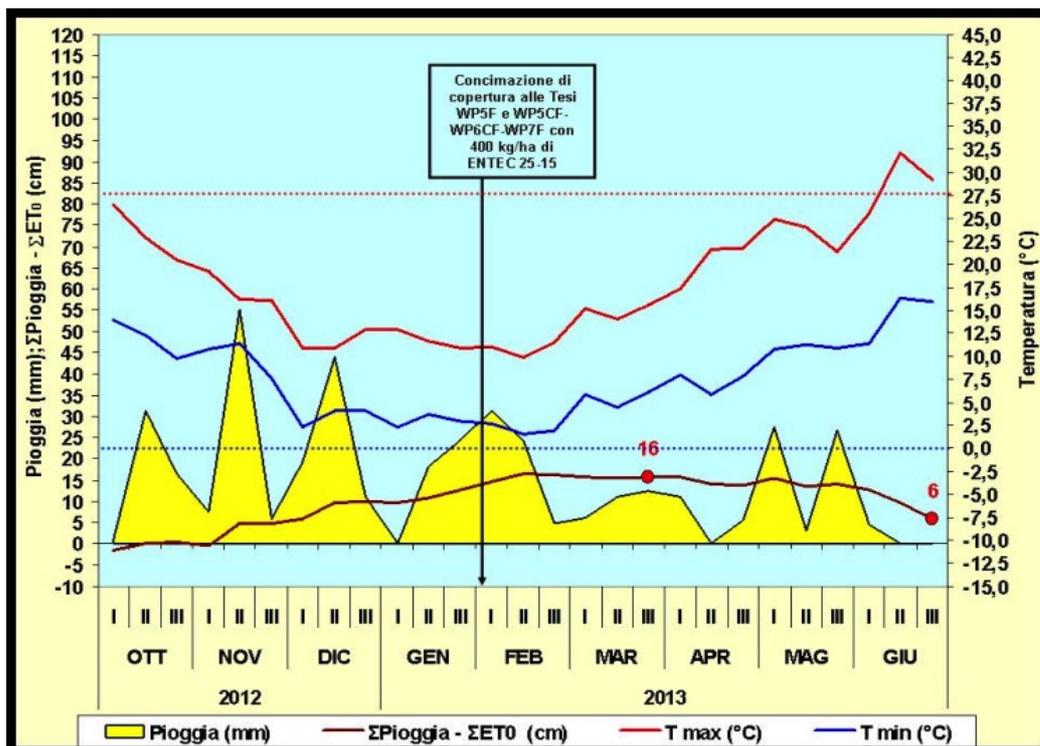
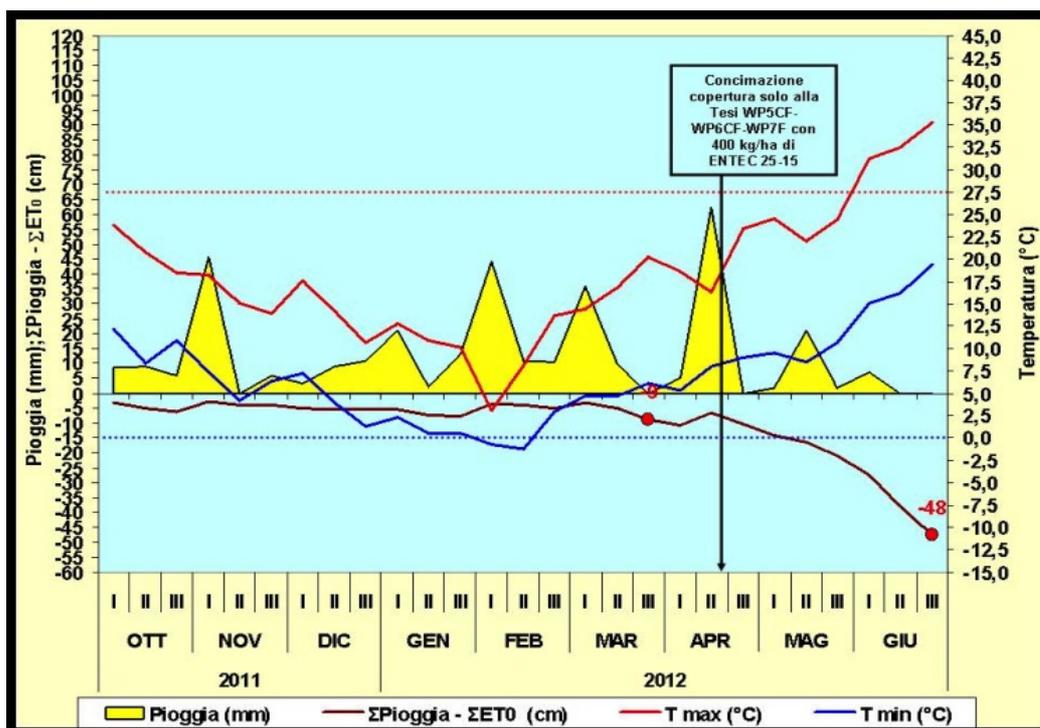


Figura 12. Andamento termo-pluviometrico su base decadale registrato a Foggia nelle stagioni agrarie 2011-12 e 2012-13.

CREA-FLC Lodi

(FLC_1) Lat 45,30304° Long 9,514188°

(FLC_2) Lat 45,231051° Long 9,423971°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

Il monitoraggio è stato condotto dal CRA FLC– Centro di ricerca per le Produzioni Foraggere e Lattiero Casearie di Lodi, presso le aziende: CREA-FLC di Viale Piacenza di Lodi (FLC_1) e Fondazione Morando Bolognini (FLC_2) sita in S. Angelo Lodigiano (Figura 13).

A)



B)



Figura 13. A) Azienda di Viale Piacenza (FLC_1), Lodi; B) Azienda Fondazione Morando Bolognini (FLC_2), S. Angelo Lodigiano (LO).

La zona del lodigiano è pedologicamente rappresentativa di ambienti della bassa Pianura Padana pedemontana alluvionale terrazzata. Il suolo, sabbioso-franco, con assenza di fessure, scheletro, pietrosità e rocciosità.

Da un punto di vista strettamente agronomico i terreni sono a reazione sub-acida, hanno una ridotta dotazione di sostanza organica, poveri in azoto, scarsi in potassio e media in fosforo i parametri chimico-fisici delle due aziende sono riportati nella Tabella 4. Il territorio interessato è caratterizzato da un clima temperato ad inverno rigido, umido e di tipo subcontinentale; è tipico della "Regione Padana" con medie annuali di circa 800 mm ben distribuite durante l'anno e medie

annuali di temperatura giornaliera di 12,5°C (Borrelli e Tomasoni, 2005) (Figura 14). Durante il periodo di monitoraggio si sono avute delle abbondanti precipitazioni, oltre la norma, che hanno provocato gravi ristagni in particolar modo negli anni 2011-2013 che hanno condizionato il normale andamento delle coltivazioni (Figura 15).

Il paesaggio del Lodigiano si presenta essenzialmente pianeggiante. L'agricoltura rappresenta un settore economicamente molto importante; l'indirizzo prevalente è quello zootecnico, principalmente legato alle produzioni lattiero-casearie. La maggior parte della superficie agricola utilizzabile è occupata da seminativi, seguiti da prati permanenti. Tra i seminativi è nettamente prevalente il mais coltivato sia per la produzione di granella che di trinciato integrale da destinarsi all'alimentazione zootecnica; altre colture meno diffuse sono orzo e grano, erbai e prati avvicendati. La ricca produzione agricola della zona non è scindibile dall'abbondanza dell'acqua per uso irriguo, dalla morfologia pressoché pianeggiante e dalla dominanza di suoli con caratteristiche favorevoli.

Tabella 4. Caratteristiche chimico-fisiche delle aziende FLC_1 e FLC_2.

	UM	AZ. FLC_1	AZ. FLC_2
Scheletro		Assente	Assente
Sabbia	%	67,30	68,30
Limo	%	20,70	17,60
Argilla	%	12,00	14,08
Sostanza organica	%	1,56	1,81
N totale	%	0,10	0,16
P2O5 ass. (Olsen)	ppm	41,50	58,43
K ₂ O scambiabile	ppm	48,40	72,19
CaCO ₃		Assente	Assente
C/N		9,00	6,78
pH (acqua)		6,20	5,62

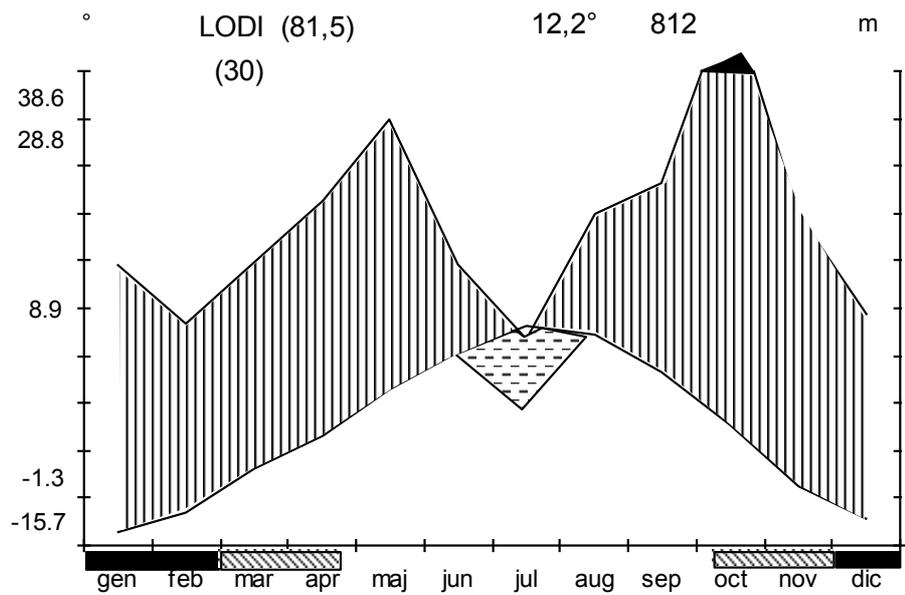


Figura 14. Climodiagramma di Lodi.

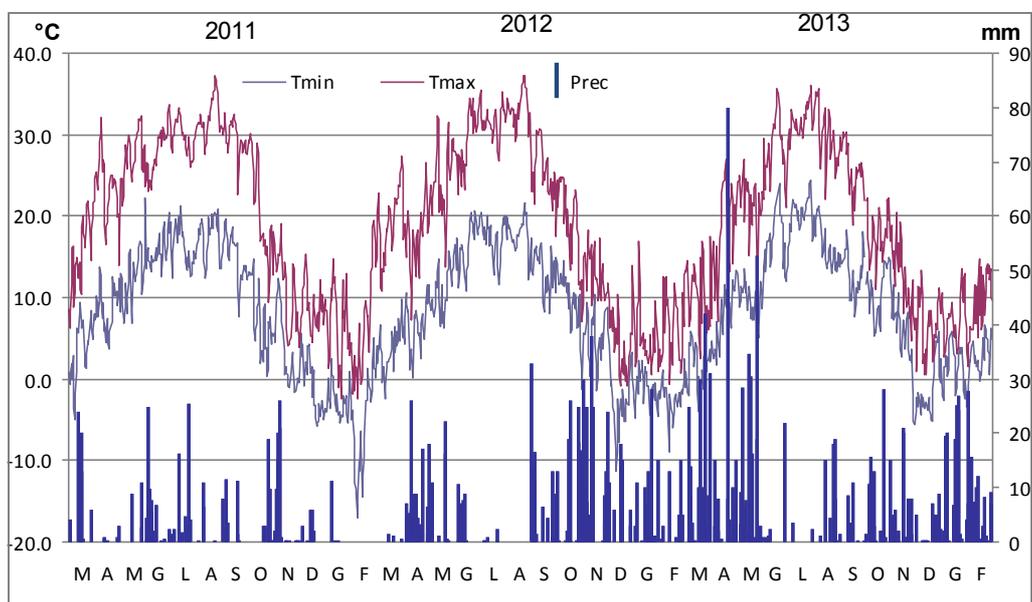


Figura 15. Andamento termo-pluviometrico durante il periodo di monitoraggio.

L'attività di monitoraggio nell'azienda FLC_1 si è basata essenzialmente sull'osservazione di un dispositivo sperimentale di lungo periodo in particolare il monitoraggio ha riguardato:

- TRATTAMENTO FATTUALE: parcella coltivata a mais in monosuccessione destinato alla produzione di granella;
- TRATTAMENTO CONTROFATTUALE: parcella coltivata a mais destinato alla produzione di granella avvicendato con una foraggera (erbaio di loiessa+mais da trinciato di 2° raccolto).

Per quanto riguarda le lavorazioni del terreno, è stata sempre eseguita un'aratura a 30 cm di profondità, seguita da 1 o 2 erpicature con erpice rotante, la prova si è svolta in regime irriguo con acqua somministrata per scorrimento 3-4 volte con volumi di circa 1000 m³ ha⁻¹ per turno.

La semina del mais da granella è stata eseguita durante la prima decade di maggio con la varietà Costanza di classe FAO 600, la concimazione è stata pari a 250-100-100 unità di N-P-K e dopo la semina si è diserbato in pre-emergenza con metolaclor+ terbutylazine alla dose di 4 kg ha⁻¹. L'erbaio è stato seminato nella prima decade di ottobre con loglio italico della varietà Asso e a seguire, nella prima decade di giugno, con mais sempre della stessa varietà. La concimazione complessiva è stata pari a 400-200-220 unità di N-P-K, il diserbo del mais è stato fatto come sopra mentre per il loglio italico non è stato eseguito alcun diserbo. Il loglio italico è stato raccolto ad inizio maggio per l'utilizzazione a fieno mentre il mais a fine agosto a maturazione cerosa da destinare all'insilamento della pianta integrale.

Il monitoraggio nell'azienda FLC_2 è stato eseguito secondo il seguente schema:

- TRATTAMENTO FATTUALE: parcella della superficie di circa 1 ettaro coltivato a mais destinato alla produzione di granella avvicendato con la coltura della soia;
- TRATTAMENTO CONTROFATTUALE: parcella della superficie di circa 1 ettaro coltivato a mais destinato alla produzione di granella in monosuccessione.

La preparazione del letto di semina è stata effettuata con un'aratura a 30 cm, erpicatura con erpice a denti rotanti su appezzamenti con precessione colturale già aderenti ai due trattamenti. La semina del mais per granella di classe FAO 700 della varietà Kalumet con un investimento pari a 75000 piante ha⁻¹ seminato a 70 cm tra le file e sulla fila a 18,5/19 cm, a fine marzo.

Per quanto riguarda le concimazioni è stato distribuito 15-40-75 unità di N-P-K alla semina e 250 unità di N in copertura a 40 gg dalla semina. Per il diserbo è stato utilizzato mesotrione+S-

metolachlor+terbutilazina a 20 l ha^{-1} di prodotto commerciale in pre emergenza e nicosulfuron alla dose di $1,5 \text{ l ha}^{-1}$ di prodotto commerciale. Le irrigazioni sono state 4 per scorrimento. La varietà utilizzata per la semina della soia è stata NIKKO di classe di maturazione 1- con un investimento di 40-45 piante a m^2 , diserbata in pre emergenza con pendimetalin alla dose di $1,5 \text{ l ha}^{-1}$.

CREA-RPS, Tormancina (Roma)

Lat $42,09786^\circ$ Long $12,63737^\circ$

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

La prova è localizzata nel Comune di Monterotondo (Roma) presso l'Azienda Sperimentale di Tor Mancina del CREA-RPS (Figura 16), Centro di ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, situata in area collinare ad un'altezza media di 43 m s.l.m.



Figura 16. Azienda CREA-RPS di Tormancina (RM).

Il terreno dove viene eseguito il monitoraggio è in pendenza (media 8%, range 2-10%), è classificato come Typic Argixeroll (Soil Survey Staff, 2014) e Luvic Phaeozem (WRB, 2014), con tessitura franca e reazione neutra. I suoli presentano una fertilità medio-bassa per l'esistenza di un orizzonte tufaceo coerente e superficiale a 30-50 cm di profondità (duripan), caratterizzato da leucite ad elevato grado di analcimizzazione, che oltre a ridurre notevolmente lo strato arabile e a impedire un rapido smaltimento delle acque meteoriche in eccesso, apporta discrete quantità di sodio la cui azione negativa sullo stato strutturale del terreno è nota. Le principali caratteristiche del suolo (novembre 2012) riferite allo strato 0-40 cm sono riportate in Tabella 5.

Il clima come media trentennale ha una temperatura media annuale di 15,2°C (24°C in luglio-agosto, 7°C a gennaio), con precipitazioni totali annue di 800 mm (con minimo di 28 mm in luglio). Secondo la classificazione climatica aggiornata di Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006) il clima è temperato-caldo, umido e con estati calde (Cfa).

Nell'anno 2012 la pioggia totale annua è stata di 713 mm concentrata maggiormente nei mesi autunnali da settembre a dicembre (421 mm), mentre nei mesi estivi di giugno e luglio, la totale assenza di precipitazioni ha causato un periodo di siccità prolungata a svantaggio delle colture a ciclo primaverile-estivo. L'anno 2013 è stato caratterizzato da una piovosità totale annua di 1130 mm, notevolmente superiore alla media, causando fenomeni erosivi e ristagni idrici prolungati che hanno influenzato negativamente le colture a ciclo autunno vernino. In particolare si segnala la piovosità dei mesi di ottobre e novembre di 365 mm decisamente sfavorevole alle semine dei cereali dell'annata agraria 2013-2014. Nell'anno 2014, la piovosità totale è stata di 908 mm, con valori superiori alla media in gennaio e febbraio. Le temperature sono sempre state superiori alla media da gennaio a giugno (Figura 17).

Tabella 5. Caratteristiche del suolo delle parcelle di Tormancina.

	F	CF
pH (1:2.5)	6,76	6,87
EC 1:2 (mS cm ⁻¹)	0,11	0,12
Sabbia (%)	35,5	29,8
Limo (%)	43,6	49,0
Argilla (%)	20,9	21,2
Tessitura	F	F
CSC (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	25,80	28,69
K ⁺ (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,42	0,42
Na ⁺ (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,90	0,70
ESP (%)	3,5	2,4
N totale (g kg ⁻¹)	0,99	1,02
C organico (g kg ⁻¹)	13,37	15,73
SOM (Cx1.724 %)	2,30	2,71
C/N	13,3	15,4

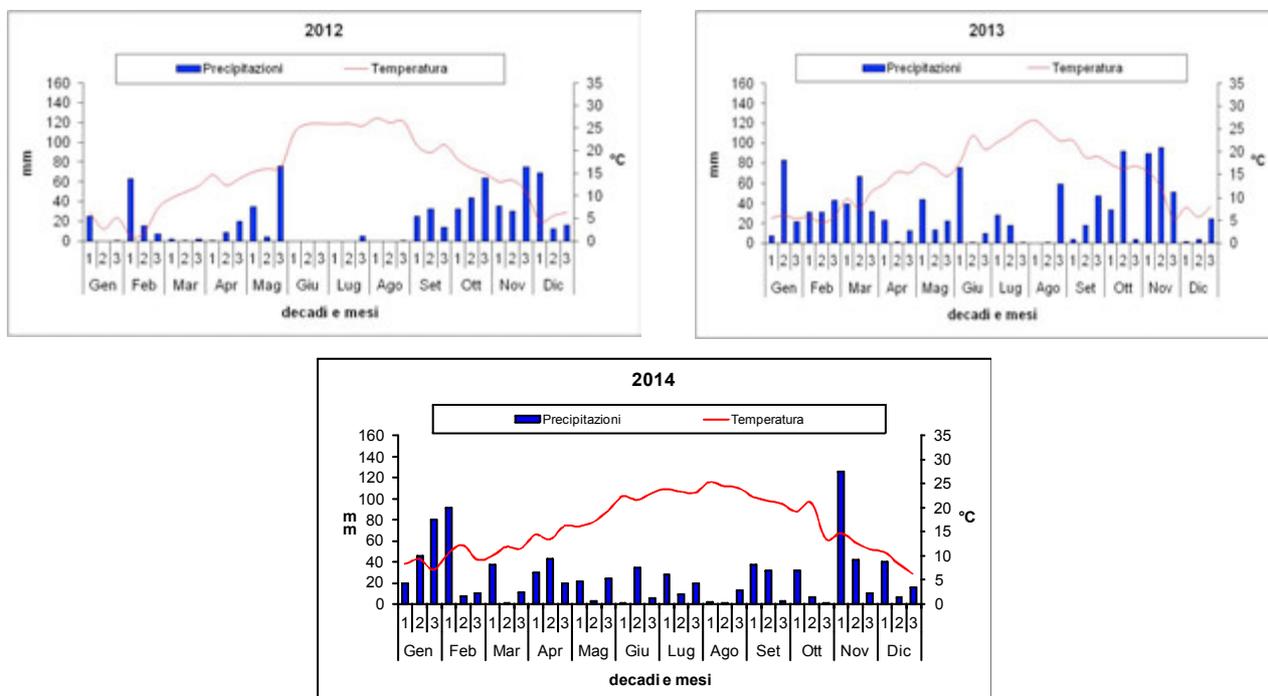


Figura 17. Andamento termopluviometrico negli anni 2012-2014.

Nell'anno 2012, su un terreno precedentemente coltivato a grano duro sono state allestite due parcelle ognuna di 1680 m² (120 m x 14 m). Su una delle due parcelle, denominata "Controfattuale" (CF), in relazione allo standard 2.2 "Avvicendamento biennale", è stata impiantata una coltura di grano duro con interrimento dei residui colturali della coltura precedente, eseguendo una lavorazione principale (aratura a 40 cm) con terreno in tempera ed interrimento delle paglie dopo la raccolta. Nell'altra parcella, destinata al trattamento "Fattuale" (F), è stata impiantata una coltura di favino. Nell'anno 2013 è stato ripetuto lo stesso protocollo di monitoraggio dell'anno precedente. Per entrambe le tesi, la preparazione del letto di semina è iniziata con un'aratura a 40 cm eseguita il 23-10-2012 e il 23-10-2013.

Nelle due annate di prova e in entrambe le tesi, durante la preparazione del letto di semina, sono state effettuate le concimazioni con fosfato biammonico (18-46) alla dose di 150 kg ha⁻¹ pari a 27 kg ha⁻¹ di N e 69 kg ha⁻¹ di P₂O₅. La preparazione del letto di semina è stata completata con erpicature. Le semine dei cereali vernini sono state eseguite il 16-11-2012 con grano duro della cultivar Duilio, alla dose di 220 kg ha⁻¹ e il 30-10-2013 con grano tenero della cultivar Bolero, alla dose di 240 kg ha⁻¹. Le semine del favino sono state effettuate contemporaneamente alle semine dei cereali e alla dose di 100 kg ha⁻¹. La concimazione azotata in copertura è stata eseguita solo sui cereali vernini con Urea fornendo 92 kg ha⁻¹ di N nel primo anno di prova, e 69 kg ha⁻¹ nel secondo anno (2013-2014). Il diserbo contro le infestanti dicotiledoni è stato effettuato in entrambe le annate solo sui cereali utilizzando diserbanti ormonici (MCPA) in aggiunta a tribenuron metile. Nel secondo anno è stato necessario effettuare un trattamento fungicida (Protil EC) contro la precoce diffusione di malattie fogliari dei cereali favorite dalla particolare piovosità nelle prime fasi del ciclo. Alla maturazione si è proceduto alla raccolta (28-6-2013 e 2-7-2014 per il favino, 2-7-2013 per il grano duro e 2-7-2014 per il grano tenero) di 3 sub-parcelle di 1 m² individuate casualmente per la determinazione della resa di granella (t/ha al 13% di umidità) e dei parametri produttivi previsti dal protocollo di monitoraggio. Dopo la raccolta i residui colturali di grano del trattamento controfattuale e del favino sono stati trinciati utilizzando un trinciapaglia trainata.

Nella parcella con grano sono stati rilevati il numero di piante all'emergenza e i parametri produttivi relativi alla produzione di granella e di biomassa, il peso di 1000 semi (g), il peso ettolitrico (kg/hL), le proteine (% s.s.); per la parcella con favino sono stati rilevati il numero dei fusti m⁻², la produzione di granella e di biomassa. Ad inizio ciclo (19-11-2012) e dopo la raccolta (12-7-2013 e 14-8-2014) sono stati effettuati i campionamenti di suolo alla profondità di 40 cm per le relative analisi chimiche e biologiche riguardanti la sostanza organica. Nel dettaglio sono

stati determinati pH, conducibilità elettrica, granulometria, CSC, K^+ , Na^+ , N totale, carbonio organico totale (TOC) ed estraibile (TEC), sostanza organica (TOCx1.724), acidi umici e fulvici (HA+HF), parametri di umificazione (DH, HR, HI), carbonio della biomassa microbica, respirazione basale e cumulativa, qCO_2 , qM , indice di fertilità biologica (IBF).

CREA-SCA, Bari

Lat 41,4496° Long 15,50266°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

La prova è localizzata a Foggia presso l’Azienda Sperimentale “Pod. 124” del CREA-SCA, Unità di ricerca per i sistemi colturali degli ambienti caldo-aridi (Figura 18).



Figura 18. Azienda CREA-SCA podere 124 di Foggia.

Il suolo, pianeggiante e con tessitura limo-argillosa, ha origini alluvionali ed è classificato come Chromic Haploxerert fine, mesic (Soil Survey Staff, 2014) e come Chromic Vertisol (WRB, 2014). L'elevata argillosità del suolo e la natura delle argille conferiscono allo stesso spiccate caratteristiche proprie dei suoli vertisuoli con profonde ed ampie fessurazioni che si presentano nella stagione estiva, soprattutto in regime non-irriguo (Tabella 6).

Il clima è del tipo “termomediterraneo accentuato” (classificazione Unesco-FAO) con temperature minime che in inverno scendono frequentemente al disotto di 0°C e massime che superano i 40°C nel periodo estivo. Le piogge non sono equamente distribuite nel corso dell'anno ma si concentrano nei mesi autunno invernali. I decorsi termico e pluviometrico sono tali da identificare un periodo di accentuato deficit idrico che inizia dai primi giorni di maggio e si protrae fino alla fine di settembre. Le annate 2011-12 e 2012-13 sono state caratterizzate da differenti andamenti termo-pluviometrici con una piovosità piuttosto carente nella prima e decisamente più elevata nella seconda. Le temperature minime sono state piuttosto basse nei primi mesi del 2012, ma anche nel successivo periodo primaverile-estivo. La seconda annata ha mostrato un quadro termico ottimale per l'accrescimento e lo sviluppo del grano.

Tabella 6. Caratteristiche fisico-chimiche del suolo.

Parametro	Valore
Azoto totale	0,12%
Fosforo totale (P ₂ O ₅)	0,12%
Fosforo disponibile (P ₂ O ₅)	41 ppm
Potassio totale K (K ₂ O)	1,25%
Potassio scambiabile (K ₂ O)	1561 ppm
Carbonato di calcio	7,30%
Sostanza organica*	2,10%
Rapporto Carbonio/Azoto	10
pH (in acqua)	8,33
Scheletro	0,00%
Sabbia grossolana	4,60%
Sabbia fine	14,90%
Argilla	49,40%
Limo	31,10%
Contenuto idrico al potenziale matriciale di:	
- 0,03 MPa	39,21%
- 1,50 MPa	21,42%

*TOC misurato con Walkley and Black moltiplicato per 1,724.

Su un terreno precedentemente coltivato a pomodoro sono state allestite due parcelle ognuna di 5.000 m² (100 m x 50 m). In una di esse è stata impiantata una monocoltura di grano duro con interrimento dei residui colturali, denominato Controfattuale (CF). Nell'altra parcella è stata invece avviata una rotazione biennale "Cece-Grano duro", denominata Fattuale (F), nella quale sono state coltivate in successione le colture di cece e grano duro (con interrimento dei residui), rispettivamente nella prima e seconda annata.

Le annate 2011-12 e 2012-13 sono state caratterizzate da differenti andamenti termopluviometrici con una piovosità piuttosto carente nella prima e decisamente più elevata nella seconda. Le temperature minime sono state piuttosto basse nei primi mesi del 2012, ma anche nel successivo periodo primaverile-estivo. La seconda annata ha mostrato un quadro termico ottimale per l'accrescimento e lo sviluppo del grano.

CREA-SSC, Metaponto

Lat 40,38296° Long 16,80883°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

Il monitoraggio è stato condotto a Metaponto (MT) presso l'azienda sperimentale "Campo 7" del CREA-SSC (Figura 19), ubicata nell'arco ionico Metapontino. Il suolo, sede della prova, ha giacitura pianeggiante, profondo, molto compatto e tenace, classificato come Typic Epiaquet (Soil Survey Staff, 2014) e come Stagnic Vertisol (WRB, 2014), dotato di elevata ritenzione idrica ma bassa conducibilità idraulica, reazione sub-alcalina (pH=7,8), ricco di fosforo assimilabile (31 ppm) e potassio scambiabile (759 ppm), ben dotato di calcare (14,3%), con 0,1% di azoto totale, 2,6% di sostanza organica, sabbia 19%, limo 39% e argilla 42%.



Figura 19. Azienda CREA-SSC di Metaponto (MT).

Il clima è caratterizzato da un regime termico di tipo xerico, tipico delle regioni mediterranee, con inverni umidi e freschi ed estati calde con precipitazioni concentrate nei mesi autunnali e invernali, quasi mancanti nei mesi primaverili ed estivi. Il valore medio annuo della pioggia è di 500 mm, con circa il 70% della piovosità totale concentrata nei mesi invernali, la temperatura media annua 16°C e con alta evaporazione potenziale annua (Pan Evaporation Rate pari a circa 1600 mm).

Nel primo ciclo di coltivazione (settembre 2011-giugno 2012) si è avuta una piovosità totale pari a 410,4 mm molto inferiore rispetto alla seconda annualità (639,1 mm), ma comparabile con quella di lungo periodo (478,5 mm). A determinare la più elevata piovosità dell'annata agraria 2012-2013 sono state le precipitazioni di novembre e dicembre (rispettivamente 126,8 e 136,4 mm di pioggia), decisamente superiori alla media del lungo periodo.

Stesso andamento è stato registrato per la temperatura media (14,85, 15,38 e 14,15 °C rispettivamente per la prima annualità, seconda annualità e periodo long-term) evidenziando quindi la particolarità dell'andamento termo-pluviometrico dell'interanno 2012-2013 (Figura 20).

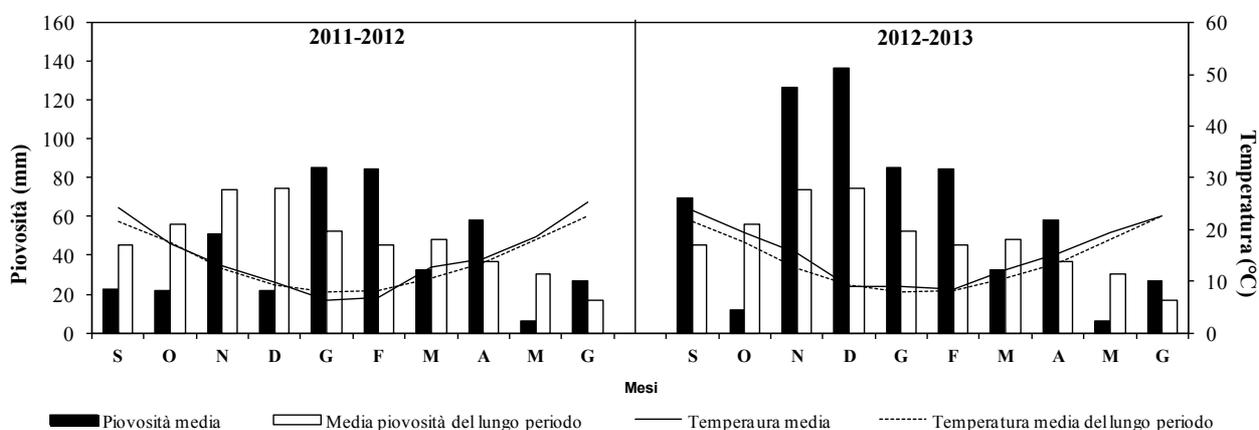


Figura 20. Andamento termo-pluviometrico negli anni 2011-2013.

Le attività per lo Standard 2.2. (avvicendamento delle colture) sono state effettuate nel biennio 2011-2012 e 2012-2013, coltivando, per ogni annualità, in contemporanea grano duro

(*Triticum durum* L. cv. Saragolla) e favino (*Vicia faba* Minor cv. Chiaro di Torrelama). Ovviamente, nel secondo anno le due colture sono state avvicinate nel CF. Il dispositivo di monitoraggio è stato realizzato in un appezzamento di terreno che nell'annata 2010-2011 non è stato coltivato e fertilizzato, al fine di uniformare la fertilità del suolo prima dell'inizio del monitoraggio.

Ogni singolo appezzamento di terreno aveva la dimensione di 1270 m² (20 x 63,5 m), all'interno dei quali sono state determinate 3 repliche di eguale misura.

VENETO AGRICOLTURA, Caorle (VE)

Lat 45,640361° Long 12,954147°

Sito di monitoraggio e caratteristiche del suolo

La prova è localizzata nel Comune di Caorle (Venezia) presso l'Azienda Sperimentale Vallevicchia di Veneto Agricoltura (Figura 21).

I suoli che hanno ospitato le parcelle di monitoraggio sono definiti pedologicamente come Fluvaquentic Eutrudept, fine-silty, carbonatic, mesic (Soil Survey Staff, 2014) e come Gley-Fluvis Cambisol (WRB, 2014), caratterizzati da una differenziazione del profilo medio-bassa. Sono di origine lagunare bonificati e drenati artificialmente. Molto calcarei, moderatamente profondi e con idromorfia profonda. Localmente possono essere salini. Sono pianeggianti (pendenza <1%), con fertilità media.

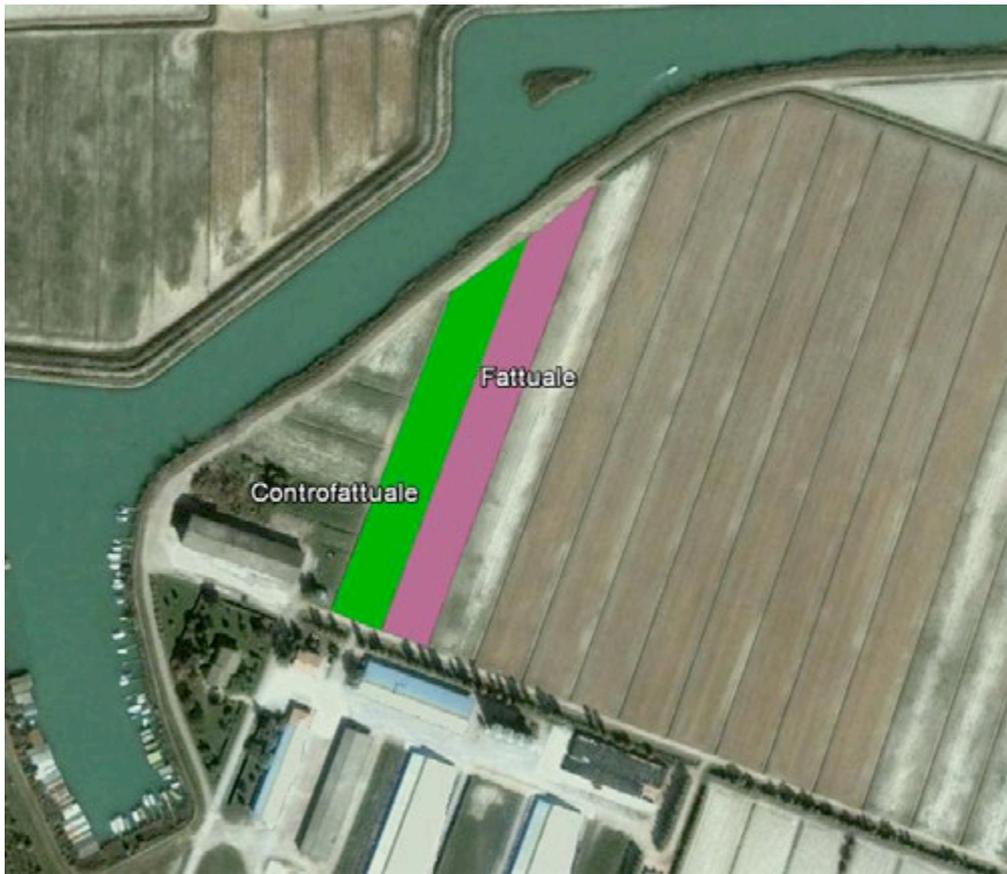


Figura 21. Azienda Vallevecchia di Veneto Agricoltura, Caorle (VE).

Dal punto di vista agronomico presentano una spiccata tendenza alla formazione di crosta superficiale che si manifesta nella stagione estiva, soprattutto in regime non-irriguo. Le principali caratteristiche del suolo (novembre 2012) riferite allo strato 0-40 cm sono mediamente le seguenti: pH=7,8; tessitura, sabbia=18,1, limo=51,4, argilla=30,5; capacità scambio cationico CSC= 13,6 meq/100 ss; fosforo assimilabile, P=33,0 mg/kg ss; N totale=1,21 g/kg; C organico=12,15 g/kg; SOM= 2,1; C/N=11,3.

Il clima di Vallevecchia è caratterizzato da un certo grado di continentalità, con inverni relativamente rigidi ed estati calde. La temperatura media (periodo 1975-2012) è di 13,7°C. La temperatura del mese più freddo (gennaio) è di 4,0°C, quella del mese più caldo (luglio) è di 23,5°C. Le precipitazioni sono distribuite in modo relativamente uniforme durante l'anno. Il totale annuo è, mediamente, di 970 mm con l'inverno come stagione più secca, le stagioni intermedie sono caratterizzate dal prevalere di perturbazioni atlantiche e mediterranee e l'estate con i tipici fenomeni

temporaleschi. Secondo lo schema di Koeppen, il clima di Vallevecchia è definito "clima temperato subcontinentale".

Nell'anno 2013, su due appezzamenti rispettivamente con precessione colturale soia e mais sono state allestite due parcelle per le tesi fattuale (F) e controfattuale (CF). Gli appezzamenti che ospitavano le prove fattuale e controfattuale avevano rispettivamente superfici di 7671 m² (284 x 27 m) e 6538 m² (242 x 27 m) all'interno dei quali sono state determinate 3 repliche di eguale misura. In entrambe le parcelle è stata seminata una coltura di mais (Ibrido PR31-Y43, CL 700). Per la tesi fattuale la coltura precedente nel 2012 è stata la soia (Demetra) e per il controfattuale è stata il mais (Corimbus). La preparazione del letto di semina è stata eseguita il 30 aprile tramite un coltivatore ad una profondità di 15 cm. La semina è stata effettuata lo stesso giorno con una seminatrice di precisione (Gaspardo) ad una profondità di 5 cm con un'interfila di 0,75 m (densità finale 7,2 piante m⁻²).

Per entrambe le tesi sono state effettuate una concimazione di fondo in data 26 aprile con 400 kg ha⁻¹ di concime complesso ternario (8-24-24). La fertilizzazione in copertura è stata fatta in modo localizzato in data 17 giugno con 300 kg ha⁻¹ di Urea. È stato eseguito un unico trattamento diserbante in post-emergenza contro infestanti monocotiledoni e dicotiledoni in data 28 maggio. Sulla scorta delle informazioni di un modello previsionale è stato eseguito un unico intervento di controllo della piralide (*Ostrinia nubilalis*) in data 29 luglio.

Le condizioni climatiche nel periodo: autunno 2012 - primavera 2013 sono state dominate da sequenze di eventi piovosi intensi e numerosi, specialmente nella primavera del 2013 che hanno causato la procrastinazione della semina di quasi 30 giorni rispetto all'epoca normale per il mais. La precipitazione totale annua del 2013 di Vallevecchia è stata di oltre 300 mm superiore alla media, tuttavia i 60 mm caduti nel periodo giugno luglio sono stati insufficienti a garantire al mais un adeguato rifornimento idrico. Si sono verificate pertanto situazioni di relativo stress per la coltura ed il comportamento vegeto-produttivo ne ha risentito negativamente.

Alla maturazione si è proceduto alla raccolta (3 ottobre) di 3 sub-parcelle di 5 m² individuate casualmente per la determinazione della resa di granella (t/ha al 13% di umidità) e dei parametri produttivi previsti dal protocollo di monitoraggio.

CREA-ING, Monterotondo (RM)

Il CREA-ING si occupa dello sviluppo di tecnologie e metodologie inerenti all'ingegneria agraria nei sistemi agricoli e forestali con attività prevalenti nei settori della meccanizzazione agricola, della gestione ambientale, delle tecnologie di post-raccolta e della trasformazione di prodotti e biomasse anche a fini energetici, con particolare riferimento al supporto tecnico-scientifico alle politiche di settore e ai processi di certificazione e armonizzazione normativa. Nell'ambito del Progetto di monitoraggio MO.NA.CO. si è occupato del differenziale di competitività.

Risultati del monitoraggio

Analisi dei dati

Le analisi statistiche sono state effettuate con il software STATSOFT vers. 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.

Dati di campo e di laboratorio

L'indicatore per lo standard 2.2 è rappresentato dal contenuto di sostanza organica del suolo, determinato tramite analisi chimica del terreno. Nella Figura 22 viene rappresentata la distribuzione del contenuto di sostanza organica (%) nei suoli indagati, nella quale si evidenzia la complessa casistica dovuta alla grande variabilità pedoclimatica esistente lungo la penisola e adeguatamente rappresentata dalla distribuzione delle aziende. Nelle Figure 22 e 23 sono riportati i valori di C organico (CO) riferiti al primo e al secondo anno di sperimentazione (terzo anno per RPS e AAM). Si può notare come i suoli delle aziende del CREA-AAM, FLC e SSC, presentino una dotazione di C piuttosto bassa, soprattutto se si considera la loro natura prevalentemente limosa e limo-argillosa. Vanno invece considerati valori normali/medi quelli delle altre aziende secondo la classificazione riportata nella Tabella 1.

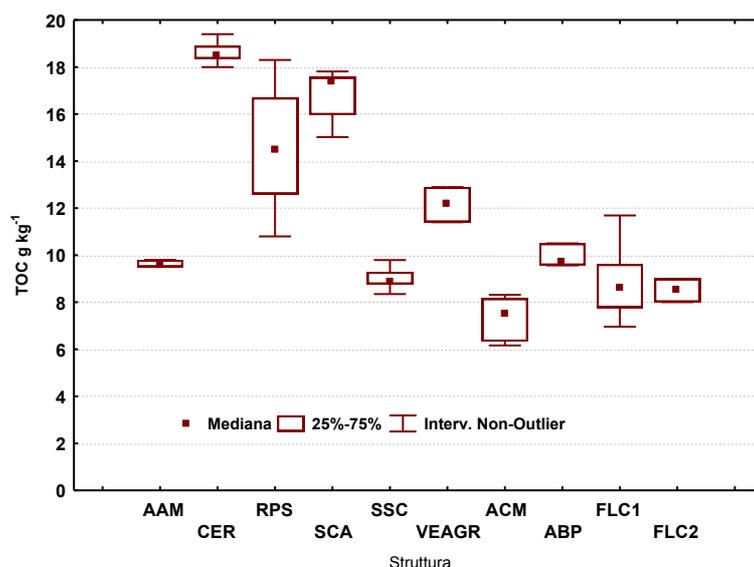


Figura 22. Contenuto di OC all'inizio dell'esperimento nei diversi siti sperimentali.

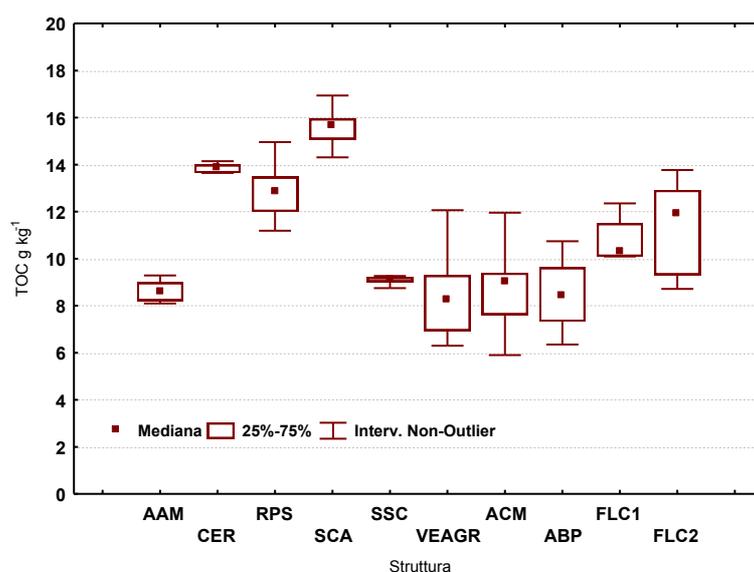


Figura 23. Contenuto di CO dopo due anni dall'inizio dell'esperimento (tre anni per AAM e RPS) nei diversi siti sperimentali.

Nel corso del monitoraggio i valori di OC sono variati da un anno all'altro. Nella Tabella 6 vengono riportati i valori di CO riferiti a ciascun anno di sperimentazione nelle diverse aziende e per i diversi trattamenti.

Considerando la media dei due trattamenti, il contenuto di C organico è diminuito in 6 siti su 10, AAM, ABP, CER, RPS, SCA e VEAGR ($P < 0.05$), nel sito SSC è rimasto pressoché costante, mentre nelle aziende ACM, FLC_1 e FLC_2, il contenuto di CO è aumentato (mediamente dal 16 al

33% rispetto al valore iniziale). Per quanto riguarda queste ultime 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 colturale (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 CO rispetto al CF ($P < 0,001$). Tuttavia nei tre anni di sperimentazione vi è stata una continua diminuzione di OC, fino all'11% per il terzo anno ($P < 0,05$) rispetto alla dotazione iniziale. Il suolo dell'azienda di RPS al terzo anno ha mostrato riduzioni medie del 14% ($P < 0,05$). Anche in questo caso, tuttavia, non si evidenzia un effetto della rotazione.

Tabella 6. Valori di TOC riferiti a ciascun anno di sperimentazione nelle diverse aziende e per i diversi trattamenti e la variazione dello stock di C (Delta C) espressa come variazione rispetto al primo anno.

Struttura	Azienda	Anno	CF	F	Media
AAM	ORTIG	1	9,30	10,00	9,65
		3	8,29	8,95	8,62
		<i>Delta C</i>	-0,11	-0,11	-0,11
ABP	FAGNA	1	9,92	9,92	9,92
		2	8,14	8,88	8,51
		<i>Delta C</i>	-0,18	-0,10	-0,14
ACM	Libertinia	1	7,71	6,93	7,32
		2	7,55	10,10	8,82
		<i>Delta C</i>	-0,02	0,46	0,21
CER	MANFR	1	18,58	18,60	18,59
		2	13,91	13,52	13,71
		<i>Delta C</i>	-0,25	-0,27	-0,26
FLC_1	FLC_1	1	8,33	8,67	8,50
		2	10,91	11,67	11,29
		<i>Delta C</i>	0,31	0,35	0,33
FLC_2	FLC_2	1	8,34	9,42	8,88
		2	10,23	10,39	10,31
		<i>Delta C</i>	0,23	0,10	0,16
RPS	TORMA	1	15,73	13,37	14,55
		3	13,21	12,57	10,47
		<i>Delta C</i>	-0,16	-0,06	-0,28
SCA	PD124	1	17,57	16,15	16,86
		2	15,87	15,34	15,61
		<i>Delta C</i>	-0,10	-0,05	-0,07
SSC	CAMP7	1	8,99	8,98	8,99
		2	9,17	9,14	9,15
		<i>Delta C</i>	0,02	0,02	0,02
VEAGR	CAORL	1	11,40	12,90	12,15
		2	9,27	7,77	8,52
		<i>Delta C</i>	-0,19	-0,40	-0,30
Totale complessivo			-0,52	-0,35	-0,45

In dettaglio, nei suoli delle aziende CER e SCA (con caratteristiche pedo-climatiche molto simili) la riduzione del 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.

In Figura 24 è riportato il grafico della media generale delle aziende in riferimento ai trattamenti fattuale e controfattuale.

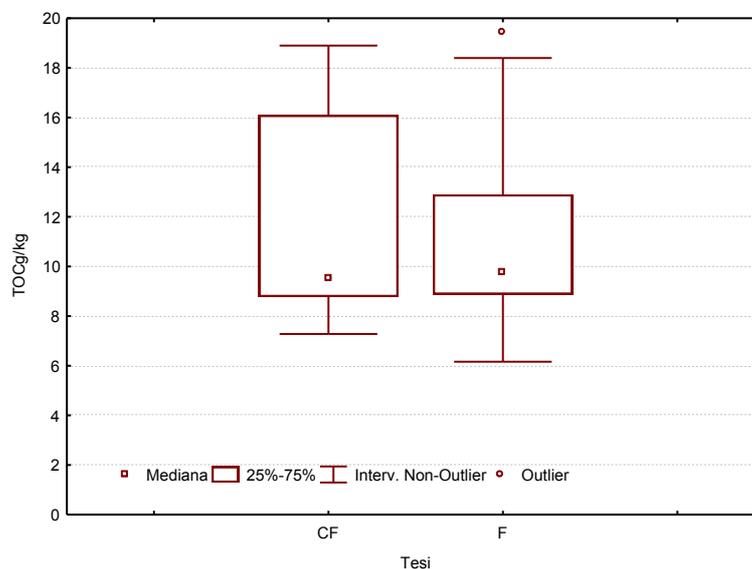


Figura 24. Valori di TOC come media generale delle aziende per CF e F.

Come si evince, i due trattamenti contrastanti presentano dei valori di CO molto simili, pari a 11.59 e 11.26 g kg⁻¹ di suolo rispettivamente per CF ed F.

Per potere valutare l'effetto del trattamento avvicendamenti, al netto delle differenze iniziali delle due parcelle sperimentali F e CF e dell'effetto stagionale, è necessario riuscire a determinare quanto, e se, il trattamento F è stato più conservativo della sostanza organica rispetto al CF, anche considerando che in alcuni siti entrambi i trattamenti hanno mostrato una flessione della dotazione di C tra il primo anno e quelli successivi. Attraverso l'applicazione della seguente formula:

$$C(F-CF) = [((C_{fin}F - C_{iniz}F)/C_{iniz}F) - ((C_{fin}CF - C_{iniz}CF)/C_{iniz}CF)] * 100$$

si sono ottenuti i risultati illustrati nella Figura 25, che consentono una valutazione qualitativa dell'effetto dei trattamenti a confronto.

La variazione percentuale maggiore in negativo si riscontra per VEAGR, dove il trattamento fattuale mostra una capacità di trattenere il C che è circa del 21% inferiore rispetto al CF. Analogamente per FLC1 il trattamento fattuale è meno efficiente del trattamento contro fattuale nel ridurre le perdite di CO. ABP, FLC2, RPS e SCA mostrano un effetto positivo del trattamento

fattuale nel contenere le perdite di C, rispettivamente del 7, 4, 10 e 5%. ACM, sito in cui non si sono registrate riduzioni del contenuto di C tra il primo e secondo anno, è anche il sito dove maggiore è l'efficienza del trattamento fattuale nel sequestro del C, del 43% rispetto al controfattuale.

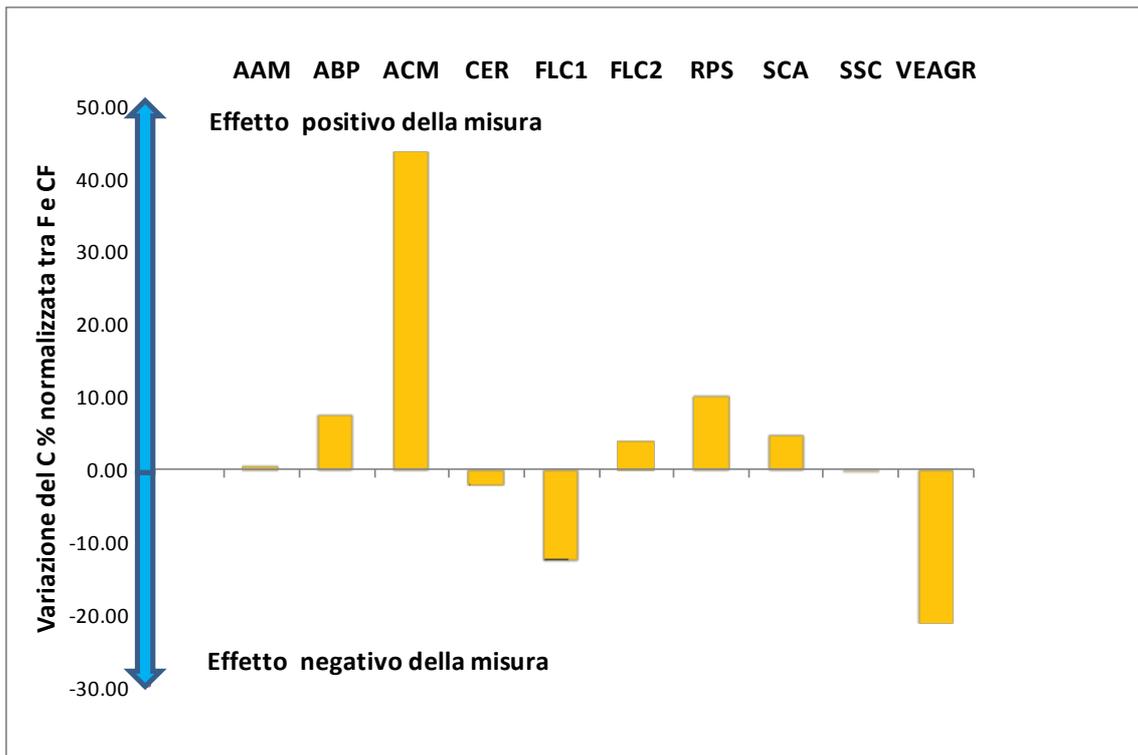


Figura 25. Variazione % normalizzata del C tra F e CF.

Nella Tabella 7 vengono riportati i valori per C microbico (C_{mic}), Respirazione basale (C_{bas}), Respirazione cumulata (C_{cum}), Quoziente metabolico (qCO_2), Quoziente di mineralizzazione (qM), e IBF.

Tabella 7. Parametri biologici del suolo (C microbico, respirazione basale e cumulata, quoziente respiratorio e di mineralizzazione e Indice Biologico di Fertilità (IBF)).

Aziende	Trattamento	Parametri											
		Cmic (mg/kg) ±ES		Cbas (mg/kg) ±ES		Ccum (mg/kg) ±ES		qCO ₂ (mg/kg) ±ES		qM (%) ±ES		IBF ±ES	
AAM	CF	167,0	22,7	6,78	0,52	226,5	13,5	0,19	0,04	2,51	0,18	15,3	0,5
	F	158,0	17,6	7,58	0,22	247,3	17,0	0,22	0,03	2,48	0,16	15,8	0,4
	<i>Media</i>	<i>162,5</i>	<i>13,8</i>	<i>7,18</i>	<i>0,30</i>	<i>236,9</i>	<i>10,8</i>	<i>0,20</i>	<i>0,02</i>	<i>2,50</i>	<i>0,11</i>	<i>15,6</i>	<i>0,3</i>
CER	CF	195,1	1,0	7,25	0,97	242,3	7,3	0,16	0,01	1,27	0,04	17,7	0,3
	F	252,5	32,8	8,05	0,59	431,8	78,0	0,14	0,03	2,25	0,34	19,7	0,7
	<i>Media</i>	<i>223,8</i>	<i>23,3</i>	<i>7,65</i>	<i>0,54</i>	<i>337,0</i>	<i>54,9</i>	<i>0,15</i>	<i>0,02</i>	<i>1,76</i>	<i>0,27</i>	<i>18,7</i>	<i>0,6</i>
FLC_1	CF	96,3	0,2	5,57	0,25	176,3	3,7	0,26	0,05	2,12	0,07	14,3	0,9
	F	102,0	10,0	4,74	0,55	174,7	4,7	0,19	0,02	2,11	0,12	14,3	0,9
	<i>Media</i>	<i>99,2</i>	<i>9,5</i>	<i>5,15</i>	<i>0,33</i>	<i>175,5</i>	<i>2,7</i>	<i>0,23</i>	<i>0,03</i>	<i>2,12</i>	<i>0,06</i>	<i>14,3</i>	<i>0,6</i>
RPS	CF	303,0	25,4	6,95	2,09	194,7	29,0	0,10	0,03	1,41	0,19	17,7	0,4
	F	222,0	32,6	5,22	0,33	175,8	17,5	0,11	0,01	1,77	0,35	16,7	0,5
	<i>Media</i>	<i>262,5</i>	<i>23,2</i>	<i>6,08</i>	<i>1,04</i>	<i>185,3</i>	<i>16,4</i>	<i>0,10</i>	<i>0,02</i>	<i>1,59</i>	<i>0,20</i>	<i>17,2</i>	<i>0,3</i>
SCA	CF	272,7	20,8	6,42	0,64	313,3	11,8	0,11	0,01	1,76	0,09	19,7	0,5
	F	219,4	37,6	7,05	1,00	312,3	19,9	0,16	0,02	2,04	0,04	18,3	0,9
	<i>Media</i>	<i>246,1</i>	<i>21,0</i>	<i>6,73</i>	<i>0,58</i>	<i>312,8</i>	<i>11,1</i>	<i>0,13</i>	<i>0,01</i>	<i>1,90</i>	<i>0,06</i>	<i>19,0</i>	<i>0,5</i>
	CF	214,8	19,6	6,64	0,54	235,9	13,0	0,16	0,02	1,86	0,13	16,8	0,4
	F	190,6	16,5	6,56	0,37	259,7	20,7	0,16	0,01	2,13	0,13	16,8	0,5
	<i>Media</i>	<i>202,7</i>	<i>12,8</i>	<i>6,60</i>	<i>0,35</i>	<i>247,8</i>	<i>13,2</i>	<i>0,16</i>	<i>0,01</i>	<i>1,99</i>	<i>0,09</i>	<i>16,8</i>	<i>0,3</i>

Tutti i parametri biologici del suolo mostrano una grande variabilità legata ai siti sperimentali piuttosto 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 da una parte le variazioni della biomassa microbica (Figura 26) e dall'altra le variazioni relative alla respirazione basale (C_{bas}), alla respirazione cumulata (C_{cum}) e al qCO_2 (Figura 27).

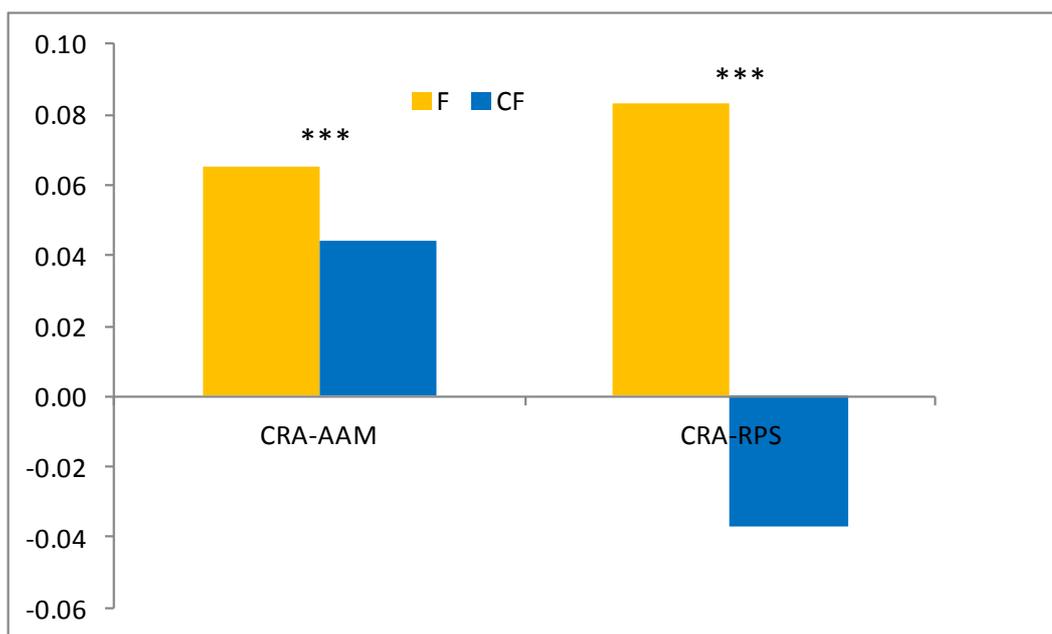


Figura 26. Variazioni relative al valore iniziale della biomassa microbica nei due trattamenti per le due aziende AAM e RPS.

Per questi due siti la variazione percentuale del C microbico è stata 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 diminuzione del parametro di circa il 14% contro un aumento di circa il 45% per il trattamento F.

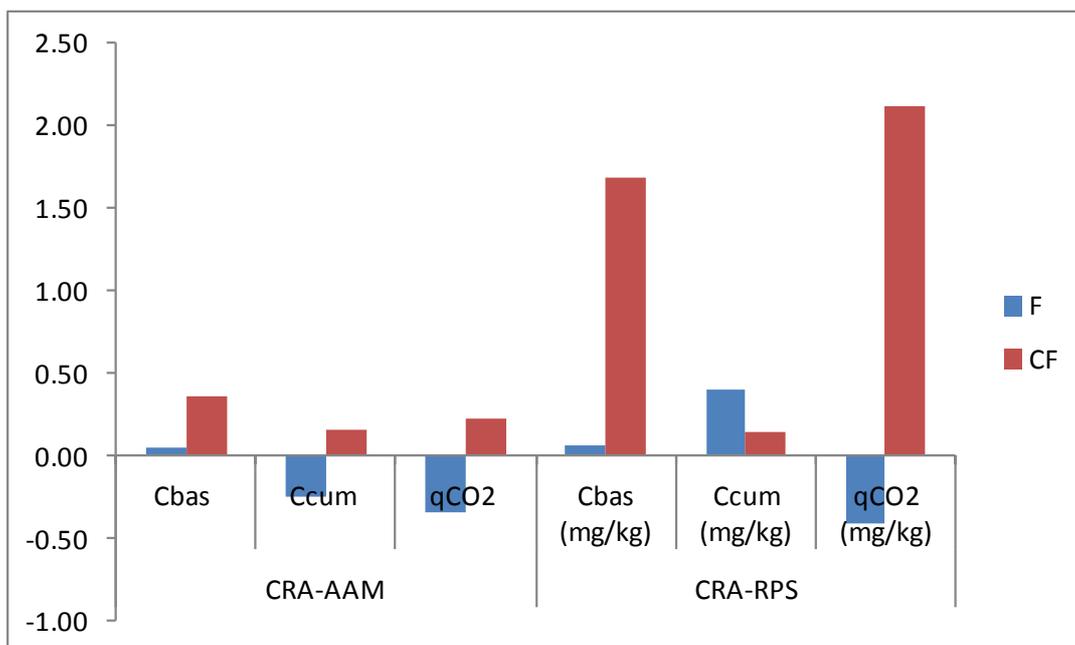


Figura 27. Variazioni relative dei parametri biologici respirazione basale (Cbas), respirazione cumulata (Ccum) e qCO_2 .

Riguardo alla Figura 27, l'effetto del trattamento avvicendamenti è 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 qCO_2 e un lieve incremento di Cbas. Similmente al sito AAM, nel trattamento F del sito RPS solo i parametri Cbas e qCO_2 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 monitoraggio e in misura maggiore nel sito RPS, ad eccezione del parametro Ccum.

L'effetto dei due trattamenti F e CF è stato testato anche in relazione alle performance produttive. Come si evince dalla Tabella 8, 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.

Tabella 8. 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 (F vs CF) in ciascuna località.

Località	Tesi		Resa (t/ha al 13%)			Harvest index			Peso ad ettolitro (kg)			Peso 1000 semi (g)			Proteine (%)		
	Anno	Coltura	CF	F	valore P	CF	F	valore P	CF	F	valore P	CF	F	valore P	CF	F	valore P
AAM	2013	Grano	4,46	§	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ABP	2013	Mais	14,00	19,01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
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	.	.	.	.	.	.

§Infestato; *significativo a P=0,05; ns, non significativo.

Discussione e conclusioni

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. Nel caso in questione, due/tre anni dell'applicazione dello standard "avvicendamento" oltre a fornire risultati contrastanti non sono stati sufficienti a dimostrare un'efficacia statisticamente significativa del trattamento in nessuna delle aziende considerate nel monitoraggio. È probabile che nella maggioranza dei siti il secondo e terzo anno abbiano avuto caratteristiche climatiche (piovosità e temperature) favorevoli alla degradazione del C, limitando, di fatto, l'efficacia del trattamento fattuale.

Nell'azienda AAM, in cui il monitoraggio è in corso da tre anni, è stato rilevato, 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 - abbia mostrato un'efficacia dello standard 2.2 di solo 0,3%, ma sintomatico del fatto che tendenzialmente il trattamento F ha un effetto positivo sulla SO. Anche nell'azienda RPS il trattamento fattuale ha avuto un effetto positivo limitando le perdite del 10%.

Tuttavia il risultato relativamente minimo non deve trarre in inganno, 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. È più corretto dire che, in considerazione dei tempi medio-lunghi necessari per evidenziare significative variazioni della SO del terreno, due o tre 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.

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 (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.

Differenziale di competitività

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:

1. 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;
2. 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 (controfattuale), 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.

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, b). Il dato relativo alla retribuzione dei lavoratori agricoli, utilizzato nella suddetta metodologia, corrisponde alla media dei valori riconosciuti dalla Confederazione Italiana Agricoltori nel contratto collettivo nazionale vigente per la qualifica di operaio specializzato super, livello A, area 1, riferiti alle province dei casi studio monitorati.

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 9) (CCIAA Arezzo, Brescia, Forli-Cesena, 2014).

Tabella 9. Prezzi medi ISMEA e CCIAA anno 2014.

Prezzo medio della granella	(€ t⁻¹)
Grano duro	261,25
Grano tenero	209,77
Mais	188,88
Soia	440,65
Favino	278,33

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 colturali, per la soia da granella si è preferito utilizzare i dati produttivi medi dell'Istituto nazionale di statistica (Tabella 10) (ISTAT, 2014).

Tabella 10. produzione ad ettaro delle varie colture.

Coltura	Fonte	Produzione Granella U. 13% (t ha⁻¹)
Grano duro	U.O.	5,05
Grano tenero	U.O.	5,52
Mais	U.O.	8,64
Favino	U.O.	2,82
Soia	ISTAT	3,46

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 11 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 € ha⁻¹ anno⁻¹, è stata applicata al VAN la formula finanziaria per il calcolo dell'annualità costante.

Tabella 11. conto economico annuale delle colture determinato con i valori medi delle lavorazioni meccaniche.

Elementi del conto economico	Grano tenero (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)	Favino da granella (€ 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
Erpicatura	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

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 12).

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 € ha⁻¹ 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 € ha⁻¹ anno⁻¹. Nel nord Italia, per l'avvicendamento mais e soia, il differenziale di competitività annuale varia da -9,77 a -11,88 € ha⁻¹ anno⁻¹. Analogamente può essere osservato in riferimento ai calcoli eseguiti sottraendo o aggiungendo alla media delle singole lavorazioni i valori della relativa deviazione standard.

Pertanto, 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.

Tabella 12. differenziale di competitività annuale (€ ha⁻¹ anno⁻¹), limite inferiore, valore medio e limite superiore per ogni avvicendamento considerato.

Anno di coltivazione della leguminosa	Differenziale di competitività annuale (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)								
	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

Contributi

CREA-AAM: Antonio Melchiorre Carroni: coordinatore U.O.; 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 MO.NA.CO., 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 U.O., progettazione dispositivo sperimentale, rilievi di campo, stesura del testo; Francesco Intrigliolo: già coordinatore U.O. 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 U.O., 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 e Savi Francesco: rilievi di campo ed elaborazioni dati; Tagliabue Paolo*: conduzione agronomica e allestimento del dispositivo di monitoraggio e rilievi in campo.

*Fondazione Morando Bolognini, S. Angelo Lodigiano (LO).

CREA-RPS: Rosa Francaviglia: coordinatore U.O., 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: elaborazione finale dei dati e del testo.

CREA-SCA: Domenico Ventrella: coordinatore U.O., 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 U.O., 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 U.O.; 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.

*Libero professionista.

CREA-ING: Marco Fedrizzi primo ricercatore, responsabile U.O., Giulio Sperandio ricercatore, Mauro Pagano ricercatore, Roberto Fanigliuolo ricercatore, Mirko Guerrieri Co.co.co., Daniele Puri Co.co.co.

Ringraziamenti

Angelo Passerini e Paolo Broglia per l' allestimento delle prove e i rilievi di campo sulle parcelle U.O. CRA FLC.

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.
- Batjes NH, 1996. Total carbon and nitrogen in the soil of the world. *Eur. J. Soil Sci.* 47:151-163.
- Biondi P, 1999. *Meccanica agraria. Le macchine agricole.* Torino UTET, pp. 547-561
- Borrelli L, Tomasoni C, 2005. Nota sulle caratteristiche pedo-climatiche dell'azienda dell'Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere di Lodi. *Annali ISCF* 9:43-49.
- 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 Colturali 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>
- 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, Benedetti A, Mocali S, 2015. Metodologie per la determinazione dei parametri chimici, biochimici e microbiologici del suolo. Appendix to Technical Report. *Ital. J. Agron.* 10(s1):695.
- 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/>
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F, 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15:259-263.
- 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.
- Madrau S, Deroma M, Loi G, Baldaccini P, 2006 Il Database pedologico georeferenziato e la carta dei suoli della Sardegna. Gallizzi Ed. Sassari..
- 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>
- 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.
- Soil Survey Staff, 2014. *Keys to Soil Taxonomy* (12th ed.). US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA.
- Spallacci P, Lanza F, 1981. Sistema colturale a mais continuo: tredici anni di prove nella Pianura Padana. 2) Fertilità del terreno. *Inform. Agr.* 32:14233-14250.
- Spallacci P, Montorsi M, 1988. Confronto tra ordinamenti cerealicolo-industriali su terreni argillosi padani. III Fertilità del terreno: variazioni dei parametri essenziali nell'arco di 12 anni. *Genio Rurale* 2:11-20.
- Toderi G, 1991. Problemi conservativi del suolo in Italia. In: Accademia Nazionale di Agricoltura (ed.) *Agricoltura ed ambiente*. Edagricole, Bologna, Italy, pp 50-99.

- Troccoli A, Colecchia SA, Cattivelli L, Gallo A, 2007. Caratterizzazione agro-climatica del capoluogo da uno – Analisi della serie storica delle temperature e delle precipitazioni rilevate a Foggia dal 1955 al 2006. Tipografia Digital Print, Orta Nova (FG).
- 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..