

Efficacia ambientale dello Standard BCCA di condizionalità 2.1 “Gestione delle stoppie e dei residui colturali” e valutazione economica del differenziale di competitività a carico delle aziende agricole

Domenico Ventrella,¹ Nino Virzi,² Francesco Intrigliolo,² Massimo Palumbo,² Michele Cambrea,² Alfio Platania,² Fabiola Sciacca,² Stefania Licciardello,² Antonio Troccoli,³ Mario Russo,³ Rosa Francaviglia,⁴ Ulderico Neri,⁴ Margherita Falcucci,⁴ Giampiero Simonetti,⁴ Olimpia Masetti,⁴ Gianluca Renzi,⁴ Marisanna Speroni,⁵ Lamberto Borrelli,⁵ Giovanni Cabassi,⁵ Luigi Degano,⁵ Roberto Fucella,⁵ Francesco Savi,⁵ Paolo Tagliabue,⁵ Marco Fedrizzi,⁶ Roberto Fanigliuolo,⁶ Mauro Pagano,⁶ Giulio Sperandio,⁶ Mirko Guerrieri,⁶ Daniele Puri,⁶ Francesco Montemurro,¹ Vittorio A. Vonella,¹ Luisa Giglio,¹ Francesco Fornaro,¹ Mirko Castellini,¹ Rita Leogrande,¹ Carolina Vitti,¹ Marcello Mastrangelo,¹ Angelo Fiore,¹ Mariangela Diacono,¹ Lorenzo Furlan,⁷ Francesca Chiarini,⁷ Michele Colauzzi,⁷ Francesco Fracasso,⁷ Erica Sartori,⁷ Antonio Barbieri,⁷ Francesco Fagotto,⁷ Paolo Bazzoffi⁸

¹CREA-SCA, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Unità di Ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo-aridi, Bari

²CREA-ACM, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di ricerca per l'Agricoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

³CREA-CER, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca per la Cerealicoltura, Foggia

⁴CREA-RPS, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca per lo studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, Roma

⁵CREA-FLC, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca per le produzioni Foraggere e Lattiero-Casearie, Lodi

⁶CREA-ING, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo (RM)

⁷Veneto Agricoltura, Azienda Regionale per i settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare, Legnaro (PD)

⁸CREA-ABP, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Firenze

Autore corrispondente: Domenico Ventrella
E-mail: domenico.ventrella@crea.gov.it

Parole chiave: Condizionalità; sviluppo rurale; Standard 2.1; gestione delle stoppie e dei residui colturali; competitività.

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

Contributi: Domenico Ventrella: capofila Standard 2.1, coordinatore UO CREA-SCA, stesura del testo ed elaborazione dati delle UO, progettazione e allestimento dispositivo sperimentale: Francesco Montemurro, coordinatore UO CREA-SSC, progettazione e allestimento dispositivo sperimentale, elaborazione dati, stesura del testo. 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. Mirko Castellini: rilievi di campo, campionamenti, elaborazione dati. Rita Leogrande: rilievi di campo, campionamenti, elaborazione dati. Carolina Vitti: analisi chimiche del suolo (monitoraggio di SCA), elaborazione dati. Angelo Fiore: rilievi di campo, elaborazione dati, stesura del testo. Marcello Mastrangelo: analisi chimiche del suolo (monitoraggio di SCA). Nino Virzi: coordinatore UO CREA-ACM, progettazione dispositivo sperimentale, rilievi di campo, stesura del testo. Francesco Intrigliolo: già coordinatore UO CREA-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. Antonio Troccoli: coordinatore UO CREA-CER, progettazione dispositivo sperimentale, rilievi di campo, elaborazione dati, stesura del testo. Mario Russo: rilievi di campo, elaborazione dati, stesura del testo. Rosa Francaviglia: coordinatore UO CREA-

RPS, stesura del testo ed elaborazione dati. Ulderico Neri: allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, rilievi differenziale competitività, stesura del testo ed elaborazione dati. Margherita Falcucci: analisi di laboratorio sui parametri chimici del suolo e dei vegetali. Giampiero Simonetti: allestimento delle prove sperimentali, rilievi differenziale competitività 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. Marisanna Speroni: coordinatore UO CREA-FLC, progettazione dispositivo di monitoraggio. Lamberto Borrelli: progettazione dispositivo di monitoraggio, elaborazioni dati, stesura testo. Giovanni Cabassi: progettazione dispositivo di monitoraggio, elaborazioni dati, stesura testo. Luigi Degano: progettazione dispositivo di monitoraggio, elaborazioni dati, stesura testo. Roberto Fucella: rilievi in campo, campionamenti, elaborazioni dati. Francesco Savi: rilievi in campo, campionamenti, elaborazioni dati. Paolo Tagliabue (Fondazione Morando Bolognini - S. Angelo Lodigiano): allestimento dispositivo di monitoraggio, conduzione agronomica, rilievi dati. Marco Fedrizzi, coordinatore UO CREA-ING. Roberto Fanigliuolo, Mauro Pagano, Giulio Sperandio, Mirko Guerrieri, Daniele Puri: gli autori hanno contribuito in misura paritaria all'esecuzione dei rilievi e all'elaborazione dei dati e dei calcoli necessari alla determinazione del differenziale economico di competitività. Lorenzo Furlan: coordinatore UO VenetoAgricoltura (Veneto Agricoltura). Francesca Chiarini: allestimento prove sperimentali, stesura del testo ed elaborazione dati. Michele Colauzzi (Libero professionista): preparazione protocolli sperimentali, stesura del testo ed elaborazione dati. Antonio Barbieri: allestimento prove, coordinamento operazioni colturali. Francesco Fagotto: rilievi di campo, stesura relazioni. Francesco Fracasso: allestimento prove, rilievi di campo sulle parcelle, raccolta documentazione foto e video. Erica Sartori: rilievi di campo, stesura relazioni.

©Copyright D. Ventrella et al., 2015
Licenziatario PAGEPress, Italy
Italian Journal of Agronomy 2015; 10(s1):697
doi:10.4081/ija.2015.10.697

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

Riassunto

Nell'ambito del Progetto MO.NA.CO. è stata valutata l'efficacia ambientale dello Standard BCCA di condizionalità 2.1 "Gestione delle stoppie e dei residui colturali", e la valutazione economica del differenziale di competitività a carico delle aziende agricole nel caso in cui aderiscano o meno al regime di condizionalità. Il monitoraggio è stato eseguito in otto aziende sperimentali con differenti caratteristiche pedoclimatiche. Sono stati valutati indicatori: i) di tipo produttivo con riferimento a resa e contenuto proteico di frumento e mais; ii) legati alla fertilità del suolo e in particolare alla dotazione di carbonio organico. In ogni azienda di monitoraggio sono state realizzate due parcelle sperimentali: fattuale con interrimento dei residui colturali (previa trinciatura) e controfattuale con bruciatura o asportazione delle stoppie.

Il monitoraggio non ha evidenziato risultati univoci con differenze tra i due trattamenti quasi sempre non statisticamente significative. Dall'analisi dei dati del monitoraggio è emerso che l'interrimento dei residui risulta economicamente più oneroso rispetto all'asportazione dei residui, ma anche rispetto alla loro bruciatura. Lo svantaggio economico è da ritenersi piuttosto modesto e facilmente compensabile dagli aiuti comunitari previsti in regime di condizionalità. Pertanto, l'interrimento dei residui colturali può essere considerato una buona pratica agricola che non penalizza gli agricoltori dal punto di vista produttivo ed economico e al contempo contribuisce al mantenimento della fertilità e della biodiversità del suolo. Al contrario l'asportazione e la bruciatura dei residui comportano un mancato o un ridotto apporto di carbonio nel suolo. Non sono da trascurare altri fattori, quali una probabile riduzione della biodiversità e un aumento del rischio di incendi, di inquinamento atmosferico e di incidenti stradali dovuti al fumo generato dalla bruciatura delle stoppie.

Introduzione

La gestione dei residui colturali nei vari sistemi colturali è un argomento ampiamente affrontato nella letteratura agronomica (Bonciarelli *et al.*, 1972, 1974; Morel *et al.*, 1981; Maiorana *et al.*, 1992, 1993, 1996, 1997, 2001, 2003; Ferri *et al.*, 1993; Nicholson *et al.*, 1997; Lal, 1997, 2009; Convertini *et al.*, 1998; Fischer *et al.*, 2002; Franzluebbers, 2002; Lemke *et al.*, 2010), l'effetto dell'interrimento sulle proprietà fisico-chimiche del suolo è considerato positivo, ma raramente si riscontra un accordo sull'entità dell'incremento del contenuto in carbonio organico del suolo attribuibile a questa pratica agronomica. Questo risultato è da attribuire al fatto che l'efficacia dell'interrimento dei residui colturali in realtà dipende da numerosi fattori che riguardano le caratteristiche fisico-chimiche del suolo, l'andamento climatico, la composizione dei residui colturali, la tecnica dell'incorporamento e le pratiche agronomiche eventualmente attuate per favorire la decomposizione dei residui, che è un processo microbico che consiste in una progressiva trasformazione di materiale organico che termina con il rilascio di carbonio e nutrienti rilasciati nell'ecosistema sia a scala locale che globale. Le caratteristiche legate al suolo sono particolarmente importanti in aree affette da condizioni climatiche sfavorevoli, mentre quelle ascrivibili alla tipologia e qualità dei residui prendono il sopravvento in condizioni ambientali più favorevoli alla decomposizione. In generale residui più piccoli si decompongono prima di quelli più grandi, così come residui di piante giovani si decompongono prima di quelli di piante più mature poiché con l'età della pianta aumentano le quantità di cellulosa e lignina che, insieme ai polifenoli, hanno effetti inibitori sull'azione degli enzimi che favoriscono la decomposizione.

La bruciatura delle stoppie e delle paglie è spesso una consuetudine

nelle aree in cui, tradizionalmente, sono coltivati i cereali. Il ricorso a tale tecnica nasce da una serie di motivi: dalla non sempre possibile raccolta delle andane di paglia, per l'irregolarità o per le piccole dimensioni degli appezzamenti o per l'acclività dei terreni; dalla minore richiesta di paglia a seguito della riduzione degli allevamenti e del numero di capi di bestiame; dalla necessità di liberare il terreno dai residui in modo economico, per evitare ingolfamenti dei macchinari e poter ridurre la profondità di lavorazione; dalla necessità di abbattere gli inoculi di eventuali patogeni presenti sui residui della coltura conclusa; dalla necessità di ridurre il numero di semi germinabili delle erbe infestanti. Il ricorso a tale tecnica ha consentito di cogliere alcuni vantaggi, quali economicità, rapida pulizia del terreno, parziale distruzione dei semi delle infestanti; unico fattore negativo considerato era il rischio di incendi (Convertini *et al.* 1998). La scelta della bruciatura, piuttosto che l'interrimento, ha sottovalutato i vantaggi ed i possibili miglioramenti di lungo termine di quest'ultimo, come l'effetto positivo sulla fertilità del terreno e su alcune caratteristiche fisico-meccaniche. Queste conseguenze erano contrastate, tuttavia, dalla certezza di maggiori costi di lavorazione necessari per l'incorporazione nel suolo dei residui e dalla probabilità di subire, almeno in una fase iniziale, una riduzione delle produzioni di granella (Convertini *et al.* 1998). Molti lavori hanno dimostrato che la bruciatura dei residui, reiterata senza soluzione di continuità per un periodo di tempo pari a 20 anni, non comporta alcuna riduzione delle rese di granella o del contenuto di sostanza organica nel suolo; superato tale periodo, si registra una riduzione dell'attività microbica e si ha un incremento delle perdite di carbonio organico (Rasmussen e Collins, 1991). La bruciatura delle stoppie e delle paglie non determina quindi una veloce perdita di carbonio dal suolo, ma influenza in modo significativo importanti proprietà fisiche. Il colore del suolo, la stabilità degli aggregati e il tasso di infiltrazione dell'acqua risultano differenti a seconda che la paglia venga bruciata o interrata (Rasmussen *et al.*, 1980). Dopo 10 anni di bruciatura delle stoppie, in un dispositivo sperimentale di lungo periodo della provincia di Foggia, Castellini *et al.* (2014) non hanno riscontrato differenze significative nella qualità del suolo rispetto alla pratica dell'interrimento. I residui che restano dopo la bruciatura decompongono molto lentamente perché il carbonio bruciato è meno attivo biologicamente e ha un lungo turnover, tanto che si è perfino pensato di proporre la bruciatura come tecnica per favorire il sequestro nel suolo di questo elemento. Tuttavia non si possono non citare i rischi connessi alla bruciatura delle stoppie che anzi rappresentano le principali motivazioni per cui tale pratica, in diverse regioni italiane, è vietata o regolamentata in misura più o meno stringente. Il ricorso alla bruciatura, può comportare, infatti, rischi di ingenti danni al patrimonio naturalistico e ai prodotti agricoli, oltre che problemi di sicurezza stradale, oltre all'inquinamento atmosferico. Questi rischi di natura culturale, ambientale e di sicurezza si aggiungono quindi a quelli più strettamente legati alla dissipazione del carbonio organico e all'alterazione degli equilibri nell'ecosistema che minano l'attività microbica nel suolo.

La rimozione delle paglie, sottraendo al suolo una quantità rilevante di C può, a ragione, essere considerata ancora più dannosa della bruciatura per il mantenimento della fertilità del suolo. Anche questa pratica potrebbe tuttavia trovare giustificazione con la necessità di diversificare l'attività agricola e stabilizzare i livelli di reddito. Il surplus di residui (specialmente di bassa qualità) può, infatti, essere impiegato per diverse utilizzazioni: allevamento, materiale da costruzione, produzione di energia, compost, ecc. Infine, quando la paglia viene impiegata nelle stalle o nei processi di compostaggio, una parte più o meno consistente di ciò che viene asportato può tuttavia ritornare al suolo anche sotto forma di materiale più efficace delle paglie stesse (anche se in minore quantità), come, ad esempio, letame, compost, digestato anaerobico, ecc.

Un apporto considerevole di paglia interrata, con o senza azoto, non assicura necessariamente il mantenimento di alti tenori di azoto e car-

bonio; inoltre, anche con apporti organici non elevati, alcuni suoli coltivati allo stesso modo e nelle stesse condizioni ambientali conservano o addirittura aumentano il loro tenore in questi elementi. Morel *et al.* (1981) hanno sottolineato l'importanza di prendere in considerazione il ruolo delle radici nello stabilire il livello di sostanza organica del suolo. Lemke *et al.*, (2010) riportano 22 differenti ricerche, riferite ad altrettanti siti, nei quali è stato valutato, su prove di differente durata, ma comunque mai inferiore ad 11 anni, l'effetto dell'interramento. Da questi e da altri risultati riportati in letteratura, si evince che la corretta gestione dei residui non sempre comporta un incremento del contenuto in sostanza organica, anzi, in alcuni casi, si registrano delle piccole perdite indipendentemente dalla tecnica di lavorazione utilizzata. Ciò a dimostrazione del fatto che non è possibile trarre delle conclusioni che siano valide per tutte le tipologie di suolo, di clima e di differente gestione dei residui. L'attività descritta in questo report è una prosecuzione ed un approfondimento di quella svolta nell'ambito del precedente progetto EFFICOND (Indicatori agro-ambientali a supporto della rete rurale nazionale per la valutazione dell'efficacia delle norme PAC di condizionalità riguardo al mantenimento dei terreni in buone condizioni agronomiche e ambientali), condotto dal CREA e iniziato nel 2009 per rispondere alle specifiche esigenze della Rete Rurale Nazionale monitorando e valutando le misure della Politica Agricola Comunitaria dal punto di vista produttivo ed ambientale, Ventrella *et al.* (2011) hanno riportato i risultati ottenuti nell'ambito di EFFICOND per quanto attiene allo Standard 2.1. Questo Standard prevede l'impegno di effettuare una corretta gestione dei residui colturali, al fine di favorire la preservazione del livello di sostanza organica presente nel suolo, nonché la tutela della fauna selvatica e la protezione dell'agro ed ecosistema. È pertanto vietata la bruciatura delle stoppie e delle paglie, salvo deroghe previste dalla normativa.

Per l'agricoltore che aderisce agli impegni, l'interramento dei residui colturali può avvenire attraverso la trinciatura e l'aratura. Il costo di quest'ultima operazione (aratura) non viene considerato nel calcolo del differenziale economico di competitività relativo a questo standard, perché rappresenta un costo di coltivazione da attribuire al successivo ciclo colturale. L'agricoltore che non aderisce agli impegni, successivamente alla raccolta, non effettua la trinciatura dei residui e il loro interrimento e potrà effettuare la bruciatura previa realizzazione di una lavorazione perimetrale del terreno, tramite aratura o erpicatura, che ha la funzione di evitare la propagazione dell'incendio (precese). Nella regione Puglia questa pratica è obbligatoria quando la lavorazione principale del suolo, sia nel caso della bruciatura che dell'interramento, è rimandata a dopo l'estate. In alternativa l'agricoltore potrà effettuare l'asportazione totale o parziale tramite la ranghinatura e la rotoimbalsatura dei residui (stoppie). 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 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, riguardante le misure per il mantenimento della sostanza organica, attraverso l'interramento dei residui colturali rispetto alla bruciatura degli stessi o alla loro asportazione.

Materiali e metodi

Al fine di valutare l'efficacia della gestione dei residui colturali 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 CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) ed altre, caratterizzate da diverse condizioni pedo-climatiche e distribuite nella totalità del territorio italiano comprese le isole.

Il monitoraggio dello Standard 2.1 ha interessato le seguenti otto aziende agricole sperimentali riportate in Figura 1 e Tabella 1 che riporta le caratteristiche principali del clima e del suolo.

In ogni azienda di monitoraggio sono stati realizzati due appezzamenti, denominati Fattuale e Controfattuale. Il Fattuale (F) è l'appezzamento di monitoraggio con applicazione della norma che prevede l'interramento dei residui (nel caso del frumento, paglia e stoppie). Il Controfattuale (CF) è il trattamento che consiste nella non applicazione della norma e riguarda la bruciatura dei residui o la loro totale asportazione. In ogni azienda sono state eseguite le operazioni colturali tipiche della zona di riferimento. L'interramento dei residui è stato effettuato mediante aratura generalmente di 40 cm previa trinciatura dei residui colturali. Nel caso della bruciatura si è proceduto alla realizzazione di precese, solchi perimetrali realizzati con aratro e che hanno lo scopo di contenere l'eventuale propagazione di incendi.

In ogni azienda le lavorazioni del terreno – generalmente trinciatura dei residui, aratura principale a 40 cm e una o più erpicature - ed i successivi interventi colturali (concimazione, semina, raccolta, trattamenti fito-sanitari) sono state condotte con macchine e tecniche colturali comunemente adottate nelle aree di riferimento.

Per quanto concerne la modalità di conduzione delle parcelle, al fine di potere confrontare i risultati anche nei diversi ambienti, si sono individuati i seguenti fattori comuni minimi:

- Dimensione e forma: superficie non inferiore a 0,5 ha, di forma regolare, e, nell'ambito della medesima azienda, le due parcelle fattuale e controfattuale sono state predisposte per essere il più possibile simili per caratteristiche pedologiche, di pendenza e di esposizione.
- Scelta delle colture: per tutte le aziende è stato individuato quale fattore comune colturale l'utilizzo di una monosuccessione di frumento duro o tenero e mais.
- Gestione del suolo: le lavorazioni e tutte le cure colturali (concimazioni, diserbi, trattamenti antiparassitari, irrigazioni, ecc.) sono state 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 e sono stati effettuati i seguenti campionamenti e determinazioni:



Figura 1. Localizzazione geografica delle aziende di monitoraggio dello Standard 2.1.

- per ciascuna parcella è stato effettuato il prelievo di n. 3 sub campioni/parcella di terreno ad una profondità pari a quella della lavorazione principale, orientativamente 0-40 cm, da destinare alle analisi di laboratorio dei parametri contenuto di azoto e carbonio organico totale del suolo, indice di fertilità biologica. I campionamenti sono stati effettuati alla fine di ogni ciclo colturale ovvero dopo la raccolta;
- rilievi produttivi e bio-agronomici effettuati su 3 sub aree/parcelle dalle quali sono stati prelevati i campioni per le determinazioni di: resa delle colture, principali parametri qualitativi e bio-agronomici del cereale coltivato (peso ettolitrico, peso 1000 semi, harvest index, contenuto proteico, rilievo emergenze, rilievo infestanti).

Azienda di monitoraggio Libertinia, Ramacca (Catania)

Il monitoraggio relativo allo Standard 2.1 è stato condotto in Sicilia dal CREA-ACM presso l'azienda di Libertinia (37°32' N; 14°34' E; 189 m s.l.m.), ubicata in un'area interna collinare rappresentativa della cerealicoltura siciliana in territorio di Ramacca nella provincia di Catania (RAM). Estesa 22 ettari, l'azienda presenta giacitura pianeggiante ed è sita in prossimità del fiume Dittaino, affluente del Simeto.

Il clima dell'area interessata dal 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 calda. Le precipitazioni medie annue sono generalmente limitate (inferiori ai 450 mm), concentrate nel periodo autunno-invernale. Il suolo, a matrice argillosa con caratteristiche vertiche, ospita prevalentemente cereali a paglia e presenta una ridotta dotazione di sostanza organica e azoto. Il monitoraggio condotto nell'azienda di Libertinia ha interessato il biennio 2011-2012 e 2012-2013. Le due tesi, F e CF, sono state valutate su un appezzamento pianeggiante esteso

circa 10.000 m² sul quale sono state ricavate 2 parcelle adiacenti, entrambe seminate ricorrendo alla varietà di frumento duro più diffusa in Sicilia (Simeto). Nel corso della prima annata agraria di valutazione non è stato possibile procedere alla bruciatura delle stoppie (consentita in Sicilia solo a partire dal 1° ottobre) e si è optato per l'asportazione parziale dei residui, bruciatura che è stata invece normalmente realizzata nell'annata successiva. L'andamento termopluviometrico delle due annate sono state caratterizzate da precipitazioni di 416 e 440 mm, ben distribuiti nella prima annata ma non nella seconda quando, a partire dalla prima decade di maggio, è iniziato un lungo periodo siccitoso e con temperature particolarmente elevate che ha determinato un intenso stress idrico nelle fasi di riempimento della cariosside, condizionando negativamente le prestazioni produttive.

Azienda di monitoraggio "Campo 7", Metaponto (Matera)

La ricerca è stata condotta a Metaponto (MPT) nella provincia di Matera e presso l'azienda sperimentale "Campo 7" dell'allora CREA-SSC (lat. N 40° 24'; long. E 16° 48'; alt. 10 m s.l.m.) ora CREA-SCA, ubicata nell'arco ionico Metapontino. Il suolo, sede della prova, ha giacitura pianeggiante, profondo, molto compatto e tenace, classificato come Typic Epiaquert (Soil Survey Staff, 2014) e come Stagnic Vertisol (FAO, 2014), dotato di elevata ritenzione idrica, bassa conducibilità idraulica, reazione sub-alcina (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%.

Il clima, secondo il Newhall Simulation Model messo a punto dalla Cornell University, è caratterizzato da un regime termico di tipo xerico, tipico delle regioni mediterranee, con inverni umidi e freschi e estati calde con precipitazioni concentrate nei mesi autunnali e invernali, quasi mancanti nei mesi primaverili ed estivi. Il valore medio annuo

Tabella 1. Aziende di monitoraggio del Progetto MO.NA.CO.

Azienda sperimentale (Unità di ricerca)	Sito di monitoraggio: latitudine (Lat), longitudine (Lon)	Clima Pioggia (P) Temperatura (T)	Tipo di suolo	Tessitura del suolo (%)	pH	Carbonio organico totale (g kg ⁻¹)
RAM (CREA-ACM)	Acireale Lat 37.54172° Lon 14.58462°	P=450 mm T=17,0 °C	Vertisol	Sabbia= 14,3 Argilla=47,5	8,5	5,2
MTP (CREA-SCA)	Metaponto Lat 40.38296° Lon 16.80883°	P=500 mm T=16°C	Typic Epiaquerts	Sabbia=19 Argilla=42	7,8	10
FOG-CER (CREA-CER)	Foggia Lat 41.46337° Lon 15.49671°	P=526 T=15,8°C	Chromic Calcixerert	Sabbia=19,5 Argilla=49,4	8,3	15,3
FOG-SCA (CREA-SCA)	Foggia Lat 41.4496° Lon 15.50266°	P=526 T=15,8°	Chromic Haploxerert	Sabbia=19,5 Argilla=49,4	8,3	14,1
MON (CREA-RPS)	Monterotondo Lat 42.09786° Lon 12.63737°	P=800 mm T=15,2°C	Entic Lithic Haploxeroll	Sabbia=33 Argilla=21	6,9	14,6
LOD (CREA-FLC)	Lodi Lat 45.30304° Lon 9.514188°	P=800 mm T=12,5°C	Typic Haplustalf	Sabbia=67 Argilla=12	6,2	10,5
ANG (CREA-FLC)	Sant'Angelo Lodigiani Lat 45.23105° Lon 9.423971°	P=800 mm T=12,5°C	Typic Haplustalf	Sabbia=68 Argilla=14	5,6	13,5
CAO (Reg. Veneto)	Caorle Lat 45.64036° Lon 12.95414°	P=970 mm T=13,7°C	Calcari-Gleyc Fluvisols	Sabbia=18,1 Argilla=30,5	7,8	11,4

della pioggia è di 500 mm.

Nel primo ciclo di coltivazione (settembre 2011-giugno 2012) si è avuta una piovosità totale pari a 410 mm di gran lunga inferiore rispetto alla seconda annualità (639 mm con precipitazioni intense nei mesi di novembre e dicembre 2012). 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'annata 2012-2013. Le attività dello Standard 2.1 (gestione delle stoppie) sono state effettuate nel biennio 2011-2012 e 2012-2013, coltivando, per ogni annualità in contemporanea sia l'F che il CF (bruciatura stoppie). In particolare, nel primo anno è stato solo impostato il dispositivo sperimentale, mentre i trattamenti sono stati differenziati nell'annualità 2012-2013. Il dispositivo sperimentale è stato realizzato in un appezzamento di terreno che nell'annualità 2010-2011 non è stato coltivato e fertilizzato, al fine di uniformare la fertilità del suolo prima dell'inizio del monitoraggio. In entrambe le annualità è stato utilizzata la cultivar Saragolla di frumento duro (*Triticum durum* L.). La semina del frumento duro è avvenuta il 15 novembre 2011 ed il 5 novembre 2012. La raccolta è avvenuta il 6 giugno 2012 e l'8 giugno 2013. 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 (circa 420 m²).

Azienda di monitoraggio "Manfredini", Foggia

La prova è localizzata a Foggia presso l'Azienda Manfredini del CREA-CER Centro di Ricerca per la Cerealicoltura (FOG-CER).

Il suolo è di origine alluvionale, pianeggiante e con caratteristiche riconducibili ad un vertisuolo. Basato su un profilo aperto nel 2008, i caratteri morfologici e analitici convergono verso un Chromic Calcixerert (Soil Survey Staff, 2014) e un Chromi-Calcic Vertisol (FAO, 2014). Si tratta di un suolo nel quale la spiccata argillosità si accompagna ad una forte crepacciabilità che si estende dalla superficie fino ad

una discreta profondità (orizzonti Bss e Bssk) e permette di identificare il massimo livello gerarchico (ordine) come vertisuolo. L'area studio rientra nella Regione Mediterranea di tipo mesomediterraneo (subumido) inferiore ed ombrotipo secco superiore, con presenza di una stagione arida tra Maggio e Settembre e possibilità di ritorno di freddo nei mesi primaverili (Troccoli *et al.*, 2007). L'analisi della serie storica (52 anni) evidenzia un'ampiezza dei valori di pioggia che va da 272 mm (1977) a 786 mm (1972) con una media di 526 mm di pioggia nell'anno. 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. Per quanto attiene ai due anni di monitoraggio condotti all'interno del Progetto MONACO, l'andamento stagionale della prima annata è decorso secco. Inoltre, le temperature medie decadal minime sono risultate piuttosto fredde dalla II decade di gennaio fino alla II decade di febbraio, mentre le temperature medie decadal 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 decadal massime e minime piuttosto miti, accompagnato da una piovosità sempre presente in tutto il periodo culturale e con livelli di pioggia che hanno superato discretamente il fabbisogno evapotraspirativo della coltura. Su un terreno precedentemente coltivato a frumento duro sono stati allestiti due siti di monitoraggio ognuno di 5.000 m² (100 m x 50 m) per F e CF. La semina è stata eseguita il 20/01/2012 e il 07/12/2013, la raccolta il 22/06/2012 e il 19/07/2013.

Azienda di monitoraggio "Pod.124", Foggia

La prova è localizzata a Foggia presso l'Azienda Sperimentale "Pod. 124" del CREA-SCA. Unità di ricerca per i sistemi culturali degli ambienti caldo-aridi. (FOG-SCA).

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 (FAO, 2014). L'elevata

Tabella 2. Medie e deviazioni standard (DS) dei principali parametri produttivi del frumento duro e del frumento tenero (MON 2014): resa in granella, harvest index (HI) e contenuto proteico della granella.

Azienda (Unità di ricerca)	Anno	Trattamento	Resa (t ha ⁻¹)		HI (-)		Contenuto proteico (%)	
			Media	DS	Media	DS	Media	DS
RAM (ACM)	2013	F	2,6	0,24	0,38	0,05	11,57	0,38
		CF	3,26	0,44	0,43	0,05	12,83	0,24
		ns	ns		**			
MTP (SSC)	2013	F	4,48	0,81	0,36	0	10,27	0,42
		CF	4,78	0,52	0,33	0,02	14,94	0,6
		ns	ns		***			
FOG-CER (CER)	2012	F	2,59	0,34	0,37	0,02	16,1	0
		CF	2,51	0,08	0,42	0,03	13,53	0,06
		ns	ns		***			
	2013	F	4,82	0,25	0,39	0,02	13,73	0,85
		CF	4,65	0,39	0,42	0,01	12,7	0,1
	2014	F	2,8	0,48	0,33	0,04	12,63	0,21
CF		3	0,47	0,36	0,04	12,63	0,42	
FOG-SCA (SCA)	2013	F	5,74	1,65	0,26	0,07	15,8	0,72
		CF	4,55	0,53	0,25	0,01	15,7	0,72
		ns	ns		ns			
MON(RPS)	2013	F	2,9	0,03	0,31	0,03	11,93	0,58
		CF	2,56	0,09	0,29	0,09	9,69	0,97
		ns	ns		*			
	2014	F	2,26	0,07	0,31	0,07	10,68	0,51
		CF	1,5	0,06	0,2	0,06	10,56	0,68

F, fattuale; CF, controfattuale.

argillosità del suolo e la natura delle argille conferisce allo stesso spiccate caratteristiche proprie dei suoli vertisoli con profonde ed ampie fessurazioni che si presentano nella stagione estiva, soprattutto in regime non-irriguo. Clima e andamento climatico delle due annate sono già stati descritti nel paragrafo precedente. Su un terreno precedentemente coltivato a pomodoro sono state allestite le due parcelle ognuna di 5000 m² (100 m x 50 m). In una di esse è stata impiantata una monocoltura di frumento duro con interrimento dei residui colturali. La semina del frumento è stata effettuata il 21/11/2011 e il 7/12/2012, alla maturazione si è proceduto alla raccolta (21/06/2012 e 20/6/2013).

Azienda di monitoraggio “Tor Mancina”, Monterotondo (Roma)

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

Il terreno delle prove sperimentali è in pendenza (media 8%, range 2-10%) ed è classificato come Typic Argixeroll (Soil Survey Staff, 2014) e Luvic Phaeozem (FAO, 2014), con tessitura da franco a franco-limoso in superficie, 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. Il clima di lungo periodo 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.

Nell’anno 2012, su un terreno precedentemente coltivato a frumento duro sono state allestite due parcelle ognuna di 1680 m² (120 m x 14 m). In entrambe le parcelle è stata impiantata una coltura di frumento duro previo interrimento dei residui colturali. Nella parcella destinata al CF è stata effettuata l’asportazione dei residui colturali (paglie) dopo la raccolta. Nell’anno 2013, su terreno precedentemente coltivato a frumento duro è stato ripetuto lo stesso protocollo sperimentale dell’anno precedente su una coltura di frumento tenero. Le semine dei cereali vernini sono state effettuate il 16-11-2012 con frumento duro della cultivar Duilio e il 30-10-2013 con frumento tenero della cultivar Bolero. Alla maturazione si è proceduto alla raccolta (2-7-2013 e 1-7-2014).

Aziende di monitoraggio “Fondazione Morando Bolognini” e di Viale Piacenza, S. Angelo Lodigiano e Lodi

Il monitoraggio è stato condotto dal CREA-FLC, Centro di Ricerca per le Produzioni Foraggere e Lattiero Casearie di Lodi. La zona è pedologicamente rappresentativa di ambienti della Pianura Padana pedemontana alluvionale terrazzata. Il suolo è 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.

Il territorio interessato è caratterizzato da un clima temperato ad inverno rigido, umido e di tipo subcontinentale; è tipico della Pianura Padana con medie annuali di circa 800 mm ben distribuite durante l’anno e medie annuali di temperatura giornaliera di 12,5°C. Il monitoraggio per quanto riguarda lo Standard 2.1 è stato effettuato nell’azienda della Fondazione Morando Bolognini sita in S. Angelo Lodigiano (ANG) ed in quella del CREA-FLC di Viale Piacenza di Lodi (LOD). Il monitoraggio nell’azienda ANG è stato eseguito solo nell’anno 2013 su appezzamenti di circa un ettaro e coltivati a mais destinato alla produzione di granella dove i residui colturali (stocchi-tutoli-brattee) sono stati interrati, nel caso dell’F. Per il CF i residui sono stati trinciati sul posto ed asportati. Nell’area vige, infatti, il divieto di bruciatura dei residui vegetali oltre a non essere pratica agronomica adottata nella pianura padana. Il monitoraggio nell’azienda LOD è stato eseguito su

Tabella 3. Medie e deviazioni standard (DS) di resa e harvest index (HI) del mais.

Azienda (Unità di ricerca)	Anno	Trattamento	Resa (t ha ⁻¹)		HI (-)	
			Media	DS	Media	DS
ANG (FLC)	2013	F	9,85	1,25	0,48	0,02
		CF	9,04	0,14	0,50	0,02
		ns		ns		
LOD (FLC)	2011	F	10,23	0,09	0,44	0,03
		CF	9,07	0,90	0,44	0,03
		ns		ns		
	2012	F	10,13	0,30	0,47	0,01
		CF	8,55	0,67	0,45	0,04
		*		ns		
	2013	F	7,84	0,96	0,48	0,04
		CF	6,98	2,09	0,43	0,07
		ns		ns		
CAO (VA)	2013	F	7,03	0,33		
		CF	4,77	0,60		
		**				

F, fattuale; CF, controfattuale. *P<0,05; **P<0,01; ns, non significativo.

parcelle della superficie di 60 m² facenti parte di una prova di lungo periodo (anno di inizio 1985), con tre repliche.

Azienda di monitoraggio “Vallevecchia”, Caorle (VE)

La prova è localizzata nel Comune di Caorle (Venezia) presso l'Azienda Sperimentale Vallevecchia di Veneto Agricoltura CAO (VA).

Il suolo è un Fluvaquentic Eutrudept, fine-silty, carbonatic, mesic (Soil Survey Staff, 2014) e come Gley-Fluvis Cambisol (FAO, 2014), caratterizzato da una differenziazione del profilo medio-bassa, di origine lagunare, bonificato e drenato artificialmente, molto calcareo, moderatamente profondo, pianeggiante e con fertilità media. Dal punto di vista agronomico presenta una spiccata tendenza alla formazione di crosta superficiale che si manifesta nella stagione estiva, soprattutto in regime non-irriguo. Il clima è caratterizzato da inverni poco piovosi, 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 con un totale medio annuo di 970 mm. Secondo lo schema di

Koepen, il clima di Vallevecchia è definito “clima temperato subcontinentale”. 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 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. Le dimensioni delle due è stata di 6538 m² (242 m x 27 m). A causa dell'elevata piovosità verificatesi nell'autunno 2012 non è stato possibile bruciare le stoppie/residui colturali per cui nel CF i residui sono stati asportati ed è stata distribuita cenere di bruciatura di residui vegetali e successivamente si è proceduto all'interramento mediante aratura. In entrambe le parcelle è stata seminata una coltura di mais (Ibrido PR31-Y43, ARG 700). La preparazione del letto di semina è stata effettuata il 30 aprile, la raccolta il 3/10/2013.

Tabella 4. Parametri della fertilità chimica del suolo.

Azienda (Unità di ricerca)	Anno	Trattamento	Carbonio organico totale (g/kg)		Azoto totale (g/kg)		C/N	
			Media	DS	Media	DS	Media	DS
RAM (ACM)	2012	F	4,16	0,84	0,52	0,08	7,96	0,60
		CF	5,01	0,88	0,62	0,08	8,10	0,43
			ns	ns	ns	ns		
	2013	F	6,05	1,44	0,69	0,12	8,69	0,87
		CF	5,81	1,23	0,66	0,08	8,75	0,89
			ns	ns	ns	ns		
MTP (SSC)	2012	F	9,28	1,05				
		CF	8,65	0,26				
			ns					
FOG-CER (CER)	2012	F	16,15	0,57				
		CF	18,58	0,28	1,64	0,28	11,54	1,65
			**					
	2013	F	12,77	0,25	1,45	0,13	8,82	0,63
		CF	13,91	0,25	1,50	0,08	9,29	0,64
			**	ns		ns		
FOG-LTE (SCA)	2009	F	14,22	0,20	1,21	0,04	11,77	0,22
		CF	14,10	0,59	1,18	0,09	11,97	0,71
			ns	ns	ns			
FOG-SCA (SCA)	2013	F	15,03	0,25	1,37	0,16	11,07	1,46
		CF	14,89	0,48	1,37	0,24	11,05	1,86
			ns	ns		ns		
MON (RPS)	2013	F	12,10	0,69	1,08	0,03	11,18	0,83
		CF	7,87	1,53	1,00	0,17	7,84	0,20
			*	ns		**		
	2014	F	10,86	3,11	0,98	0,29	11,13	0,81
		CF	11,57	2,87	0,96	0,12	11,93	1,52
			ns	ns		ns		
ANG (FLC)	2013	F	13,97	3,18	1,48	0,38	9,49	0,29
		CF	13,06	1,06	1,37	0,11	9,51	0,02
			ns	ns		ns		
LOD (FLC)	2009	F	10,30	1,54	1,05	0,24	9,98	0,92
		CF	9,53	1,61	0,99	0,13	9,61	0,95
			ns	ns		ns		
	2013	F	11,92	1,46	1,21	0,05	9,91	1,51
		CF	10,26	1,64	1,14	0,18	9,03	0,29
			ns	ns		ns		
CAO (VA)	2013	F	9,27	2,60	0,93	0,21	9,86	0,55
		CF	9,22	1,20	0,96	0,15	9,61	0,45
			ns	ns		ns		

F, fattuale; CF, controfattuale. *P<0,05; **P<0,01; ns, non significativo.

Metodiche di laboratorio

Nel laboratorio di CREA-SCA, il carbonio totale è stato determinato con il metodo Springer-Klee (1954), attraverso l'ossidazione del campione con un eccesso di bicromato di potassio e acido solforico concentrato ($K_2Cr_2O_7$ 2N + H_2SO_4) e successiva retro titolazione potenziometrica della quantità di bicromato che non ha reagito, con una soluzione di solfato ferroso (Fe_2SO_4 0,2N). Il contenuto in azoto totale dei campioni è stato determinato secondo il metodo Kjeldahl. La procedura prevede una fase iniziale di mineralizzazione dell'azoto totale presente nel campione, che porta alla formazione di ammoniaca, successivamente distillata e titolata con acido bórico al 4%. CREA-RPS ha effettuato le analisi del suolo applicando le seguenti metodologie. Il carbonio organico totale (TOC) è stato determinato per combustione mediante Carbon Analyzer LECO RC612; il campione viene riscaldato in una corrente di ossigeno fino a circa 600°C, e tutto il carbonio presente viene ossidato a CO_2 . La quantità di CO_2 rilasciata è misurata mediante spettroscopia ad assorbimento infrarosso e convertita in TOC, previa calibrazione. La biomassa microbica (C_{mic}), che esprime la quantità di carbonio microbico presente nel suolo in $mg\ C\ kg^{-1}$ suolo, è stata determinata secondo il metodo della fumigazione-estrazione con cloroformio (Vance *et al.*, 1987) su campioni di suolo secco ricondizionati per 10 giorni alla capacità di campo e incubati al buio a 30°C. Sui campioni fumigati e non fumigati si estrae il materiale cellulare con una soluzione

ne di K_2SO_4 . Sugli estratti così ottenuti si procede alla determinazione del carbonio organico totale della biomassa mediante ossidazione con bicromato di potassio in ambiente acido. La biomassa microbica è data dalla differenza tra la quantità di C nei campioni fumigati e non fumigati. La respirazione basale (C_{bas} , $mg\ C-CO_2\ kg^{-1}\ suolo\ d^{-1}$) e la respirazione cumulativa (C_{cum} , $mg\ C-CO_2\ kg^{-1}\ suolo$) rappresentano rispettivamente l'emissione oraria di CO_2 in assenza di substrato organico all'ultimo giorno di incubazione e quella totale emessa durante tutto l'arco di incubazione (Isermeyer, 1952). I campioni di suolo secco sono riportati alla capacità di campo e incubati al buio a 30°C in contenitori di vetro a chiusura ermetica, insieme a un becker contenente una soluzione di idrossido di sodio. Durante l'incubazione si determina la CO_2 emessa mediante titolazione con acido cloridrico dopo l'aggiunta di cloruro di bario e di un indicatore per titolazione acido-base (fenolftaleina) ad intervalli di tempo prefissati (1, 2, 4, 7, 10, 14, 17, 21 e 28 giorni), da cui si ricava la curva di respirazione potenziale mediante la formula $C_t = C_0(1 - e^{-kt})$, dove t è il tempo di incubazione, C_t è la CO_2 emessa al tempo t e k la costante cinetica della respirazione (Riffaldi *et al.*, 1996). Il quoziente metabolico (qCO_2) rappresenta l'attività dei microrganismi del suolo, precisamente il tasso di respirazione specifica su base oraria espresso dal rapporto tra respirazione basale e biomassa microbica ($mg\ C-CO_2/mg\ C_{mic}$)/24*100, dove 24 sono le ore di un giorno. Il quoziente di mineralizzazione (qM) esprime su base percentuale la quantità di C respirato (ovvero mineralizzato) rispetto a quello ini-

Tabella 5. Parametri delle analisi microbiologiche.

Azienda (Unità di ricerca)	Anno	Trattamento	C_{mic} (mg/kg)		C_{bas} (mg/kg)		C_{cum} (mg/kg)	
			Media	DS	Media	DS	Media	DS
FOG-CER	2012	F	159,47	31,43	6,25	0,41	208,02	11,99
		CF	195,07	49,47	7,25	1,67	242,30	12,56
			ns	ns		*		
FOG-SCA	2012	F	272,67	50,89	7,03	0,76	309,61	37,75
		CF	259,13	18,77	6,97	1,69	293,37	21,56
			ns	ns		ns		
	2013	F			5,80	2,09	316,93	25,32
CF				6,20	2,21	295,03	10,43	
				ns		ns		
MON	2012	F	323,80	83,60	3,77	1,42	181,97	107,76
		CF	226,43	35,89	5,33	1,06	170,60	36,38
			ns	ns		ns		
	2013	F	282,13	37,23	10,13	5,76	207,50	23,25
CF		202,43	20,35	3,70	0,26	144,07	15,90	
			*	ns		*		

C_{mic} , Carbonio microbico; C_{bas} , respirazione basale; C_{cum} , respirazione cumulata; F, fattuale; CF, controfattuale. * $P < 0,05$; ns, non significativo.

Tabella 6. Parametri delle analisi microbiologiche e indice di fertilità biologica.

Azienda (Unità di ricerca)	Anno	Trattamento	qCO_2 (mg/kg)		qM (%)		IBF	
			Media	DS	Media	DS	Media	DS
FOG-CER	2012	F	0,17	0,05	1,28	0,09	16	Medio
		CF	0,16	0,02	1,27	0,08	17	Medio
			ns	ns				
FOG-SCA	2012	F	0,11	0,03	1,76	0,21	20	Buono
		CF	0,12	0,03	1,73	0,09	19	Buono
			ns	ns				
MON	2012	F	0,05	0,01	1,11	0,49	18	Medio
		CF	0,10	0,04	1,36	0,58	17	Medio
			ns	ns				
	2013	F	0,15	0,08	1,71	0,12	17	Medio
CF		0,08	0,01	1,88	0,40	15	Medio	
			ns	ns				

qCO_2 , quoziente metabolico; qM, quoziente di mineralizzazione; IBF, indice di fertilità biologica; F, fattuale; CF, controfattuale.

ziale nel suolo, si calcola quindi come $(C_{cum}/TOC) \cdot 100$. Il qM indica l'efficienza con cui i microrganismi metabolizzano la sostanza organica del suolo, espressa in % dal rapporto tra respirazione cumulativa e carbonio organico totale. Al fine di calcolare l'indice sintetico di fertilità biologica (IBF), per ciascuno dei 6 parametri descritti sono stati fissati 5 intervalli di valori a ciascuno dei quali viene assegnato il punteggio dell'intervallo a cui appartiene; la somma algebrica dei punteggi per ciascun parametro dà origine alla scala di fertilità biologica (Benedetti *et al.*, 2006; Benedetti e Mocali, 2008). L'azoto totale (N_{tot}) comprende tutte le forme azotate presenti nel suolo, sia organiche che minerali, che sono state determinate sia con il metodo Kjeldahl (1883), basato su un processo di ossidazione per via umida, sia tramite combustione per via secca con analizzatore LECO FP528. Il rapporto C/N è un indice della disponibilità di azoto delle colture in funzione della quantità di carbonio presente nella sostanza organica del suolo. Il valore ritenuto ottimale per un equilibrio tra i processi di umificazione ed ossidazione è compreso tra 9 e 12: valori inferiori a 9 indicano una maggiore disponibilità per le colture e viceversa.

L'estrazione, il frazionamento e la determinazione del carbonio organico estraibile (TEC) e la separazione e purificazione degli acidi umici e fulvici (HA+FA), sono stati eseguiti secondo Ciavatta *et al.* (1990). In breve, l'estrazione si effettua a caldo (65°C per 48 ore) con soluzione alcalina di idrossido di sodio e pirofosfato sodico: un'aliquota viene utilizzata per la determinazione del C estratto, TEC (mineralizzazione a caldo, 62°C, con bicromato di potassio in eccesso e successiva retrotitolazione con solfato ferroso), un'altra aliquota viene utilizzata per la separazione degli acidi umici e fulvici. Si precipitano dapprima gli acidi umici HA mediante acidificazione a pH <2 con acido solforico, mentre gli acidi fulvici in soluzione vengono purificati per cromatografia su colonna di polivinilpirrolidone. Acidi umici e fulvici vengono riuniti e solubilizzati prima della determinazione del contenuto in C (HA+FA) con lo stesso metodo (mineralizzazione/titolazione) utilizzato per il TEC. Il grado di umificazione (DH), parametro quali-

quantitativo che fornisce informazioni sul contenuto percentuale in sostanze umiche relativamente alla frazione estraibile, è stato determinato secondo il metodo proposto da Ciavatta *et al.* (1990). DH oscilla tra 0 e 100, e tanto più è elevato tanto più è elevata l'attitudine del suolo a umificare i materiali organici disponibili. Il tasso di umificazione (HR), che indica l'entità della frazione umificata di un suolo (acidi umici e fulvici) rispetto al carbonio organico totale (TOC), si calcola come rapporto percentuale $C(HA+FA)/TOC$. Può assumere valori compresi tra 0 e 100 ed è stato determinato secondo Ciavatta *et al.* (1990). L'indice di umificazione (HI), infine, è un parametro adimensionale proposto da (Sequi *et al.*, 1986), che indica il rapporto tra la sostanza organica estratta non umificata calcolata dalla differenza $[TEC - (HA+HF)]$ e quella umificata (HA+HF). L'indice oscilla tra 0 e 1 ed è tanto più basso quanto più i processi di umificazione prevalgono su quelli di mineralizzazione.

Analisi dei dati

Le analisi statistiche sono state effettuate con il software SAS (2009) utilizzando la procedura TTEST attraverso la quale le variabili di risposta riguardanti la pianta o il suolo sono state analizzate sulla base del confronto tra Fattuale e Controfattuale. A questo scopo è stato applicato il test *t* di Student, previo test per accertare l'omogeneità o la disomogeneità delle varianze. Sono state analizzate le distribuzioni statistiche con l'analisi box-plot restituendo graficamente i parametri principali riguardanti il 25^{imo} e il 75^{imo} percentile, la media, la mediana e gli outlier.

Metodologia per il calcolo del differenziale economico di competitività

Questa parte del monitoraggio è stata progettata e realizzata dall'Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria di Monterotondo (RM), CREA-ING.

Tabella 7. Superficie occupata dalla precesa, costo della precesa e della manodopera necessaria alla sorveglianza durante la bruciatura.

Superficie occupata dalla precesa (%)	Area occupata dalla precesa (m ² ha ⁻¹)	Costo della lavorazione (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)			Costo della sorveglianza durante la bruciatura (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		
		Limite inferiore	Media	Limite superiore	Limite inferiore	Media	Limite superiore
1	100	0,74	0,85	0,95	13,18	24,05	34,92
3	300	2,23	2,54	2,84	12,92	23,56	34,21
5	500	3,72	4,23	4,74	12,65	23,08	33,51
7	700	5,21	5,92	6,63	12,38	22,59	32,80
9	900	6,69	7,61	8,53	12,12	22,11	32,10
11	1100	8,18	9,30	10,42	11,85	21,62	31,39
13	1300	9,67	10,99	12,32	11,59	21,14	30,69
15	1500	11,16	12,68	14,21	11,32	20,65	29,98

Tabella 8. Differenziale di competitività espresso in € ha⁻¹ anno⁻¹ fra interrimento e bruciatura dei residui colturali, previa realizzazione di una lavorazione perimetrale del terreno (precesa).

Superficie occupata dalla precesa (%)	Area occupata dalla precesa (m ² ha ⁻¹)	Limite inferiore (€ ha ⁻¹ year ⁻¹)	Media (€ ha ⁻¹ year ⁻¹)	Limite superiore (€ ha ⁻¹ year ⁻¹)
1	100	-31,91	-42,16	-52,41
3	300	-30,69	-40,95	-51,22
5	500	-29,46	-39,75	-50,03
7	700	-28,24	-38,54	-48,84
9	900	-27,02	-37,34	-47,65
11	1100	-25,80	-36,13	-46,46
13	1300	-24,58	-34,92	-45,27
15	1500	-23,36	-33,72	-44,08

Per valutare il differenziale economico di competitività conseguente all'impegno di questo standard, il costo delle lavorazioni meccaniche è stato calcolato utilizzando i dati provenienti dai rilievi in campo effettuati nelle varie Unità Operative durante lo svolgimento delle operazioni culturali. 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.) IIIa R.1 (Manfredi, 1971), che si basa sulla metodologia ufficiale della Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture (C.I.O.S.T.A.). I rilievi effettuati in campo sono stati relativi al tempo effettivo di lavoro (TE) e al tempo accessorio per voltare (TAV), la cui somma rappresenta il tempo netto di lavoro (TN). Oltre ai tempi di lavoro, per la definizione del costo orario e del costo per unità di superficie di ogni lavorazione è stato necessario determinare il costo di esercizio delle macchine motrici e operatrici, tramite una specifica metodologia (Biondi, 1999) e le norme tecniche cui questa fa riferimento (ASAE, 2003a, 2003b). Il dato relativo alla retribuzione dei lavoratori agricoli, utilizzato nella suddetta metodologia, corrisponde alla media dei valori riconosciuti dalla Confederazione Italiana Agricoltori nel contratto collettivo nazionale vigente per la qualifica di operaio specializzato super, livello A, area 1, riferiti alle province dei casi studio monitorati. Per ogni tipologia di lavorazione, disponendo di una base statistica specifica del monitoraggio del progetto, è stato calcolato sia il valore medio del costo sia i valori ottenuti sottraendo e aggiungendo alla media la deviazione standard (indicati come limite inferiore e superiore del costo di lavorazione rispettivamente).

I dati relativi ai fattori produttivi sono stati ricavati da pubblicazioni del Centro Ricerche Produzioni Vegetali (CRPV, 2014). Il prezzo medio di vendita della granella di frumento tenero è stato acquisito dall'Istituto di Servizi per il Mercato agricolo Alimentare (media dei prezzi rilevati sul mercato nazionale negli ultimi 12 mesi), ed è pari a 209,77 € t⁻¹ (ISMEA, 2014). La produzione media di granella di frumento tenero monitorata dalle varie U.O. del progetto è stata di 5,52 t ha⁻¹. 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) della coltura praticata nella condizione di adesione e non adesione agli impegni dello standard. Il differenziale economico di

competitività è stato calcolato come differenza tra il margine lordo dell'agricoltore che aderisce allo standard (F) e quello di chi non aderisce allo standard (CF).

Risultati

Effetto dello Standard 2.1 sui parametri produttivi delle colture

I dati produttivi del monitoraggio sono riassunti nelle tabelle 2 e 3 per, rispettivamente, frumento e mais. La resa media registrata nelle cinque località e tenendo conto delle annate in cui i trattamenti sono stati effettivamente applicati, è stata di 3,8 t ha⁻¹ con un contenuto proteico di 13,2 % e un HI di 0,35 (Tabella 2). L'effetto annata può essere rilevato solo per FOG-CER nell'ambito della quale i trattamenti sono stati differenziati già dal primo anno di attività. Com'è da attendersi, l'effetto ha avuto un peso notevole nel differenziare i risultati sia per la resa e che il contenuto proteico. In particolare, nel secondo anno le rese sono aumentate mediamente dell'86%, mentre il contenuto proteico si è ridotto di circa il 10%. L'HI è rimasto pressoché invariato intorno a un valore di 0,4 evidenziando come il migliore decorso pluviometrico della seconda annata abbia favorito maggiormente il periodo riproduttivo. Al contrario i risultati produttivi del terzo anno si sono attestati su valori più bassi ma mediamente superiori a quelli del primo. Rispetto al valore medio generale, le rese conseguite a FOG-CER nella seconda annata risultano quindi particolarmente elevate insieme a quelle di FOG-SCA e MTP (rispettivamente 5,1 e 4,6 t ha⁻¹). Più basse della media sono state quelle di MON e RAM ma comunque prossime a 3 t ha⁻¹. L'esame del contenuto proteico evidenzia come solo nel caso di RAM e MTP si sono registrati valori medi di poco superiori al 12%, mentre i valori più alti sono stati raggiunti da FOG-SCA (15,7%) e FOG-CER (14,8% nella prima annata). L'HI medio non si è differenziato molto tra le località variando da un minimo di 0,34 (MTP) a 0,4 di RAM e FOG-CER (seconda annata).

Entrando nel dettaglio del confronto fattuale-controfattuale, che si ricorda interessare l'interramento dei residui culturali nei confronti della loro bruciatura o asportazione, si nota che, in nessuna delle colti-

Tabella 9. Differenziale di competitività nel caso di asportazione dei residui tramite la ranghinatura e la rotoimballatura.

Elementi del conto economico	Limite inferiore (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		Media (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)		Limite superiore (€ ha ⁻¹ anno ⁻¹)	
	F	CF	F	CF	F	CF
Aratura	139,51	139,51	210,17	210,17	280,82	280,82
Erpicatura	28,04	28,04	50,08	50,08	72,12	72,12
Concimazione	3,50	3,50	6,86	6,86	10,21	10,21
Semina	24,93	24,93	39,01	39,01	53,08	53,08
Rullatura	16,02	16,02	19,32	19,32	22,62	22,62
Diserbo	4,87	4,87	6,78	6,78	8,68	8,68
Mietitrebbiatura frumento	93,98	93,98	126,64	126,64	159,29	159,29
Ranghinatura		37,10		42,18		47,26
Rotoimballatura		54,15		60,71		67,27
Trinciatura	45,83	67,05		88,27		
Totale costo lavorazioni meccaniche	356,69	402,11	525,89	561,73	695,09	721,34
Totale costo fattori produttivi	529,00	529,00	529,00	529,00	529,00	529,00
Totale ricavi	1157,46	1248,71	1157,46	1260,35	1157,46	1271,99
Margine lordo (differenza tra ricavi e costi)	271,77	317,60	102,57	169,62	-66,63	21,64
Differenziale di competitività	-45,83	-67,05	-88,27			

F, fattuale; CF, controfattuale.

vazioni effettuate, il confronto ha determinato differenze statisticamente significative sulla resa del frumento duro. Al contrario, l'analisi statistica ha evidenziato un impatto significativo della gestione dei residui colturali sul contenuto proteico. Il fattuale ha determinato un contenuto più elevato in FOG-CER nel 2012 (+19%) e MON (+23%). Il rapporto si è invece invertito a favore del controfattuale per RAM (-10%) e MTP (-3%), mentre l'effetto è stato statisticamente nullo per FOG-SCA e FOG-CER del 2013.

Tornando ad esaminare i dati delle singole località, si nota come per i tre parametri produttivi considerati per FOG-CER, le differenze sono risultate significative solo nel primo anno e per quanto riguarda il contenuto proteico. Per la resa l'incremento è stato favorevole al fattuale ma solo del 3% e comunque non è risultato significativo. Non significativa è stata anche la variazione attinente all'harvest index anche se del 19% e a favore del trattamento controfattuale. Il miglioramento riscontrato per la resa è stato confermato anche per altri parametri qualitativi rilevati (dati non mostrati).

I dati produttivi di FOG-SCA (2013), vista la vicinanza dei due siti sperimentali, confermano ovviamente quanto già commentato per FOG-CER. È interessante rilevare, tuttavia, che la variazione percentuale della resa in granella, seppure non significativa, risulta essere di circa il 26% a favore del trattamento fattuale, pur non risultando significativo a causa di una elevata variabilità nell'ambito delle ripetizioni. Le variazioni riguardanti gli altri due parametri produttivi sono risultate di minore ampiezza rispetto a FOG-CER. Anche per MTP le produzioni di frumento sono risultate abbastanza elevate con la resa mediamente pari a 4,6 t ha⁻¹. Anche in questo caso, l'effetto fattuale/controfattuale non ha superato la soglia di significatività statistica sia per la resa che per l'HI. Come già riportato, una differenza altamente significativa, invece, è stata riscontrata per il contenuto proteico della granella a favore, questa volta, del trattamento controfattuale. Rispetto alle località già commentate, la media produttiva e il contenuto proteico della granella di MON sono stati più bassi con valori medi rispettivamente di 2,7 t ha⁻¹ e 11%. La media dell'HI è stata di 0,3. Per resa ed harvest index le differenze fra fattuale e controfattuale non sono risultate significative. Mentre lievemente significativa è risultata quella del contenuto proteico, differenza favorevole al trattamento fattuale. Tuttavia occorre segnalare che entrambi i valori sono stati piuttosto bassi. Si ricorda infine, che per MON il trattamento controfattuale è consistito non nella bruciatura, ma nell'asportazione delle paglie. Nel 2014, è stato coltivato il frumento tenero con livelli produttivi non elevati ed anche in questo caso non sono emerse differenze statisticamente significative tra i trattamenti. La bassa fertilità del suolo di RAM, unitamente ed il decorso meteorologico del 2012/13 sfavorevole allo sviluppo e accrescimento del frumento non hanno consentito l'ottenimento di rese particolarmente elevate (inferiori a 3 t ha⁻¹). Il contenuto proteico ha raggiunto un livello accettabile solo nel caso del CF (12,8 %) mentre nel caso del fattuale si è fermato all'11,6 %, differenza questa risultata, come già riportato, statisticamente significativa.

Passiamo ora ad esaminare la risposta del mais alla gestione dei residui colturali, ricordando che per la coltivazione di questa specie il trattamento CF è consistito nella asportazione dei residui colturali e non nella loro bruciatura. La Tabella 3 riporta i risultati ottenuti nelle sperimentazioni riguardanti ANG, LOD e CAO. Si ricorda che mentre ANG e CAO fanno riferimento a dispositivi sperimentali allestiti nel 2012, LOD riguarda un confronto di lungo periodo come descritto in "Materiali e metodi". A fronte di una media pari a 8,3 t ha⁻¹, le rese del mais, con valori maggiori di 9 t ha⁻¹, sono risultate medio alte ad ANG e nella sperimentazione di LOD seppure con l'eccezione del terzo anno (2013) quando la resa media è scesa 7,4 t ha⁻¹. Al contrario la coltivazione di CAO ha fatto registrare una produzione media piuttosto scarsa con circa 6 t ha⁻¹. L'HI, come nel caso del frumento, è risultato abbastanza costante e compreso fra 0,4-0,5. La resa di mais è risultata sempre più elevata nel trattamento fattuale. Per le due sperimentazioni di

FLC gli incrementi, sempre favorevoli ad F, sono stati variabili e compresi fra il 9% di ANG nel 2013 e il 18% di LOD sempre nel 2013. La Tabella 3 mostra che solo quest'ultimo confronto ha superato la soglia di significatività statistica, seppure al primo livello. Anche nel caso di CAO è stata registrata una resa più elevata per il trattamento fattuale con un incremento del 45%. Per l'HI, i trattamenti non hanno determinato effetti statisticamente significativi.

Effetto dello Standard 2.1 sui parametri della fertilità del suolo

L'indicatore per lo Standard 2.1 è rappresentato dal contenuto di sostanza organica del suolo come determinato dall'analisi chimica del terreno per la determinazione del carbonio organico totale (TOC). In questo paragrafo si riportano i risultati del monitoraggio relativamente a tutti gli indicatori di fertilità misurati nel biennio di attività. Per ogni località, sono stati presi in considerazione i campionamenti di suolo effettuati solo dopo la differenziazione dei trattamenti F e CF. L'effetto dello standard in studio è stato esaminato in termini di variazione percentuale ($\Delta_{Y_{S2.1}}$) come efficacia del trattamento fattuale rispetto al non fattuale, applicando la seguente equazione:

$$\Delta_{Y_{S2.1}} = 100 \frac{(Y_F - Y_{CF})}{Y_{CF}} \quad (1)$$

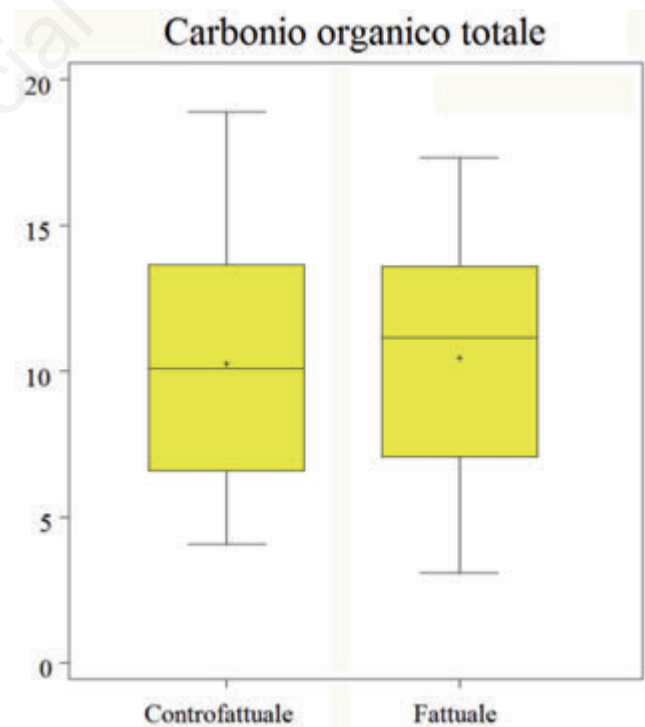


Figura 2. Box-plot del carbonio organico totale. Il simbolo e la linea centrale riportano rispettivamente la media e la mediana della distribuzione. Il lato inferiore e superiore del rettangolo colorato rappresentano rispettivamente il primo e il terzo quartile, la cui differenza è denominata "Range interquartile" (IQR). I segmenti estremi rappresentano il valore massimo e minimo al di sopra e al di sotto del valore soglia individuato dall'IQR sopra e sotto il terzo e primo quartile. Gli outliers sono indicati dai simboli sopra e sotto i segmenti.

dove Y è il parametro in considerazione; F e CF si riferiscono ai trattamenti fattuale e controfattuale presi in esame. Questo rapporto è stato applicato per il TOC, il contenuto in azoto totale (N) ed il rapporto carbonio-azoto (CN). I suoli del monitoraggio dei siti compresi nell'Italia meridionale sono tutti prevalentemente argillosi, profondi e con caratteristiche riconducibili a vertisuoli con profonde ed ampie crepaccature che si presentano nella stagione estiva, soprattutto in regime non irriguo. Fra questi, si distingue il suolo di MTP che si contraddistingue per un elevato contenuto di limo che rende la sua lavorabilità ancora più di difficile gestione. La dotazione in carbonio organico di questi suoli (già riportato in Tabella 1), secondo le classi tessurali USDA, può essere ritenuta buona nel caso di FOG (con valori tra 14 e 15 g kg⁻¹). Più basso è il TOC di MTP, intorno a 10 g kg⁻¹, mentre decisamente scarsa è la dotazione del suolo di RAM il cui TOC è di soli 5 g kg⁻¹. Il suolo di MON, con una tessitura di medio-impasto, presenta anch'esso una buona dotazione di TOC (circa 14 g kg⁻¹). Grazie ad una più elevata frazione sabbiosa, anche i suoli di ANG e LOD rientrano nella categoria di una buona dotazione pur contraddistinti da valori di TOC intorno a 11 g kg⁻¹. Questo valore caratterizza anche il suolo di CAO che però, a causa di una tessitura più pesante, rientra invece nella classe inferiore (dotazione normale).

La Tabella 4 riporta i risultati del monitoraggio per quanto riguarda TOC, N e CN. Ai siti di monitoraggio impiantati nel 2012 si è ritenuto di aggiungere anche due siti di sperimentazione di lungo termine localizzati in FOG-SCA (FOG-LTE) e LOD. È evidente l'ampia variabilità che contraddistingue i dati non solo tra i diversi suoli ma anche tra i diversi anni nel caso di RAM, FOG e LOD. Per quanto riguarda il TOC, il confronto F/CF ha mostrato differenze statisticamente significative solo nel caso di FOG-CER e MON. Nel primo caso, la differenza a sfavore del F è risultata più elevata alla fine del primo anno di coltivazione

(-13%) per poi attenuarsi nel secondo (-8%). Nel caso di MON, invece, si registra una differenza a favore del F molto consistente (+50%) alla fine del 2013, differenza che però non è stata confermata con le analisi della successiva annata agraria e che si caratterizzano per una mancanza di significatività in linea con le altre località. Infatti, per tutti i suoli, compresi quelli interessati da sperimentazione di lungo periodo, la gestione dei residui non ha influenzato il contenuto in TOC. Il confronto non ha evidenziato differenze significative per quanto riguarda gli altri due parametri riportati in Tabella 4.

Le Figure 2, 3 e 4 mostrano i parametri principali delle distribuzioni statistiche dei dati riguardanti rispettivamente TOC, N e CN, parametri che non subiscono significative variazioni attribuibili alle due tesi esaminate in questo monitoraggio. Le variazioni percentuali, descritte dal parametro $\Delta_{Y,S}$ e distinte per suolo e anno, sono riportate nelle Figure 5, 6 e 7 che evidenziano che, con l'esclusione di MON relativamente al 2013, l'indicatore, per i tre parametri di fertilità chimica varia in un range piuttosto ristretto e compreso fra -15% e +15%. Le Figure 8 e 9, riguardanti rispettivamente il monitoraggio effettuato a FOG-SCA e MON, riportano i risultati della determinazione delle diverse frazioni del carbonio organico. Nel primo caso le variazioni tra F e CF sono di lieve entità ed interessano in maniera omogenea tutte le frazioni del carbonio. Nel caso invece di MON, la differenza già evidenziata per il TOC a favore del trattamento F riguarda prevalentemente la frazione più recalcitrante, l'umina stimabile come differenza fra TOC e TEC, piuttosto che le altre due frazioni rappresentate da TEC e HA+HF.

I parametri biologici del suolo, che hanno interessato in particolare le sedi di FOG e MON, in linea con quanto già commentato per gli altri parametri, hanno mostrato una variabilità attribuibile più ai siti sperimentali o al fattore annata, piuttosto che ai due trattamenti a confronto. Anche nelle Tabelle 5 e 6, infatti, le differenze relative al confronto

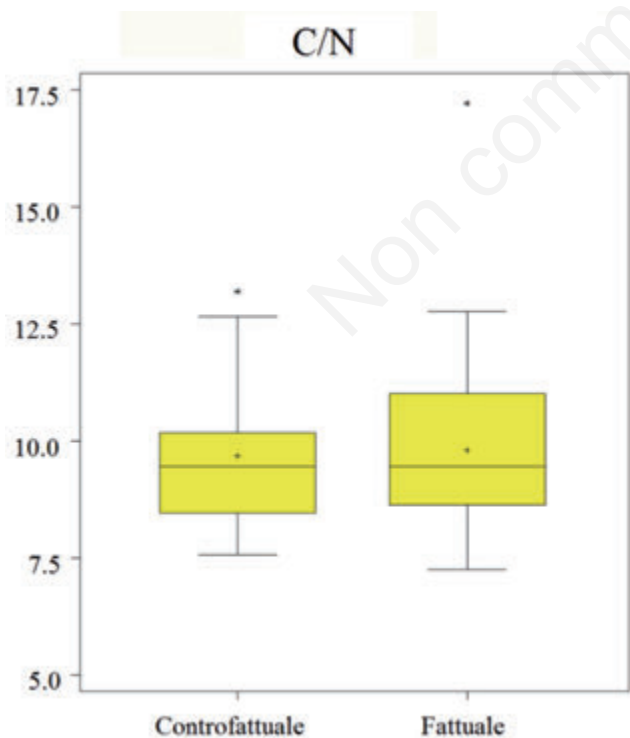


Figura 3. Box plot del rapporto carbonio/azoto. Per la spiegazione del Box-plot si veda la Figura 2.

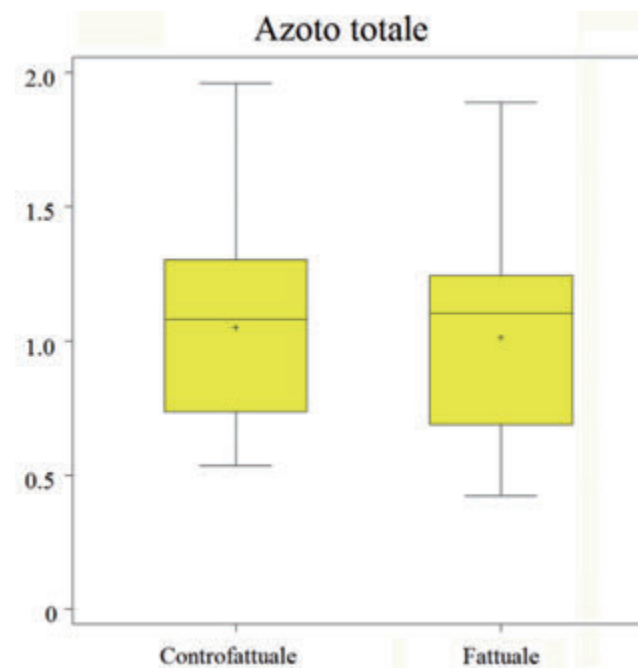


Figura 4. Box plot dell'azoto totale. Per la spiegazione del Box-plot si veda la Figura 2.

F/CF sono risultate quasi sempre non significative. Per quanto riguarda il Carbonio microbico (Cmic) e la respirazione cumulata (Ccum), il trattamento F ha mostrato valori più elevati di CF anche se le differenze sono statisticamente significative a $P < 0,05$ solo per MON nel 2013. La respirazione basale (Cbas), invece, in nessun caso è risultata essere influenzata dai due trattamenti, ma è comunque più elevata nel trattamento F di MON 2013, anche se non significativamente differente dal trattamento CF. Si rileva anche che nel 2013, sempre nel sito MON, la respirazione basale del trattamento F è aumentata rispetto al valore iniziale 2012 (Tabella 5). Anche i parametri relativi al quoziente metabolico (qCO_2) e di mineralizzazione (qM), riportati in Tabella 6, hanno presentato differenze piuttosto contenute e tali da non superare il test di significatività. Si sottolinea comunque che un qCO_2 basso, dato dal rapporto tra respirazione basale e carbonio microbico, indica un'utilizzazione economica di energia che rispecchia un ecosistema più stabile. L'indice sintetico IBF, con valori compresi fra 15 e 20, mostra come i suoli di FOG-CER e MON rientrino nella classe di fertilità "media", mentre quello di FOG-SCA rientrerebbe nella classe superiore, "buona", seppure con un valore di IBF molto prossimo al limite inferiore (Tabella 6).

Differenziale di competitività

La lavorazione perimetrale del terreno (precesa) può interessare, in un ettaro di coltura, una superficie che può variare in funzione della macchina operatrice utilizzata e della larghezza lavorata, oltre che della particolare forma dell'appezzamento. Pertanto, per semplificare, sono stati ipotizzati vari scenari nei quali il parametro utilizzato nei calcoli è la percentuale di superficie destinata alla precesa (Tabella 7). A differenza del fattuale che ne è privo, la realizzazione della precesa, monitorata all'interno del progetto MONACO, rappresenta un costo il cui valore è stato computato insieme agli altri nella definizione del differenziale economico di competitività. Questa lavorazione, a causa dell'elevata velocità di esecuzione e della ridotta superficie interessata, risulta essere di costo molto contenuto, in riferimento alle ipotesi di calcolo fatte in precedenza (rilievo del solo tempo netto composto da tempi effettivi TE e di voltata TAV). In riferimento ai calcoli eseguiti con i valori medi delle lavorazioni meccaniche e manuali, il differenziale di competitività annuale per l'agricoltore che realizza la precesa e la bruciatura, assume valori che vanno da $-42,16$ a $-33,72$ € ha^{-1} $anno^{-1}$ in funzione della superficie considerata (Tabella 8). Se si considerano i valori dei limiti inferiore e superiore del costo di lavorazione il differenziale economico di competitività varia da $-52,41$ a $-23,36$ € ha^{-1} $anno^{-1}$.

Si osserva che all'aumentare della superficie della precesa, poiché aumenta la parte di terreno lavorata (fresata o erpicata), i costi del controfattuale aumentano e quindi il differenziale economico di competitività si riduce rispetto al fattuale, nell'ambito del quale è necessario effettuare la trinciatura delle stoppie sull'intera superficie. Quando viene effettuata l'asportazione totale o parziale dei residui tramite la ranghinatura e la rotoimbollatura, il differenziale di competitività assume un valore medio pari a $-67,05$ € ha^{-1} $anno^{-1}$ (Tabella 9). Generalmente la paglia viene asportata laddove le condizioni locali ne consentono la vendita ad un prezzo che compensi le spese sostenute per la raccolta. A volte questa raccolta viene eseguita dal conto terzista che ha effettuato in precedenza la mietitrebbiatura, e che trattiene come compenso del proprio lavoro i residui colturali raccolti. Pertanto nei calcoli eseguiti per determinare il differenziale economico di competitività il maggiore costo sostenuto per la raccolta della paglia è stato controbilanciato dal ricavo della vendita della paglia raccolta. Se si considerano i valori dei limiti inferiore e superiore del costo di lavorazione il differenziale economico di competitività va da $-45,83$ a $-88,27$ € ha^{-1} $anno^{-1}$.

Chi aderisce allo standard, rispetto alla prima ipotesi controfattuale (precesa e bruciatura) subisce una perdita economica che, in riferi-

mento ai valori medi dei costi delle operazioni colturali del presente caso studio, varia da $-33,72$ a $-42,16$ € ha^{-1} $anno^{-1}$, mentre in confronto alla seconda ipotesi controfattuale (asportazione e vendita della paglia) subisce una perdita economica maggiore pari a $-67,05$ € ha^{-1} $anno^{-1}$.

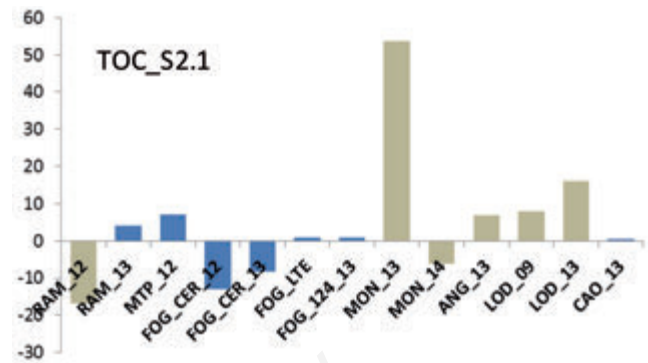


Figura 5. Variazione percentuale del TOC calcolata secondo l'equazione (1). Gli istogrammi blu rappresentano i monitoraggi in cui il trattamento controfattuale è consistito nella bruciatura delle stoppie. Gli altri istogrammi riportano i casi di asportazione dei residui.

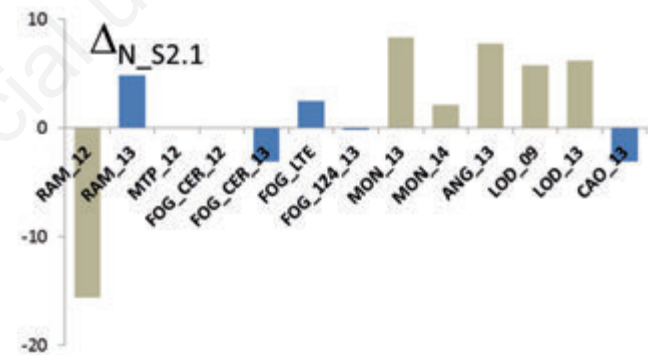


Figura 6. Variazione percentuale dell'azoto totale calcolata secondo l'equazione (1). Si veda la Figura 5 per la differenziazione dei due colori.

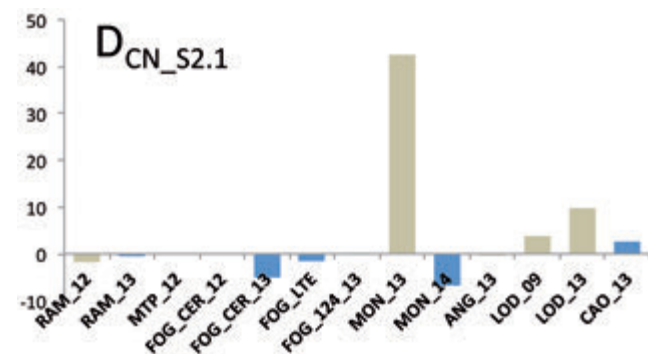


Figura 7. Variazione percentuale del rapporto C/N calcolata secondo l'equazione (1). Si veda la Figura 5 per la differenziazione dei due colori.

Conclusioni

Le variazioni dei parametri legati alla fertilità del suolo, con particolare riferimento a quelli del carbonio organico, delle sue frazioni e dell'azoto, seguono notoriamente dinamiche di lungo periodo e le pratiche agronomiche hanno impatti diversi nell'indurre tali variazioni.

In questo monitoraggio riguardante lo Standard 2.1, il trattamento fattuale è consistito nell'interramento dei residui colturali di frumento o mais ed è stato confrontato con quello "controfattuale" riguardante la bruciatura o l'asportazione dei residui colturali rispettivamente di frumento e mais. Il confronto ha riguardato parametri di natura produttiva, di fertilità del suolo ed economica. Sia per quanto riguarda le rese di frumento e mais che per i contenuti di TOC e altri parametri del suolo, raramente sono emerse differenze statisticamente significative tra i due trattamenti. Relativamente al TOC, le variazioni percentuali fra i due trattamenti, caratterizzati generalmente da valori di $\pm 10\%$, non hanno superato la soglia di significatività con l'eccezione dei dati del primo anno per la sperimentazione realizzata a Monterotondo che ha fatto registrare un incremento notevole di TOC a favore dell'interramento, incremento che non è stato confermato con le analisi della successiva annata agraria.

I risultati ottenuti in questo biennio sono comunque in linea con quelli di sperimentazioni di lungo periodo i cui risultati sono stati in parte compresi in questa relazione e relativi alle ricerche di lungo periodo di Foggia (CREA-SCA) e Lodi (CREA-FLC). In entrambi i casi l'interramento reiterato dei residui ha determinato un incremento del TOC. A Lodi nei due anni d'indagine riportati in questa relazione, l'in-

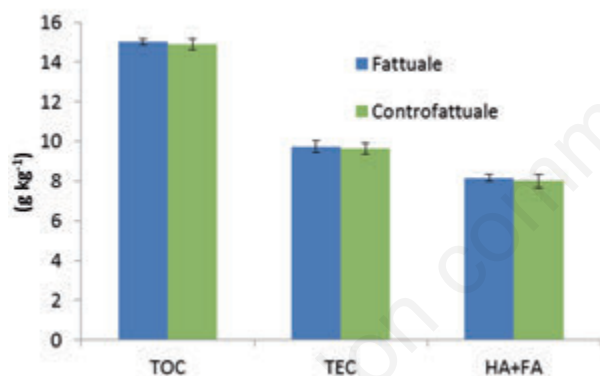


Figura 8. Frazionamento del carbonio organico per FOG-SCA, 2013.

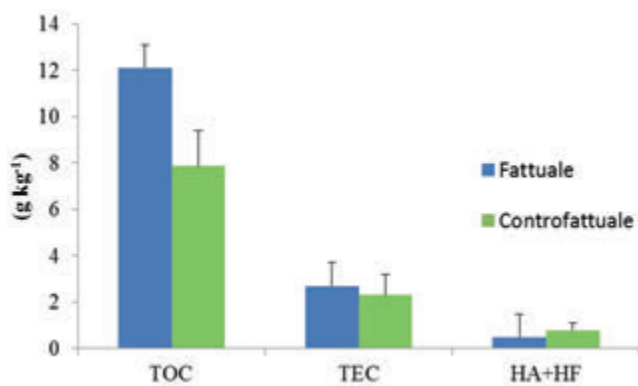


Figura 9. Frazionamento del carbonio organico per MON, 2013.

cremento dovuto all'interramento dei residui, rispetto alla loro asportazione, pur non risultando significativo, è stato di circa il 10%. Come descritto da Ventrella *et al.* (2012), a Foggia, rispetto alla bruciatura dei residui e dopo 32 anni di sperimentazione senza soluzione di continuità, l'interramento ha determinato un incremento di TOC non superiore all'1%, mentre quello relativo al TEC e agli acidi umici e fulvici ha raggiunto valori di +2% e +10% (quest'ultimo significativo).

In definitiva, l'efficacia dello Standard 2.1 risulta piuttosto limitata sia in termini produttivi che relativi alla fertilità del suolo. Tuttavia considerando le dinamiche temporali dei processi che interessano la sostanza organica e delle proprietà del suolo ad essa associati, i risultati di questo monitoraggio confermano quelli già emersi nella sperimentazione di Efficond e cioè che la pratica agronomica dell'interramento dei residui colturali è da considerarsi una "buona pratica agricola" i cui effetti consistono soprattutto nel contribuire al mantenimento della fertilità del suolo più che ad un suo miglioramento. E' altresì evidente, tuttavia, che l'efficacia di questa pratica, soprattutto negli ambienti a clima tipicamente mediterraneo, può essere significativamente aumentata intervenendo con opportuni accorgimenti agronomici, quali la concimazione azotata e l'irrigazione, miranti ad incrementare la disponibilità di azoto ed acqua durante i processi microbici di trasformazione dei residui.

Per quanto riguarda il differenziale di competitività e in riferimento ai risultati esposti, nel caso di adesione agli impegni dello standard, secondo le ipotesi indicate nel presente caso studio, il differenziale economico di competitività assume sempre valori negativi. Chi opera in condizioni di adesione agli impegni dello standard (fattuale) sostiene maggiori costi rispetto a chi opera in condizioni di non adesione (controfattuale). Tale situazione determina sempre, in caso di adesione allo standard, una perdita economica che, in relazione ai calcoli delle due ipotesi controfattuali, varia da un minimo di -33,72 € fino ad un massimo di -67,05 € ha⁻¹ anno⁻¹. La convenienza economica della bruciatura delle stoppie, rispetto al loro interrimento, potrebbe quindi giustificare l'adozione di questa pratica rispetto all'interramento sull'intera superficie.

Tuttavia, considerata la modesta entità di tale svantaggio economico e gli aiuti previsti in ambito PSR o grazie a politiche specifiche di Enti Locali per chi aderisce a questo standard, gli agricoltori che attuano l'interramento dei residui colturali possono trovarsi nelle condizioni di non subire perdite economiche significative e di contribuire al mantenimento della fertilità del suolo. A questo vantaggio di natura agronomica devono essere aggiunti anche quelli connessi alla conservazione della biodiversità ed alla efficacia di contrasto alla diffusione degli incendi.

Bibliografia

- ASAE, 2003a. Standard EP496.2. American Society of Agricultural Engineers Publ., St. Joseph, MI, USA, pp. 367-372.
- ASAE, 2003b. Standard D497.4. American Society of Agricultural Engineers Publ., St. Joseph, MI, USA, pp. 373-380.
- Benedetti A, Dell'Abate MT, Mocali S, Pompili L, 2006. Indicatori microbiologici e biochimici della qualità del suolo. In: ATLAS – Atlante di Indicatori della Qualità del Suolo. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali. Osservatorio Nazionale Pedologico. Edizioni Delta Grafica, Città di Castello (PG), Italy.
- Benedetti A, Mocali S, 2008. Analisi a livello di suolo. In: Indicatori di biodiversità per la Sostenibilità in Agricoltura. Linee guida, strumenti e metodi per la valutazione della qualità degli agroecosistemi. ISPRA, Report 47/2008.
- Biondi P, 1981. Meccanica agraria. Le macchine agricole. UTET, Torino, Italy, pp. 547-561.

- Bonciarelli F, Ciricifolo E, 1972. Decomposizione in campo di residui organici di diversa specie. *Riv. Agron.* 6:148-151.
- Bonciarelli F, Bianchi AA, Ciricifolo E, 1974. Risultati di prove di interramento di residui colturali in *Riv. Agron.* 8:358-362.
- Castellini M, Niedda M, Pirastru M, Ventrella D, 2014. Temporal changes of soil physical quality under two residue management systems. *Soil Use Manage.* 30:423-434.
- Ciavatta C, Govi M, Vittori Antisari L, Sequi P, 1990. Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. *J. Chromatogr.* 509:141-146.
- Convertini G, Ferri D, Maiorana M, Giglio L, La Cava P, 1998. Influenza dell'interramento dei residui colturali sulla sostanza organica e su alcune proprietà biologiche del terreno in una prova a lungo termine in ambiente mediterraneo. *Boll. Soc. Ital. Scienza Suolo* 47:169-181.
- CRPV, 2014. Centro Ricerche Produzioni Vegetali. Available from: <http://www.crpv.it>
- FAO, 2014. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO Publ., Rome, Italy.
- Ferri D, Convertini G, 1993. Regimi transitori di fertilità del suolo indotti da diversi precedenti colturali ed interventi agronomici in un caratteristico ambiente meridionale. *Agricoltura Ricerca* 151/152:155-174.
- Fischer RA, Santiveri F, Vidal IR, 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highland. I. Wheat and legume performance. *Field Crop Res.* 79:107-122.
- Franzluebbers AJ, 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till. Res.* 66:95-106.
- Isermeyer H, 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate in Boden. *Z. Pflanzenern. Bodenkd.*, 56: 26–38.
- ISMEA, 2014. Istituto di Servizi per il Mercato agricolo Alimentare. Available from: <http://www.ismea.it>
- Kjeldahl J, 1883. A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. *Z. Anal. Chem.* 22:366.
- 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.
- Lal R, 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. *Soil Till. Res.* 43:81-107.
- Lal R, 2009. Soil quality impacts of residue removal for bioethanol production. *Soil Till. Res.* 102:233-241.
- Lemke RL, VandenBygaart AJ, Campbell CA, Lafond GP, Grant B, 2010. Crop residue removal and fertilizer N: Effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agr. Ecosyst. Environ.* 105:42-51.
- Maiorana M, Castrignanò A, Fornaro F, 2001. Crop residue management effects on soil mechanical impedance. *J. Agr. Eng. Res.* 79:231-237.
- Maiorana M, Colucci R, Ventrella D, 1996. Crop residue and soil tillage management effects on soil strength. Book of abstracts 4th European Society For Agronomy Congress. Veldhoven-Wageningen (The Netherlands). pag. 576-577.
- Maiorana M, Convertini G, Di Bari V, Rizzo V, 1992. Yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under continuous cropping after nine years of straw incorporation. *Eur. J. Agron.* 1:11-19.
- Maiorana M, Convertini G, Ferri D, Montemurro F, 2003. Effects of soil tillage depth and crop residues incorporation on yields and quality of winter wheat (*Triticum durum* Desf.) in continuous cropping. In: Proc. 4th Int. Conf. of ORBIT Ass., Perth, Australia, pp. 295-303.
- Maiorana M, Di Bari V, Ventrella D, Convertini G, Ferri D, Colucci R, 1997. Interramento e bruciatura dei residui colturali di frumento duro in monosuccessione: effetti di diverse modalità di lavorazione del terreno e di somministrazione dell'azoto. *Agricoltura Ricerca* 168:49-56.
- Maiorana M, Rizzo V, Di Bari V, Convertini G, 1993. Interramento dei residui vegetali di frumento duro in monosuccessione con dosi crescenti di azoto e fosforo. I. Effetti sulle componenti quantitative e qualitative della produzione. *Agricoltura Ricerca* 151/152:69-76.
- 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.
- Morel R, Chabouis C, Bourgeois S, 1981. Evolution des taux d'azote et de carbone organiques dans un sol nu après 15 ans d'enfouissement de paille sous différentes conditions. *Agronomie* 1:7-17.
- Nicholson FA, Chambers BJ, Mills AR, Strachan PJ, 1997. Effects of repeated straw incorporation on crop fertilizer nitrogen requirements, soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses. *Soil Use Manage.* 13:136-142.
- Rasmussen PE, Allmaras RR, Rohde CE, Roager NC, 1980. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:596-600.
- Rasmussen PE, Collins HP, 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Adv. Agron.* 45:93-134.
- Riffaldi R, Saviozzi A, Levi-Minzi R, 1996. Carbon mineralization kinetics as influenced by soil properties. *Biol. Fert. Soils* 22:293-298.
- SAS, 2009. SAS/STAT Software, ver. 9.1.3. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Sequi P, De Nobili M, Leita L, Cercignani G, 1986. A new index of humification. *Agrochimica* 30:175-179.
- Soil Survey Staff, 2014. Keys to soil taxonomy, 12th ed. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington DC, USA.
- Springer U, Klee J, 1954. Prüfung der Leistungsfähigkeit von einigen wichtigen Verfahren zur Bestimmung des Kohlenstoffs mittels Chromschwefelsäure sowie Vorschlag einer neuen Schnellmethode. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 64:1-26.
- Trocchi A, Colecchia SA, Cattivelli L, Gallo A, 2007. Caratterizzazione agro-climatica del capoluogo dauno - Analisi della serie storica delle temperature e delle precipitazioni rilevate a Foggia dal 1955 al 2006. Digital Print Ed., Orta Nova (FG), Italy.
- Vance ED, Brookes PC, Jenkinson DS, 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19:703-707.
- Ventrella D, Fiore A, Vonella AV, Fornaro F, 2011. Effectiveness of the GAEC cross-compliance standard management of stubble and crop residues in the maintenance of adequate contents of soil organic carbon. *Ital. J. Agron.* 6(s1):e7.