Italian Journal of Agronomy
A Journal of Agroecosystem Management
Official Journal of the Italian Society for Agronomy

DOI: 10.4081/ija.2015.695

Efficacia ambientale dello Standard BCCA di condizionalità 3.1 "Lavorazioni in tempera" e valutazione economica del differenziale di competitività a carico delle aziende agricole[1,2]

Rosa Francaviglia,[1] Antonio Melchiorre Carroni,[2] Paola Ruda,[2] Mauro Salis[2], Paolo Bazzoffi,[3] Silvia Carnevale,[3] Andrea Rocchini,[3] Antonio Troccoli,[4] Mario Russo,[4] Marisanna Speroni,[5] Lamberto Borrelli,[5] Giovanni Cabassi,[5] Ulderico Neri,[1] Rosario Napoli,[1] Margherita Falcucci,[1] Bruno Pennelli,[1] Giampiero Simonetti,[1] Melania Migliore,[1] Chiara Piccini,[1] Domenico Ventrella,[6] Alessandro Vittorio Vonella,[6] Luisa Giglio,[6] Francesco Fornaro,[6] Mirko Castellini,[6] Francesca Modugno,[6] Francesco Montemurro,[7] Angelo Fiore,[7] Mariangela Diacono,[7] Lorenzo Furlan,[8] Francesca Chiarini,[8] Michele Colauzzi,[8] Antonio Barbieri,[8] Francesco Fagotto,[8] Marco Fedrizzi,[9] Roberto Fanigliulo,[9] Mauro Pagano,[9] Giulio Sperandio,[9] Mirko Guerrieri,[9] Daniele Puri[9]

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

[2]CREA-AAM, Unità di Ricerca per i sistemi Agropastorali in Ambiente Mediterraneo, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Sanluri (VS)

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

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

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

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

[7]CREA-SSC, Unità di ricerca per lo Studio dei Sistemi Colturali, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Metaponto (MT)

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

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

[1]Redazione a cura di Rosa Francaviglia

[2]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".

Riassunto

Nell'ambito del Progetto MO.NA.CO è stata valutata l'efficacia ambientale dello Standard BCCA di condizionalità 3.1 "Lavorazioni in tempera", nonché la valutazione economica del differenziale di competitività a carico delle aziende agricole che aderiscono o non aderiscono al regime di condizionalità. Il monitoraggio è stato eseguito in nove aziende sperimentali con caratteristiche pedoclimatiche differenziate, dove sono stati valutati alcuni indicatori di degradazione della struttura del suolo, quali la massa volumica apparente, la packing density e la rugosità del suolo, come anche i parametri produttivi e qualitativi delle colture. In ogni azienda di monitoraggio sono state realizzate due parcelle sperimentali: fattuale con lavorazione "in tempera", controfattuale con lavorazione "fuori tempera".

Il monitoraggio non ha prodotto risultati univoci per i differenti parametri valutati, quindi l'efficacia dello Standard 3.1 è "contrastante" (classe di merito B) ed è risultata evidente la difficoltà pratica di effettuare lavorazioni in condizioni ottimali di umidità, anche in condizioni sperimentali controllate, considerato che la forbice tra i due valori soglia risulta di 0.02-0.06 m^3 m^{-3}. Per la massa volumica apparente, la parcella fattuale ha mostrato valori inferiori rispetto a quella controfattuale su suoli con caratteristiche tessiturali contrastanti (franco-sabbiosa e argillosa). La packing density (PD) ha indicato un rischio elevato di compattazione nei suoli con PD bassa e tessitura media, moderato con PD media e tessitura media, basso con PD media o alta e tessitura fine. Per l'indice di tortuosità del terreno, che indica il grado di affinamento del letto di semina, i valori sono inferiori e generalmente significativi nel trattamento fattuale, su tutte le tipologie tessiturali.

Dall'analisi dei dati del monitoraggio è emerso, infine, che l'aratura eseguita in un terreno in condizioni di fuori tempera risulta essere economicamente più onerosa di quella eseguita in condizioni di tempera a causa del maggiore sforzo di trazione che provoca un aumento dello slittamento degli organi di trazione della trattrice, con riduzione della velocità di avanzamento e conseguente incremento dei tempi di lavoro e dei consumi di combustibile. Inoltre, le produzioni ottenute da terreni arati in condizioni di fuori tempera, si riducono in maniera anche sensibile secondo la specie coltivata.

Introduzione

Gli Standard per il mantenimento dei terreni in Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali (BCAA) si applicano a qualsiasi superficie agricola dell'azienda beneficiaria dei pagamenti diretti di cui al Regolamento CE n. 73/2009, di cui al D.M. 30125 del 22 dicembre 2009 modificato dal DM 10346 del 13 maggio 2011. In particolare l'Obiettivo 3 delle BCCA -Struttura del suolo- prevede di mantenere la struttura mediante misure adeguate, che sono regolate dallo Standard 3.1 "Uso adeguato delle macchine". Al fine di mantenere la struttura del suolo, lo Standard stabilisce che gli agricoltori devono assicurare un uso adeguato delle macchine nelle lavorazioni del terreno. E' quindi prevista l'esecuzione delle lavorazioni del terreno in condizioni di umidità appropriate (stato di "tempera") e con modalità d'uso delle macchine tali da evitare il deterioramento della struttura del suolo. Si definisce inoltre lo stato di "tempera" come uno stato intermedio fra quello in cui le particelle del terreno, per mezzo dell'acqua in esso contenuto, tendono ad essere coese o separate fra di loro. Nel limite superiore di questa condizione l'eccesso di acqua determina la "plasticità" del terreno; nel limite inferiore, quello di "coesione". Si dice del terreno, quando ha il giusto grado di umidità per essere lavorato: né troppo bagnato, né troppo asciutto.

A fronte di impegni cogenti per gli agricoltori, accompagnati da definizioni molto generiche e difficili da verificare, i risultati pregressi del Progetto EFFICOND (Dell'Abate *et al*., 2011) sulla stabilità strutturale degli aggregati avevano indicato chiaramente che spesso **nei terreni lavorati fuori tempera si verifica una notevole compattazione del suolo**. L'indice di stabilità strutturale è risultato significativamente più basso per i suoli soggetti a lavorazioni standard (aratura a 40 cm) in condizioni di umidità del suolo corrispondente allo stato convenzionale di "tempera" rispetto ai suoli lavorati in condizioni di umidità eccessiva (lavorazioni "fuori tempera") **solo nei terreni con contenuto di argilla e/o limo fine elevati**. Non risulta quindi applicabile per tutti i tipi di suolo un unico criterio per la scelta del livello di umidità ottimale per effettuare la lavorazione. Ciò che al momento si può proporre, sulla base dei risultati sperimentali, è l'impossibilità di applicazione (e quindi l'inefficacia) della norma per i **suoli con tessiture da sabbiose a franco-sabbiose**. A fronte, comunque, della necessità degli agricoltori di eseguire le arature su terreno umido per non perdere il raccolto, lavorazioni superficiali (20 cm) su terreno umido hanno dato produzioni tendenzialmente maggiori rispetto alle lavorazioni profonde (Neri *et al*., 2011).

Nel Progetto MO.NA.CO. il monitoraggio è stato esteso ad altri parametri da utilizzare quali possibili indicatori di degradazione della struttura del suolo, quali la massa volumica apparente, la packing density e la rugosità del suolo. Il monitoraggio ha interessato nove aziende sperimentali con caratteristiche pedoclimatiche differenziate, di cui due al nord in pianura (Lombardia e Veneto),

tre al centro in ambiente collinare (Toscana e Lazio), tre al sud in pianura (Puglia e Basilicata) e una in pianura in Sardegna.

Stato dell'arte

La ricerca delle migliori condizioni di umidità per eseguire le lavorazioni del terreno parte principalmente da esigenze agronomiche dell'agricoltore, che vanno dalla riduzione di energia e tempo impiegati alla migliore preparazione del letto di semina e di conseguenza a migliori rese a fine coltura, mentre dalla letteratura scientifica (soprattutto internazionale) emerge una mole di informazioni circa la positiva ricaduta sulle condizioni di stabilità di struttura del terreno, soprattutto in relazione al contrasto dell'erosione. Diversi autori concordano nel definire condizione di "*tilth*" l'insieme delle condizioni fisiche del terreno che lo rendono idoneo a sostenere la crescita delle piante, ovvero lo stato fisico che si instaura nel suolo in termini di facilità di lavorazione, preparazione del letto di semina, emergenza ed accrescimento radicale fino a completamento del ciclo colturale (SSSA, 1979; Brady, 1984; Plaster, 1985; Schjønning *et al*., 2007). Si tratta quindi di un concetto complesso e multifattoriale, che per essere trasferito da un piano qualitativo ad uno operativo necessita della individuazione, messa a punto e taratura di campo di idonei parametri ed indicatori. Sono stati proposti diversi approcci ed indici operativi, che si riportano di seguito.

θ_{OPT} (**OP**timum water content for **T**illage), ovvero il contenuto di acqua del terreno al quale le lavorazioni meccaniche producono il più piccolo numero di aggregati di grosse dimensioni e zolle (Dexter e Bird, 2001). Il contenuto di acqua corrispondente ad θ_{OPT} è stato identificato (proposto sulla base di esperienze su suoli del nord Europa), con il punto di flesso della curva di ritenzione idrica θ_{INFL}: tale curva, diagrammata come logaritmo naturale del potenziale idrico in funzione del contenuto di acqua determinato per gravimetria, presenta un solo punto di flesso, caratterizzato dalla sua posizione e dalla pendenza. È stato osservato (Hoogmoed, 1985) che l'intervallo di valori di umidità del suolo idonei per la lavorazione è generalmente più ridotto per suoli con elevato contenuto in argilla e diviene più ampio per suoli con contenuto inferiore di argilla; inoltre, la degradazione del suolo generalmente tende a ridurre tale intervallo. La condizione di lavorabilità del suolo viene anche posta in relazione con il contenuto di umidità corrispondente al Limite di Plasticità Inferiore (LPL) di Attemberg (Mueller, 1985; Dexter e Bird, 2001). Uno studio sistematico di diversi metodi di determinazione del θ_{OPT}, condotto Mueller *et al.* (2003) su 80 suoli in Germania, ha evidenziato che in alcuni suoli con tessitura da sabbioso-limoso ad argilloso, in presenza di un contenuto di acqua corrispondente al punto di flesso della curva di ritenzione idrica, il suolo risultava in campo troppo umido per una lavorazione ottimale. Viene infatti proposto l'uso di coefficienti correttivi pari a 0,9 LPL (Dexter e Bird, 2001), o 0,8 LPL

(Keller *et al*., 2007) oppure di includere nel calcolo del contenuto di acqua anche i valori del limite di plasticità superiore (UPL) e di rottura, secondo Kretschmer (1996). Tuttavia, è stato osservato che i suoli sabbiosi non sono plastici (quindi non se ne possono determinare i limiti) e che i PL sono applicabili ai campioni di suolo plasmati e non in condizioni di campo. Infine, viene suggerito l'uso di opportune funzioni di pedo-trasferimento (PTF) per la stima del contenuto massimo di acqua per la lavorabilità ottimale in funzione non solo della tessitura del suolo ma anche del contenuto in sostanza organica (Dexter e Bird, 2001).

S (**S**lope of the soil water retention curve at its inflection point), indice di qualità fisica del suolo ovvero la pendenza della curva di ritenzione idrica al suo punto di flesso (Dexter, 2004a). Questo indice di qualità fisica del suolo è stato sviluppato al fine di prevedere la friabilità e la lavorabilità del suolo, risultanti dalla distribuzione della dimensione degli aggregati o *tilth*. È stata inoltre sviluppata una teoria in base alla quale S può essere utilizzato all'interno di funzioni di pedo-trasferimento per la previsione del comportamento di *hardsetting* dei suoli all'essiccazione (Dexter, 2004b) e può rappresentare una misura della porosità microstrutturale del suolo (Dexter, 2004c). Valori di riferimento per discriminare suoli con buona o povera qualità strutturale sono stati individuati approssimativamente intorno a S=0,035 (Dexter, 2004a) o S=0,036 (Dexter e Birkas, 2004), mentre valori di S<0,020 sono associati con suoli aventi condizioni fisiche molto povere. I valori di S generalmente aumentano al diminuire del contenuto in argilla e della bulk density ed all'aumentare del contenuto di sostanza organica. Le relazioni tra S e θ_{OPT} sono state discusse da Keller *et al*. (2007), i quali hanno trovato una correlazione positiva tra l'area superficiale specifica ottenuta con la lavorazione al valore di umidità corrispondente a θ_{OPT} (calcolato al punto di flesso della curva di ritenzione idrica) ed il valore di qualità fisica del suolo S; inoltre, nessun aggregato >50mm veniva prodotto in suoli con S>0,04 se lavorati al contenuto idrico ottimale θ_{OPT}, concludendo che la distribuzione della dimensione degli aggregati prodotti dalla lavorazione può essere prevista dal valore di S.

TI (**T**ilth **I**ndex), calcolato con diversi modelli che prendono in considerazione una combinazione moltiplicativa di un numero variabile di proprietà del suolo quali *bulk density*, *cone index*, coefficiente di uniformità degli aggregati, sostanza organica ed indice di plasticità (Singh *et al*., 1992), modificato da Tripathi *et al.* (2005) con un modello basato su regressione lineare multipla delle rese colturali rispetto a diverse proprietà fisiche, pertinenti per tipo di suolo, selezionate sulla base della significatività dei coefficienti al *t*-test.

Altri autori (Kay et *al.*, 2006), hanno proposto un descrittore della qualità della struttura del suolo rispetto ai processi biologici, considerando un intervallo idrico ottimale, **NLWR** (**N**on-**L**imiting **W**ater **R**ange), che risulta tanto maggiore quanto più è elevata la qualità strutturale del

suolo. La proposta di tale indice si basa sulla considerazione che la velocità dei processi biologici nel suolo è simile in suoli con struttura diversa ed in condizioni ambientali simili, quando il contenuto di acqua rientra nell'intervallo definito da NLWR. A margine di quanto riportato sopra, si segnala che nella formazione e stabilizzazione della struttura del suolo entrano in gioco tra i fattori cementanti non solo i colloidi argillosi ma anche la sostanza organica, specie nelle sue frazioni più labili. Schjønning *et al.* (2007) hanno mostrato che il decremento di sostanza organica indotto nel suolo dalla gestione può creare condizioni critiche di *tilth* per la lavorazione del suolo e che variazioni del contenuto di carbonio organico, della disperdibilità dell'argilla e dell'attività biologica del suolo possono essere indicatori precoci di variazione delle condizioni di *tilth*. Gli stessi autori esprimono contestualmente riserve circa l'uso di misure di stabilità di struttura per via umida come criterio isolato nel valutare gli effetti dei sistemi agrari sulla qualità del suolo.

Una applicazione dell'indice S di qualità fisica del suolo, ottenuto dalla curva di ritenzione idrica e condotto recentemente su suoli siciliani, ha evidenziato il 70% dei valori di S<0,060 e che S mostra valori decrescenti all'aumentare dell'argilla, della densità apparente e del fattore di disperdibilità (Bagarello *et al*., 2009). Una relazione positiva è stata trovata da Armenise *et al*. (2008) tra indice S, contenuto di sostanza organica, N totale, umidità alla capacità idrica di campo ed al punto di appassimento in prove di campo di lungo termine su un Fluvisol, in cui sono state poste a confronto diversi avvicendamenti colturali. La necessità di valutare la qualità del suolo utilizzando proprietà diverse del suolo, sia fisiche che chimiche e biologiche, attraverso l'uso di una scala gerarchica integrata di opportuni indicatori è ormai un concetto acquisito anche all'interno della comunità scientifica italiana. In particolare, nell'ambito del progetto "ATLAS - Atlante di indicatori della qualità del suolo", finanziato dal MiPAAF, è stata curata e pubblicata una raccolta di casi-studio in ambiente pedoclimatico italiano in cui sono state evidenziate le relazioni tra diversi indicatori fisici, chimici e biologici a seguito di diversa gestione agroforestale (Sequi, Benedetti, Dell'Abate, a cura di, 2006). In tale raccolta di casi di studio, tuttavia, non erano stati considerati gli effetti della lavorazione in diverse condizioni di umidità.

La relazione esistente tra l'entità delle forze coesive che determinano la formazione di aggregati nel suolo e la forza necessaria per la loro disgregazione è alla base dei metodi per determinare la stabilità degli aggregati e la loro distribuzione dimensionale (Kemper e Rosenau, 1986; Rohošková e Valla, 2004; Le Bissonnias, 1996). La misura della stabilità degli aggregati presenta un'ottima correlazione con la distribuzione della dimensione degli stessi e con i fenomeni di campo, tra i quali le lavorazioni costituiscono una delle cause di stress che possono maggiormente contribuire alla disgregazione degli aggregati in campo; pertanto la misura della stabilità degli aggregati rappresenta un indice di primo livello della struttura del suolo in campo.

Infatti, all'aumentare della stabilità degli aggregati, che a sua volta favorisce il mantenimento nel suolo di una relativa abbondanza di pori di dimensioni adeguate ad un buona aerazione e condizione generale di tempera, si associa una diminuzione dell'erodibilità del suolo. Proteggere la struttura del terreno significa conseguire numerosi benefici quali il mantenimento della porosità del terreno stesso, l'infiltrazione e il corretto drenaggio dell'acqua, gli scambi gassosi fra suolo e atmosfera, la crescita delle radici, l'attività biologica e la resistenza all'erosione. Viceversa l'eccesso o addirittura il ristagno idrico danneggiano la coltura in atto e producono effetti negativi sulla struttura del terreno, che diventa più sensibile al compattamento.

Secondo l'esperienza consolidata di molti agricoltori, l'esecuzione delle lavorazioni del terreno in condizioni di umidità appropriate (anche dette "stato di tempera" del suolo) risulta vantaggiosa ai fini agronomici; in questa sede si è interessati a verificare, mediante una serie di indagini sia di campo che di laboratorio, se l'adozione sistematica di tale criterio guida consenta anche di ottenere vantaggi a favore della conservazione delle caratteristiche strutturali del suolo, secondo gli obbiettivi ambientali cui lo Standard 3.1 è rivolto. L'intervallo di valori di umidità del terreno all'interno del quale si verificano le migliori condizioni di lavorabilità (*workability*) ai fini dell'utilizzo agricolo, viene definito stato di *"tempera"* nella sua accezione agronomica; la condizione di "*fuori tempera*", invece, viene empiricamente fatta corrispondere al contenuto di acqua al di sopra o al di sotto a tale intervallo. Le condizioni idrologiche definite come Capacità di Campo, ovvero quella condizione in cui tutta l'acqua in eccesso è stata rapidamente eliminata per via della forza di gravità e il contenuto residuo è relativamente stabile, spesso corrispondono a condizioni di eccessiva umidità in campo ai fini della lavorazione.

Nella letteratura scientifica non si parla di "tempera" ma il concetto è stato meglio definito con l'elaborazione dell'indice di contenuto di acqua ottimale, identificato con la sigla θ_{OPT}, dalla definizione inglese di *"OPtimum water content for Tillage",*ovvero il *"contenuto di acqua del terreno al quale le lavorazioni meccaniche producono il più alto numero di piccoli aggregati o, al contrario, il più piccolo numero di aggregati di grosse dimensioni e zolle"* (Dexter e Bird, 2001). Il valore di contenuto idrico corrispondente a θ_{OPT} può essere individuato (essendo uno dei criteri per agganciare il concetto agronomico di tempera ad alcuni parametri idrologici quantitativi, tra i quali anche i limiti di Attemberg) a partire dalla determinazione della curva caratteristica di ritenzione idrica, ottenuta interpolando i valori misurati o stimati con opportune Pedofunzioni di trasferimento (PTF), secondo l'equazione di riferimento proposta da Van Genuchten (1980), con le restrizioni, m = (1-1/n), previste da Mualem (1976):

$$\theta = (\theta_{SAT} - \theta_{RES})[1 + (\alpha h)^n]^{-m} + \theta_{RES} \quad \text{(eq. 1)}$$

Tale valore si fa corrispondere a quello del contenuto corrispondente al punto di flesso della curva $\theta_{OPT} = \theta_{INFL}$ e può essere ricavato dall'equazione (1):

$$\theta_{INFL} = (\theta_{SAT} - \theta_{RES})\left[1 + \frac{1}{m}\right]^{-m} + \theta_{RES} \quad \text{(eq. 2)}$$

Esiste un campo di valori di contenuti idrici nell'intorno di θ_{OPT} delimitato dal Limite superiore di Lavorabilità θ_{UTL} (Upper Tillage Limit), ed uno inferiore (Lower Tillage Limit) θ_{LTL}. La differenza tra questi due valori costituisce una stima dell'intervallo di valori di umidità in cui la lavorazione può essere effettuata con risultati soddisfacenti. È stata osservata una dipendenza di tali limiti da diversi fattori: l'intervallo utile diminuisce al diminuire della sostanza organica ed all'aumentare del contenuto in argilla e del valore della *bulk density*. Il limite superiore θ_{UTL}, viene calcolato secondo la formula proposta da Dexter e Bird, 2001:

$$\theta_{UTL} = \theta_{INFL} + 0.4(\theta_{SAT} - \theta_{INFL}) \quad \text{(eq. 3)}$$

Questi concetti rivestono notevole importanza al fine della realizzazione di letti di semina ottimali, oltre che per il mantenimento delle qualità fisiche del suolo utili allo sviluppo produttivo delle colture e per la prevenzione di fenomeni erosivi su terreni in pendio favoriti dalla maggiore *"scabrezza"* (Bonciarelli, 1981) della superficie del letto di semina, che come noto innesca fenomeni di incanalamento e ruscellamento delle acque meteoriche. Al contrario, suoli lavorati con contenuti idrici inferiori al limite inferiore θ_{LTL} richiedono notevole dispendio energetico da parte degli organi lavoranti e conducono spesso alla formazione di zolle di grosse dimensioni rendendo difficoltoso e talora impossibile, senza l'ausilio degli agenti atmosferici, il successivo affinamento meccanico per la realizzazione di un buon letto di semina.

Un altro fenomeno che può riscontrarsi a seguito dell'uso non adeguato delle macchine, rispetto ai contenuti ottimali di umidità, è costituito dall'inversione di strati umidi superficiali con quelli profondi asciutti, provocati da lavorazioni effettuate a ridosso di leggere piogge estive, che può produrre pericolosi fenomeni di isterilimento temporaneo del terreno noti localmente come *"arrabiaticcio" o "guastaticcio" o "caldafredda" o "verdesecca"*, la cui durata può raggiungere i 2-3 anni e le cui manifestazioni più eclatanti sono la crescita stentata delle coltivazioni, specialmente quelle cerealicole, con notevole accentuazione degli attacchi di crittogame e la presenza massiccia di alcune specie di infestanti (*Lolium temulentum*, *Papaver rhoeas*). Essendo tuttora poco chiari i motivi di questo fenomeno, sono stati ipotizzate alcune cause legate alla modificazione della flora batterica e fungina del terreno a sfavore dei batteri nitrificanti, con

conseguente forte riduzione della nutrizione azotata, e a favore degli agenti fungini del mal del piede dei cereali (Bonciarelli, 1981).

Materiali e metodi

Il monitoraggio dello Standard 3.1, eseguito nell'ambito delle attività del WP7 del Progetto MO.NA.CO., ha interessato nove aziende agricole sperimentali (Figura 1):

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-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia, Azienda Santa Elisabetta, Località Vicarello (Volterra, PI);
4. Azienda di Monitoraggio CREA-CER, Centro di Ricerca per la Cerealicoltura, Località Manfredini, Foggia (FG);
5. Azienda di Monitoraggio Arcagna, CREA-FLC, Centro di Ricerca per le produzioni Foraggere e Lattiero-Casearie, Montanaso Lombardo (LO);
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).

In ogni azienda di monitoraggio sono state realizzate due parcelle sperimentali di dimensioni adeguate ed omogenee per tipo di suolo, giacitura (possibilmente parcelle in piano o con debolissima pendenza), principali caratteristiche chimico-fisiche, uso del suolo (gestione colturale pregressa):

A. Parcella Fattuale WP7F, con lavorazione in condizioni appropriate di umidità "in tempera";
B. Parcella Controfattuale WP7CF, con lavorazione "fuori tempera" in condizioni di umidità non appropriate, ovvero ad umidità superiore all'Upper Tillage Limit (UTL).

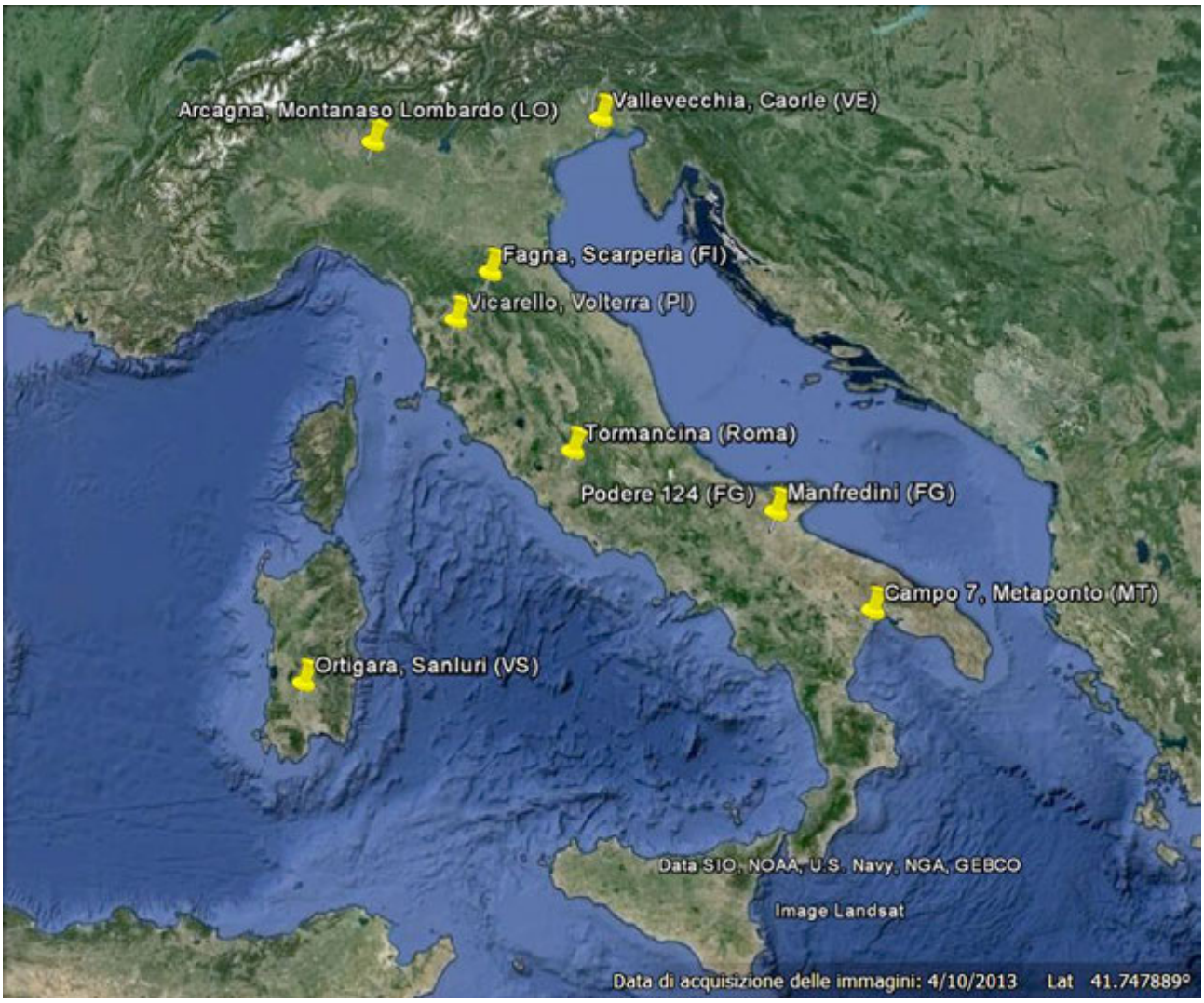
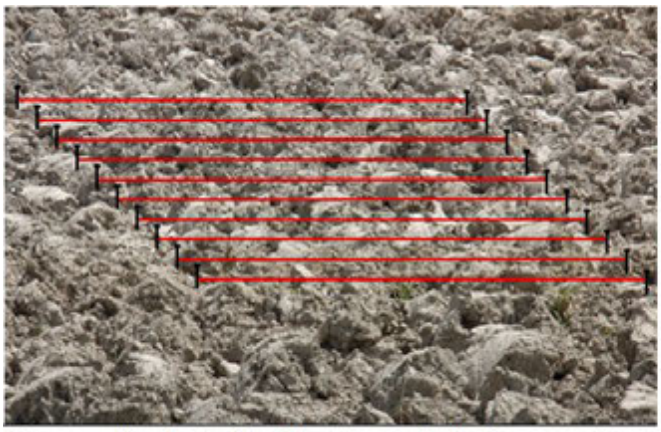


Figura 1. Aziende di monitoraggio dello Standard 3.1.

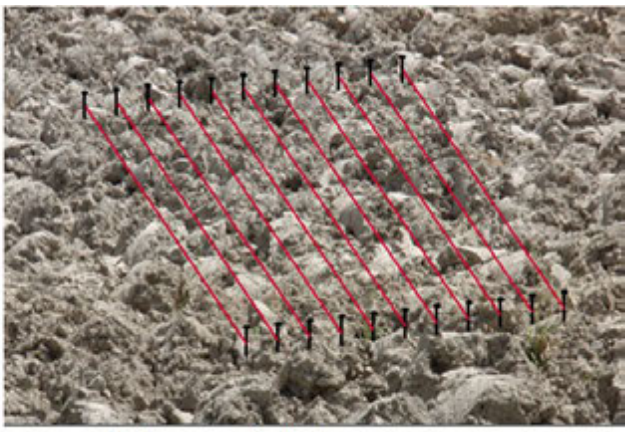
Per valutare l'efficacia dello Standard 3.1 "Lavorazioni in tempera" è stato prescelto il parametro ambientale prioritario "degradazione della struttura del suolo" valutato mediante:

- compattazione, data dalla misura della massa volumica apparente (effettuata su campione in cilindro a volume noto usato anche per la determinazione della curva di ritenzione idrica su campione indisturbato);
- suscettibilità alla compattazione, valutata mediante la packing density considerando la massa volumica apparente ed il contenuto di argilla del suolo;
- valutazione del letto di semina, ovvero stima della zollosità e rugosità superficiale (metodo della catenella).

Quest'ultimo metodo, adottato nel Progetto MO.NA.CO., consente di calcolare l'indice di tortuosità T (Bertuzzi *et al*., 1990) utilizzando una "roller chain" (catena da bicicletta) della lunghezza di 100 cm. In pratica la catenella viene poggiata sul suolo, seguendo tutte le zollosità, misurando poi la lunghezza effettiva della catenella. Il rilievo viene eseguito su 10 sezioni perpendicolari alla direzione della lavorazione e su 10 sezioni nel verso della lavorazione.



Perpendicolari alla direzione della lavorazione



Nel verso della lavorazione

L'indice di tortuosità T viene espresso dalla seguente equazione:

$$= \frac{\text{100 cm (lunghezza catena distesa)}}{\text{X cm (misurati fra le due estremità della catena appoggiata al suolo)}}$$

Presso il CREA-ABP è stata rilevata la rugosità superficiale attraverso un'analisi micromorfologica ottenuta da fotografie zenitali e successive elaborazioni (Figura 2). In sintesi, in ambiente GIS si sono utilizzati i modelli digitali delle quote (DEM) ad altissima precisione con cella di 1 cm, ricavati da foto stereoscopiche da 6 metri di altezza con sovrapposizione 80-90%. Le foto stereoscopiche zenitali rispetto al Geoide sono state acquisite con il metodo PAP (Pole Aerial Picture). Il metodo è descritto in dettaglio nella nota tecnica di Bazzoffi *et al*. (2015) "Metodologia di rilievo della rugosità superficiale del suolo con Pole Aerial Photography (PAP)", facente parte degli allegati tecnici alla serie di pubblicazioni del progetto MO.NA.CO. sull'Italian Journal of Agronomy.

Per ciascuna tesi si è rilevata la rugosità superficiale analizzando il DEM su una griglia formata da 12 transetti di circa 4 metri ciascuno nella direzione di lavorazione (direzione longitudinale), da monte a valle, intersecanti altri 12 transetti in direzione perpendicolare ai primi (direzione trasversale). La morfologia superficiale lungo i transetti è stata ricavata in ambiente GIS ArcMap (ESRI) con il modulo 3D Analyst, eseguendo i comandi: "interpolate line" e "Create Profile Graph" con esportazione dei valori numerici delle quote, ricavando successivamente in

ambiente Excel la dimensione, in metri, dello sviluppo lineare del profilo del suolo lungo il transetto (L) e la lunghezza del transetto (P). Per ciascun transetto l'Indice di tortuosità della superficie del suolo è stato ricavato ponendo, nella formula, la dimensione P al numeratore e la dimensione L al denominatore.

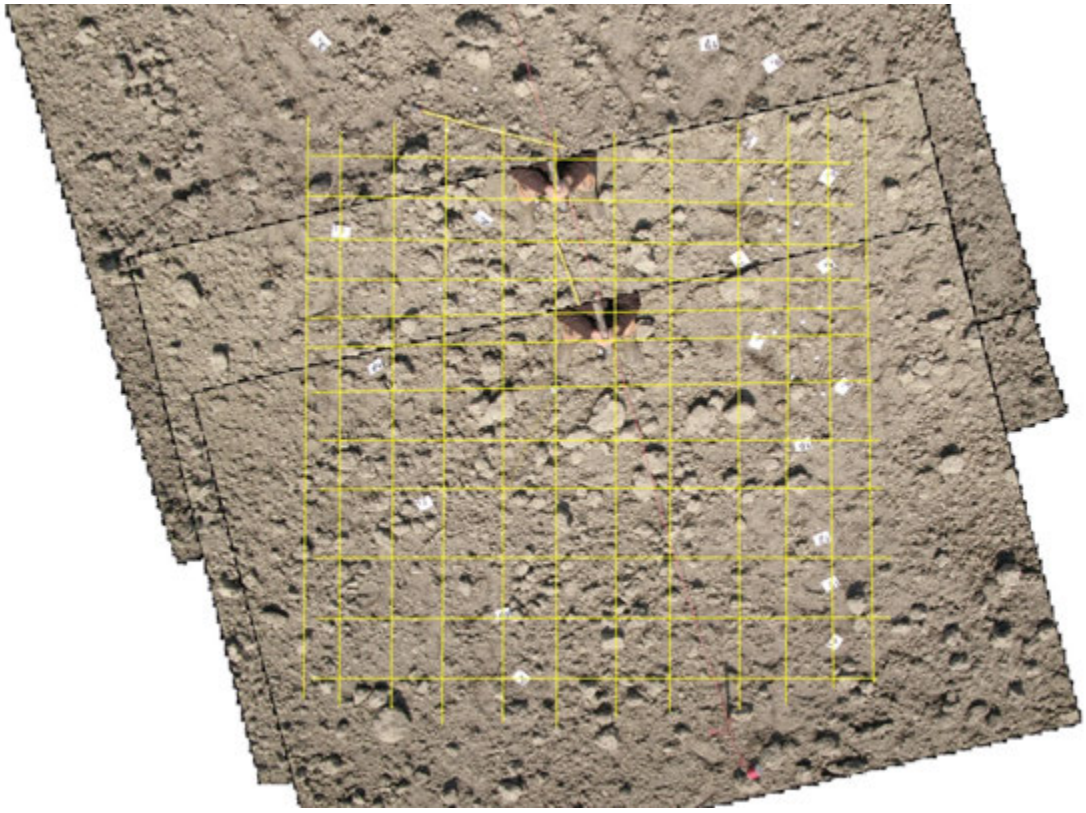


Figura 2. Sovrapposizione delle stereocoppie e transetti (in questo esempio trattasi della superficie con lavorazione Fuori Tempera nell'azienda Santa Elisabetta di Vicarello). Si notino le mire a terra (bianche) per l'elaborazione automatica della stereoscopia (l'operatore che sorregge il palo è ritratto nelle diverse foto).

Lo scopo che ci si prefigge con il rilievo di questo parametro è la verifica del diverso grado di affinamento del terreno a seguito delle lavorazioni fatte in condizioni di "suolo in tempera" rispetto a quelle "fuori tempera". Se la zollosità (tortuosità) è identica per le due tesi, ciò dimostra che la condizione di tempera o fuori tempera non influenza le condizioni del suolo al momento della semina. Tra i parametri ancillari rilevati, per i cereali autunno-vernini si segnalano tra gli altri la produzione di granella e paglia, l'harvest index, il peso ettolitrico, il peso di 1000 semi, il contenuto proteico, oltre alla percentuale di infestanti.

Contenuto idrico del suolo

Campioni di suolo indisturbati sono stati campionati mediante cilindri di acciaio in 3/5 repliche per campo ad una profondità di 10-20 cm. In laboratorio sono stati saturati in acqua deionizzata e posti all'interno di un apparato di tipo Special Sampling Vacuum Plate n. 1725D22 (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA), posti a contatto ed in continuità idrica con il piatto poroso in ceramica al fine di ottenere il contenuto di acqua gravimetrico per una tensione pari a 0, 10, 33 e 85 KPa. Dopo aver applicato all'apparato la pressione desiderata impostando sul manometro il valore da raggiungere, si è dato inizio alla prova attivando l'estrattore a vuoto e quindi atteso il raggiungimento dell'equilibrio idrico. Raggiunto tale equilibrio i campioni sono stati pesati e reintrodotti nell'apparato per il punto successivo ad una tensione maggiore. Terminati i punti di analisi, i campioni sono stati pesati e seccati a 105°C. Ottenuto il peso a 105°C per 24 h e la tara è stato ricavato il contenuto d'acqua gravimetrico. Per ciascun punto inoltre è stata misurata la riduzione di volume del campione da cui è possibile calcolare la Massa Volumica Apparente per quel punto e il suo contenuto di acqua volumetrico. Il contenuto d'acqua alla tensione di 1500 KPa (Solone *et al*., 2012) è stato ottenuto mediante analisi del suolo disturbato con potenziometro WP4C Dewpoint PotentiaMeter (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA).

Dai punti ottenuti è stato effettuato un fitting al fine di ottenere i parametri della funzione di Van Genuchten θ saturo, θ residuo, α e n mediante l'uso del software SWRC Fit http://seki.webmasters.gr.jp/swrc/ (Seki, 2007). Il software permette inoltre di stimare la qualità del fitting restituendo un valore di R^2. In tutti i campioni analizzati è stato osservato quasi sempre un valore di R^2 superiore a 0.99. Il valore più basso osservato è stato 0.89, valore determinante comunque un fitting di qualità. Una volta ottenuti i coefficienti della funzione di Van Genuchten è possibile calcolare i contenuti di acqua volumetrici corrispondenti a qualunque tensione. Con essi è stato possibile anche calcolare OTL ed UTL (vedi equazioni 1, 2, 3).

Densità apparente

Il campionamento di suolo per ottenere la densità apparente è stato effettuato mediante l'uso di campionatori cilindrici di volume noto, prelevando il campione indisturbato ad una profondità compresa tra i 20 e i 30 cm (metodo 1.3.1. Metodi Ufficiali di Analisi Fisica del Suolo, 1997). I campioni indisturbati sono stati seccati a 105°C per 24 e pesati. La densità apparente si ottiene dividendo il volume del suolo per il peso secco del campione ed è espressa in grammi per centimetro cubico.

CREA-AAM

Sito sperimentale e caratteristiche del suolo

La prova 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 (39° 31' 16'' N, 8° 51' 33'' E) in località Sanluri Stato (VS) in un'area pianeggiante a circa 50 m s.l.m. (Figura 3).

Figura 3. Parcelle di monitoraggio per lo Standard 3.1 del CREA-AAM.

Secondo la Carta dei suoli della Sardegna (RAS, 1991) 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 1.

Tabella 1. Caratteristiche chimico-fisiche del sito del CREA-AAM.

Frazionamento terra fine			Tex	pH	Conducibilità elettrica (estr. 1:2,5)	Calcare totale	Calcare attivo
Sabbia	Limo	Argilla					
(g kg^{-1})	(g kg^{-1})	(g kg^{-1})			(mS cm^{-1})	(g kg^{-1})	(g kg^{-1})
432	256	312	FA	8,0	0,29	44,5	22,4

Basi di scambio ($BaCl_2$)				Somma delle basi	E.S.P.	C.S.C
Na	K	Ca	Mg			
(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	%	($cmol_{(+)}$ kg^{-1})
160	210	3144	326	19,60	3,34	20,8

Caratterizzazione agro-climatica del sito

Dall'analisi della serie storica climatica degli ultimi 25 anni (Figura 4), 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 sono 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).

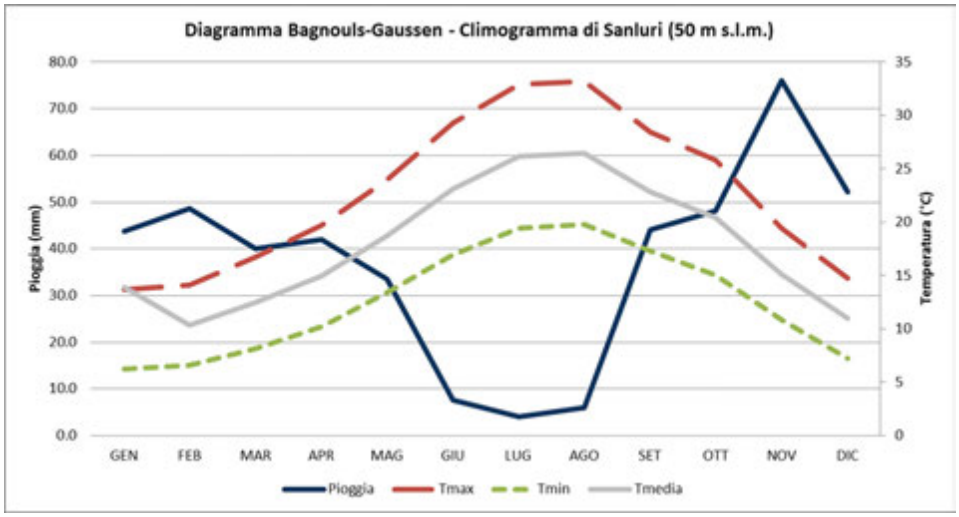


Figura 4. Climogramma di Sanluri.

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. 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).

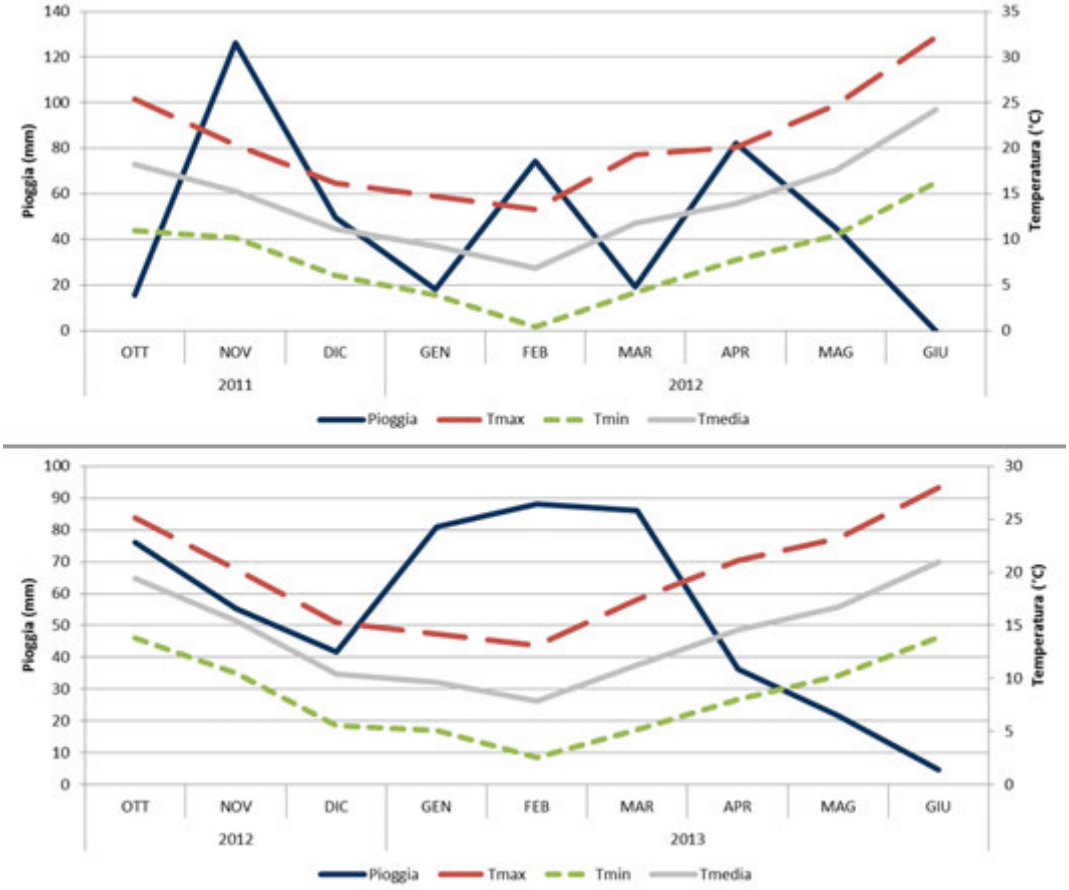


Figura 5. Andamento climatico delle due annate agrarie nel sito di Sanluri.

Allestimento dei siti di monitoraggio e pratiche colturali

Due parcelle di monitoraggio delle dimensioni di 1500 m^2 (100 m x 15 m) sono state allestite in un terreno precedentemente coltivato a frumento duro: una denominata "Fattuale" (F), in cui l'operazione di aratura del terreno è avvenuta in condizioni di tempera, e l'altra denominata "Controfattuale" (CF) dove la lavorazione del terreno è stata eseguita in fuori tempera umido. In entrambe le parcelle è stato effettuato un avvicendamento biennale: frumento duro - trifoglio

alessandrino. Tutte le operazioni colturali sono state eseguite seguendo la gestione ordinaria della zona.

Nel primo anno nella parcella F l'operazione di aratura è stata eseguita in data 29/12/2011 con un livello di umidità del 36%. Nella parcella CF per raggiungere i livelli di umidità del suolo superiori all'ottimale è stato necessario eseguire due turni d'irrigazione (10/01/2012 e 12/01/2012) dopo i quali si è effettuata l'aratura (13/01/2012) con un livello di umidità del suolo pari al 37%. Nella parcella F successivamente all'aratura sono state eseguite le operazioni di erpicatura, semina del frumento duro e rullatura (10/01/2012). Nella tesi CF, in seguito all'aratura, a causa delle eccessive dimensioni delle zolle di terreno, per l'affinamento del letto di semina sono state necessarie estirpatura (17/01/2012) ed erpicatura (18/01/2012); lo stesso giorno dell'erpicatura è stata eseguita la semina del frumento. A causa delle piogge non è stato possibile procedere con la rullatura. In entrambe le tesi il quantitativo di seme utilizzato è stato di 200 kg ha^{-1}. L'operazione di mietitrebbiatura è stata eseguita in data 21/06/2012 sia per la tesi Fattuale che per il Controfattuale.

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 (05/11/2012), sfalcio (10/05/2013), ranghinatura e imballatura (21/05/2013). Nella parcella CF le operazioni sono state le seguenti: due turni d'irrigazione (09/11/2012 e 11/11/2012), aratura (12/11/2012, umidità al 36%), estirpatura, erpicatura e semina (13/11/2012), sfalcio (10/05/2013), ranghinatura e imballatura (21/05/2013). In entrambe le tesi i quantitativi di seme di trifoglio alessandrino utilizzato sono stati di 40 kg ha^{-1}.

Rilievi, campionamenti ed analisi di laboratorio

All'inizio di ogni stagione agraria sono stati effettuati i campionamenti di suolo indisturbato prelevando tre fustelle per parcella per la determinazione della curva di ritenzione idrica e la stima dei valori di umidità da utilizzare per l'esecuzione dell'aratura in tempera e fuori tempera umida. Successivamente per la misurazione dei livelli di umidità del suolo in campo è stato utilizzato il TDR 300 (Soil Moisture Meter, Spectrum Technologies, Inc.). Per le analisi chimiche e biologiche del suolo sono stati eseguiti in entrambi gli anni di monitoraggio, prima delle lavorazioni del terreno, campionamenti di suolo alla profondità di 30 cm con tre ripetizioni per parcella. Tutti i campioni di suolo stati inviati al CREA-RPS per le relative analisi.

Nel secondo anno di monitoraggio, prima della semina, è stato rilevato con il metodo della catenella l'indice di tortuosità della superficie del letto di semina eseguendo per entrambe le parcelle 10 determinazioni sia nel senso della lavorazione principale che trasversalmente (il 05/11/2012 per il F ed il 13/11/2012 per il CF).

In entrambe le annate agrarie ad un mese dalla semina è stato effettuato il rilievo di emergenza con la determinazione del numero di piante/m^2 eseguendo tre determinazioni per tesi. Prima della raccolta sono stati eseguiti i rilievi per determinare le percentuali d'infestazione delle colture. I rilievi produttivi sono stati eseguiti su 3 sub-parcelle random 0,5 x 0,5 m per la determinazione della resa in granella del frumento (per il primo anno), e della produzione di fieno di trifoglio alessandrino (nel secondo anno).

CREA-ABP

Siti di monitoraggio

Il monitoraggio è stato effettuato in Toscana, presso l'Azienda Fagna (Scarperia, FI) e presso l'azienda Santa Elisabetta, Località Vicarello (Volterra, PI) del CREA-ABP, Centro di Ricerca per l'Agrobiologia e la Pedologia di Firenze (Figura 6).

Figura 6. Localizzazione geografica delle due aziende di monitoraggio del CREA-ABP.

Caratteristiche pedoclimatiche dei siti

Azienda Fagna

I suoli dell'azienda Fagna

Caratteri generali

L'azienda (Figura 7) è raggiungibile percorrendo la strada provinciale SP503 "Passo del Giogo" oltre la zona industriale di Scarperia. In passato sono state condotte ricerche soprattutto sulle qualità fisiche dei suoli, in particolare volte allo studio dell'effetto di eventi meteorici di media-bassa intensità (20-30 mm/h) sull'erosione e infiltrazione ed in generale sul comportamento idrologico di un suolo franco limoso argilloso, sottoposto a diversi trattamenti.

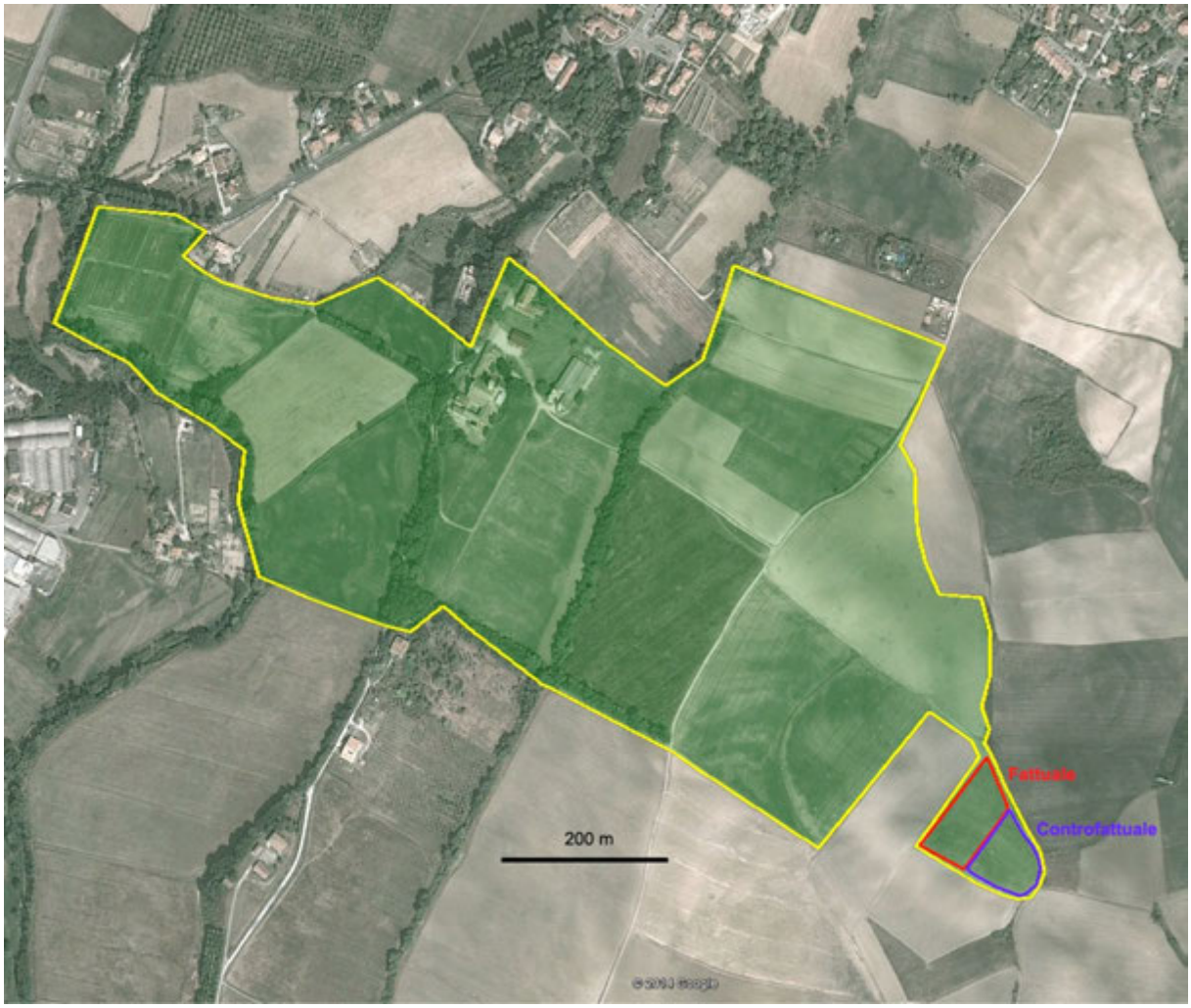


Figura 7. Azienda di Fagna (CREA-ABP) e localizzazione delle parcelle interessate dal monitoraggio dello Standard 3.1. Coordinate WGS84 N 43° 58' 53,35"; E 11° 20' 57,27".

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'azienda Sperimentale è situata sulle argille e limi lacustri del Pleistocene (Villafranchiano); codice **Vag** e nelle alluvioni ghiaioso sabbiose **Qs** (Olocene) nella Carta geologica d'Italia 1:1.000.000, foglio 106 (Figura 8). Dal punto di vista semantico ricade nella soil region 78.2 e nel sistema di terre 13AA20 caratterizzato da basse colline e forme di aggradazione (terrazzi, conoidi, ecc.) con drenaggio da subparallelo a subdendritico a bassa pendenza. A scala ettometrica la morfologia dominante è quella dei versanti erosi e dissestati dal soliflusso e subordinatamente da terrazzi alluvionali. La destinazione d'uso prevalente nella zona è il seminativo avvicendato nei versanti argillosi e il prato stabile (foraggere permanenti) nei terrazzi alluvionali.

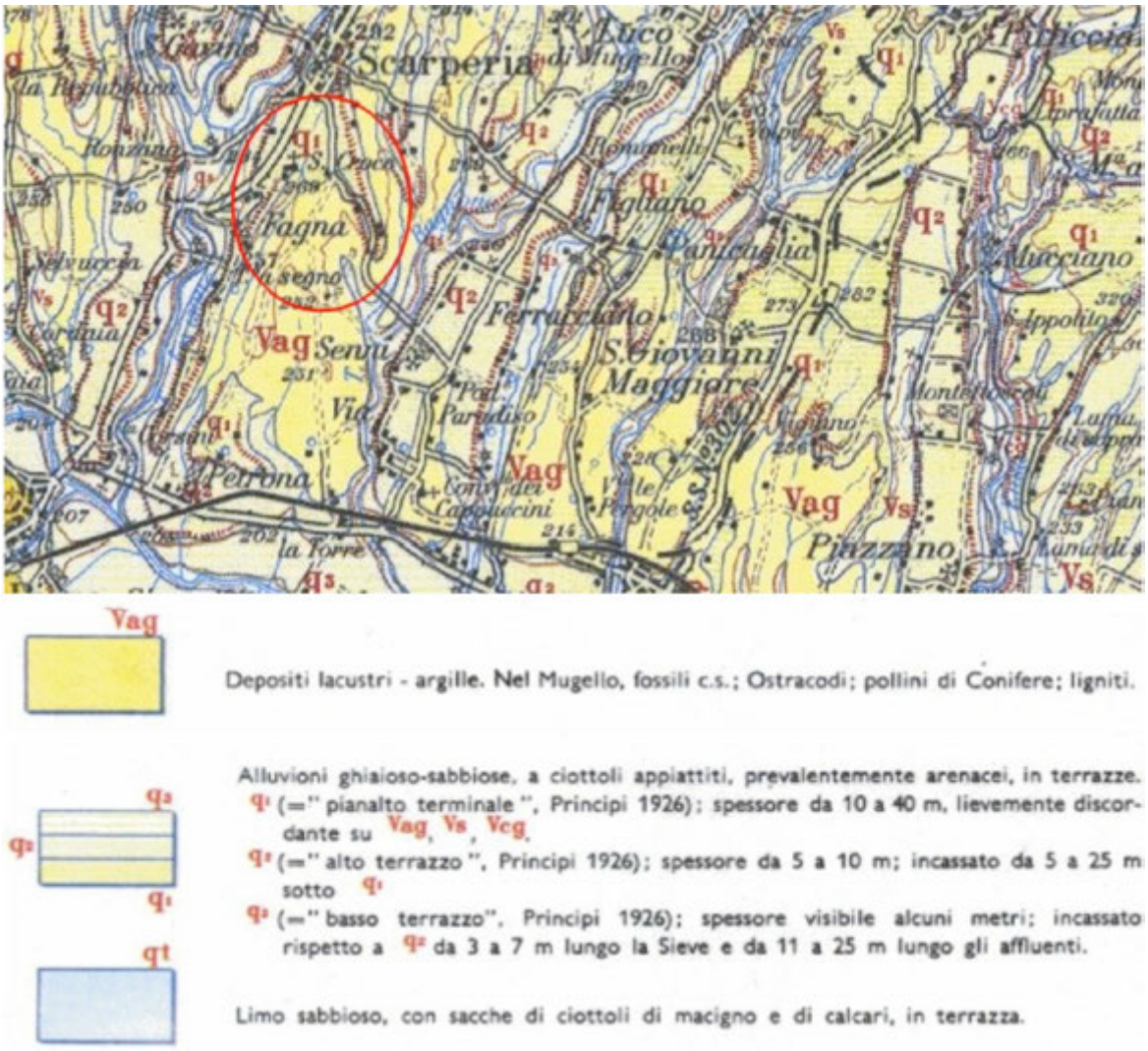


Figura 8. Foglio 106 (in alto) ed estratto di legenda (in basso).

Rappresentatività in ambito locale, regionale e nazionale

I suoli dell'area di interesse ricadono nell'unità cartografica **TBB1-PRE1-MDS1** della carta dei suoli della Regione Toscana 1:250.000.

I suoli della serie TBB1 (TREBBIOLO) sono moderatamente profondi, non ghiaiosi, a tessitura da argillosa ad argilloso limosa, con spiccati caratteri vertici, molto calcarei, da debolmente a fortemente alcalini, piuttosto mal drenati. Si rilevano su superfici ondulate, interessate da intensa erosione, sia superficiale che di massa, con pendenza prevalentemente debole (6-13%). Sono classificati come Typic Udorthents fine, vermiculitic, calcareous, mesic per la Soil Taxonomy USDA (2003) e come Calcaric Regosols secondo il WRB (1998). **Profilo di riferimento BDSP1993 (MART_P_2)** nel catalogo della regione Toscana.

I suoli della serie **PRE1** (PRETAGLIA) sono moderatamente profondi, non ghiaiosi, a tessitura da argillosa ad argilloso limosa, con spiccati caratteri vertici, molto calcarei, moderatamente alcalini, piuttosto mal drenati. Sono caratterizzati dalla presenza di un orizzonte diagnostico cambico. Si rilevano su versanti debolmente pendenti (6-13%), moderatamente erosi. Sono classificati come Vertic Eutrudepts fine, mixed, mesic per la Soil taxomomy USDA (2003) e come Calcari Vertic Cambisols secondo il WRB (1998). **Profilo di riferimento BDSP1966 (CNR_P_11).**

I suoli della serie MDS1 (MOLINO DELLA SORCELLA) sono profondi, non ghiaiosi, a tessitura da franco limoso argillosa ad argilloso limosa, moderatamente calcarei, moderatamente alcalini, piuttosto mal drenati. Presentano caratteri idromorfi. Si rilevano su superfici subpianeggianti o leggermente pendenti, poste generalmente ai piedi dei versanti. Sono classificati come Aquic Eutrudepts fine, mixed, mesic secondo la Soil Taxonomy USDA(2003) e come Calcari Endostagnic Cambisols per il WRB (1998). **Profilo di riferimento BDSP1967 (CNR_P_14).**

Rispetto alla tipologie nazionali (1.1.000.000) è correlabile con la 78.2RGst1 AFI e con la 78.2FLca2 fine-loamy. A livello di dettaglio il modello di distribuzione dei suoli corrisponde piuttosto fedelmente con quello definito per l'UC a scala 1.250.000. Risulta distinto da Udertic haplustepts coarse-loamy sui terrazzi alluvionali, da Entisuoli nei versanti dissestati e da inceptisuoli con caratteristiche vertiche e aquiche nei versanti meno acclivi e meno erosi. I due fenomeni risultano essere sempre compresenti; il prevalere della condizione Aquic sull'altra è dovuta alla posizione in basso versante. In allegato1 è riportata la cartografia pedologica di dettaglio**. Profili di riferimento PRSP1 e PRSP2.**

Dal punto di vista climatico e pedoclimatico secondo i dati di lungo periodo della banca dati ISIS 1.0, la temperatura media annua dell'aria è di circa 12.6°, le precipitazioni medie annue sono intorno ai 1178 mm, equivalente ad un aridity index calcolato con l'equazione di de Martonne di

52.2 classe (>50) perumido. Il regime termico del suolo è mesico (8-15) con temperatura media del suolo stimata a 50 cm di 14.2°. Il regime udometrico è udico (0-60) ovvero con un numero di giorni di secco cumulati nella sezione di controllo del suolo di circa (55/anno).

Nell'area dove si è effettuato il monitoraggio si è rilevata la composizione dei suoli riportata in Tabella 2.

Tabella 2. Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dell'Azienda di Fagna del CREA-ABP.

Parametro	Valore	
Ciottoli e ghiaia (> 2000 µm)	0.0	%
Sabbia totale (53 - 2000 µm)	5.5	%
Limo (20 - 53 µm)	50.1	%
Argilla (< 2 µm)	44.4	%
Carbonio organico	0.93	%
pH (1:2.5) H_2O	8.3	
$CaCO_3$	20.85	%
P totale	0.94	‰
K totale	1.5	‰
Tessitura: argillosa		
Materiali argillosi dominanti:		
Illite, Caolinite, Allosite		

Dati climatici di breve periodo

I dati climatici di Fagna (Figura 9), 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 seguente climogramma.

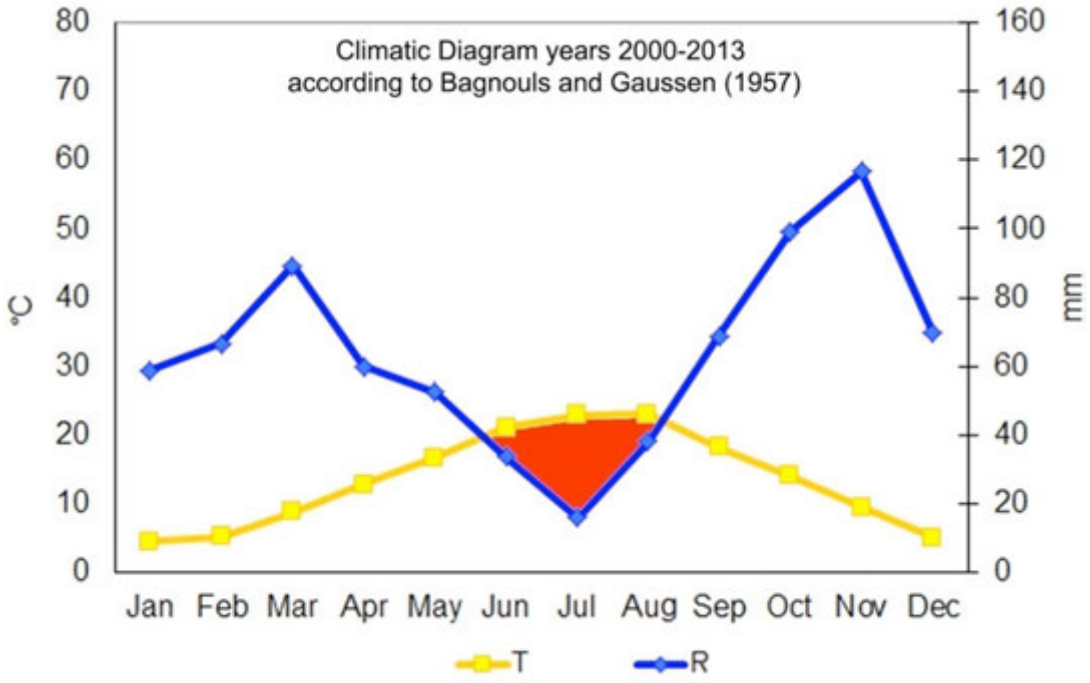


Figura 9. Climogramma di Fagna ottenuto analizzando i dati di temperatura e piovosità della serie storica 2000-2013. L'area rossa rappresenta il periodo arido del clima di Fagna.

In riferimento alla piovosità della stagione colturale (NOV-GIU) del frumento, la media stagionale è risultata di 547,5 mm e quindi ben compresa valori indicativi (450-600 mm) affinché il frumento completi in modo ottimale il suo ciclo colturale.

Azienda Santa Elisabetta

I suoli dell'azienda Santa Elisabetta

Caratteri generali

Il Centro Sperimentale S. Elisabetta (Figura 10) è situato in località Vicarello, Volterra (Pisa) ed è raggiungibile percorrendo la SP15 Volterrana e poi deviando per Via Vicinale di Capriggine. Vengono condotti studi sulla erosività del suolo in condizioni di uso del suolo differenti al fine di calibrare coefficienti colturali da applicare in particolare al modello RUSLE.

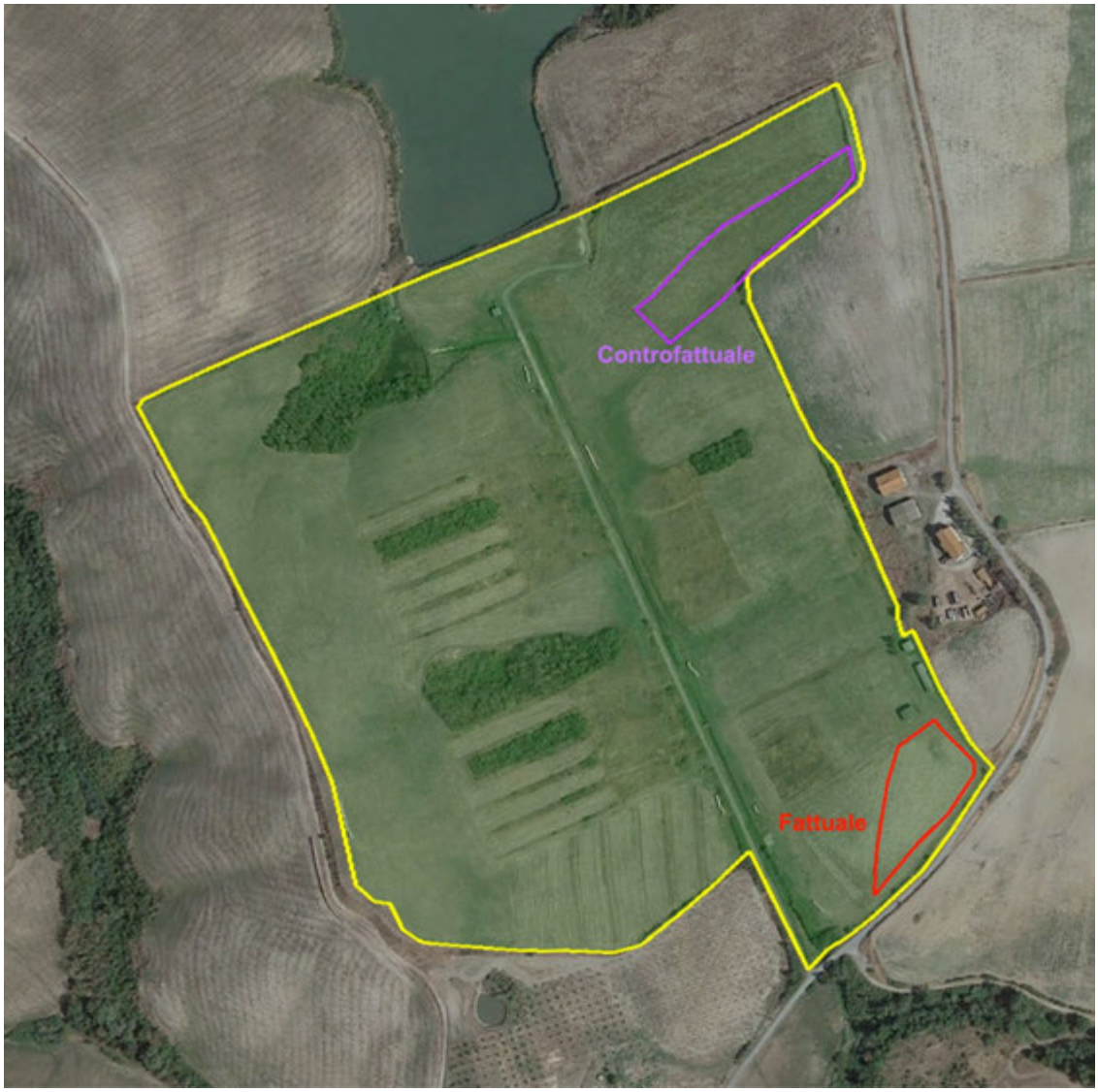


Figura 10. Azienda di Santa Elisabetta (CREA-ABP) e localizzazione delle parcelle interessate dal monitoraggio dello Standard 3.1. Coordinate WGS84 N 43° 27’ 48,26”; E 10° 51’ 54,71”.

Inquadramento geologico e geomorfologico

L’azienda Sperimentale è situata sulle argille marine del Pliocene, rappresentati dalla sigla Pag nel foglio 112 della Carta Geologica d’Italia 1:100.000 (Figura 11). Dal punto di vista morfologico ricadono nella Soil Region 61.3 nel sistema di terre 91MAlAM206150 rilievi di media e bassa collina a bassa e media pendenza con drenaggio dendritico. La destinazione d’uso è il seminativo avvicendato o il pascolo.

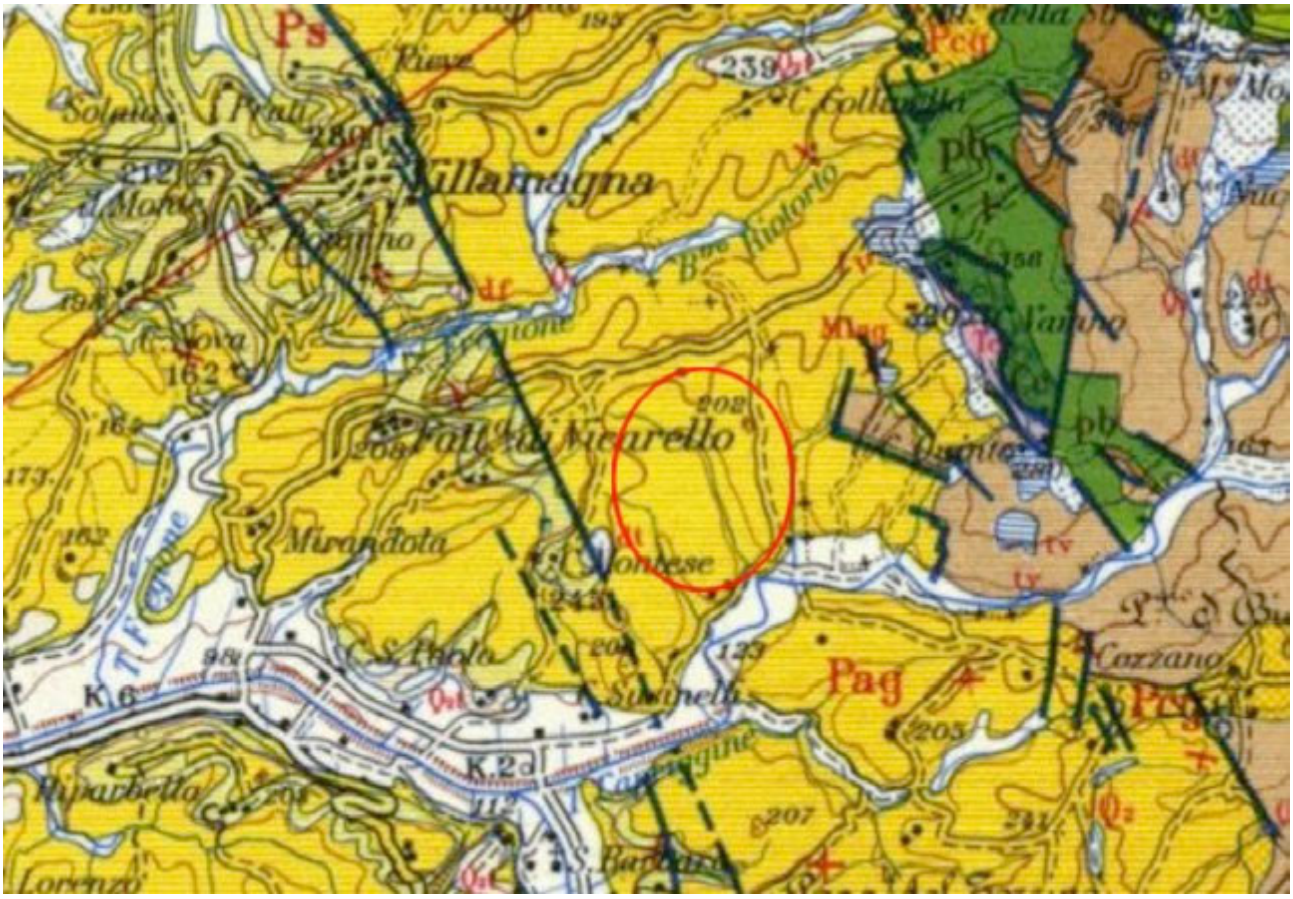


Figura 11. Foglio 112 della Carta Geologica d'Italia.

Rappresentatività in ambito locale, regionale e nazionale

Il rilevamento pedologico di Lulli L. e Ronchetti del 1973 condotto a scala aziendale 1:400 riporta le seguenti tipologie di suoli:

I suoli della serie **Mattaione** sono argilloso limosi da sottili a profondi su depositi Piaceniani Illito cloritici. Presentano caratteri vertici e colore bruno grigiastro 2,5Y 5/2. In parte dessalati, presentano un fenomeno di concentrazioni di ferro a livelli bassi; reazione Subalcalini raramente superano 8 di pH. Sono classificati Vertic Xerorthent per la Soil Taxonomy USDA (1996) e Calcaric Regosols per il WRB 1998.

I suoli della serie **Pegolina** sono argilloso limosi profondi, su depositi Piaceniani Piaceniani Illito cloritici. Presentano caratteri vertici e colore bruno oliva chiaro 2,5Y 5/3. In parte dessalati, presentano concentrazioni di Fe-Mn e carbonati; reazione da sub alcalina a neutra. Sono classificati Vertic Xerochept per la Soil Taxonomy USDA (1996) e Vertic Cambisols per il WRB (1998). **Profilo di riferimento PRS_P_3.**

La serie Mattaione si rileva dove insiste maggiore erosione e la serie Pegolina dove i suoli sono più conservati ed evoluti. Subordinatamente nell'appezzamento si rinvengono altre due

Tipologie. Nelle zone di massima erosione si rileva la fase sottile della Serie Mattaione dove spiccano i colori bluastri degli orizzonti C e Cr. Trattasi di Vertic Lithic Xerorthent per la Soil Taxonomy (1996) e Calcaric Regosols per il WRB (1998).

Nelle zone più conservate troviamo i Vertisols: molto profondi su materiali rimaneggiati pliocenici. Presentano self mulching facce di pressione e di scivolamento oltre a concrezioni de Fe-Mn e di carbonati, localizzate prevalentemente nella parte bassa del profilo. Colore bruno grigiastro scuro (2,5Y 4/2) . tendenzialmente neutri.

Per la carta dei suoli della Regione Toscana 1:250.000, i suoli indicati a livello aziendale Mattaione e Pegolina si correlano molto fedelmente con i suoli dell'unità cartografica ROT1-BND1.

I suoli della serie **ROT1** (ROTINI) sono moderatamente profondi, a profilo Ap-C, non ghiaiosi, a tessitura argilloso limosa, molto calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, salini, piuttosto mal drenati. Presentano fessurazioni superficiali. Si rilevano in versanti lineari, talora dissestati, a pendenza da moderata a forte (14-35%), soggetti ad erosione idrica generalmente forte di tipo diffuso. Uso del suolo:seminativi a cereali e prato-pascolo Sono classificati come Typic Xerorthents, fine, mixed, calcareous, thermic per la Soil Taxonomy USDA (2003) e Calcaric Regosols per il WRB (1998). **Profilo di riferimento BDSP2050 (RTB4_P_4)**

I suoli della serie **BND1** (BANDINACCI) hanno pietrosità superficiale assente, pendenza da debole a moderata (6-20%). Uso del suolo: seminativi a cereali e prato-pascolo. Sono suoli profondi, a profilo Ap-Bw-C(k), non ghiaiosi, a tessitura argilloso limosa, molto calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, da moderatamente ben drenati apiuttosto mal drenati. Si rilevano in Versanti lineari e ripiani, soggetti ad erosione idrica moderata di tipo diffuso. Sono classificati come Vertic Haploxerepts, fine, mixed, thermic per la Soil Taxonomy USDA (2003) e come Vertic Cambisols per il WRB (1998). **Profilo di riferimento BDSP2054 (RTB6_P_2)**

Il modello di distribuzione dei suoli rimane praticamente lo stesso a tutte le scale; anche a livello Nazionale (1.000.000) i suoli aziendali si traducono con la 61.3RGca3 fine e con la 61.3CMvr5 fine. Il Bacino della Val D'era è quindi, un ambiente molto rappresentativo ed esteso, presenta affinità pedogenetiche rispetto altri bacini di sedimentazione pelagica Pliocenica, come le Crete Senesi e la Val D'Orcia.

Dal punto di vista climatico e pedoclimatico secondo i dati di lungo periodo della banca dati ISIS 1.0; la temperatura media annua dell'aria è di circa 14.2°, le precipitazioni medie annue sono intorno ai 833 mm, equivalente ad un aridity index calcolato con l'equazione di De Martonne è di 34.2 classe (35-40) leggermente umido. Il regime termico del suolo è termico (15-22) con temperatura media del suolo a 50 cm di 16.4°. Il regime udometrico è ustico (60-85) ovvero con il

numero di giorni di secco cumulati nella sezione di controllo del suolo è di circa (79/anno). Nell'area dove si è effettuato il monitoraggio si è rilevata la composizione dei suoli riportata nella Tabella 3.

Tabella 3. Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dell'Azienda Santa Elisabetta del CREA-ABP.

Parametro	Valori
Ciottoli e ghiaia (>2000 µm)	0.0%
Sabbia totale (53 - 2000 µm)	20.4%
Limo (20 - 53 µm)	37.6%
Argilla (<2 µm)	42.0%
Carbonio organico	0.93%
pH (1:2.5) H_2O	7.59
$CaCO_3$	12.3%
P totale	0.6‰
K totale	1.74‰
Tessitura: argillo-limosa	0.0%
Materiali argillosi dominanti: Caolinite, Illite, Clorite	

Dati climatici di breve periodo

I dati climatici dell'azienda Santa Elisabetta (Figura 12), registrati dalla stazione meteorologica situata all'interno dell'azienda dal 2000 al 2013 sono rappresentati nel seguente climogramma.

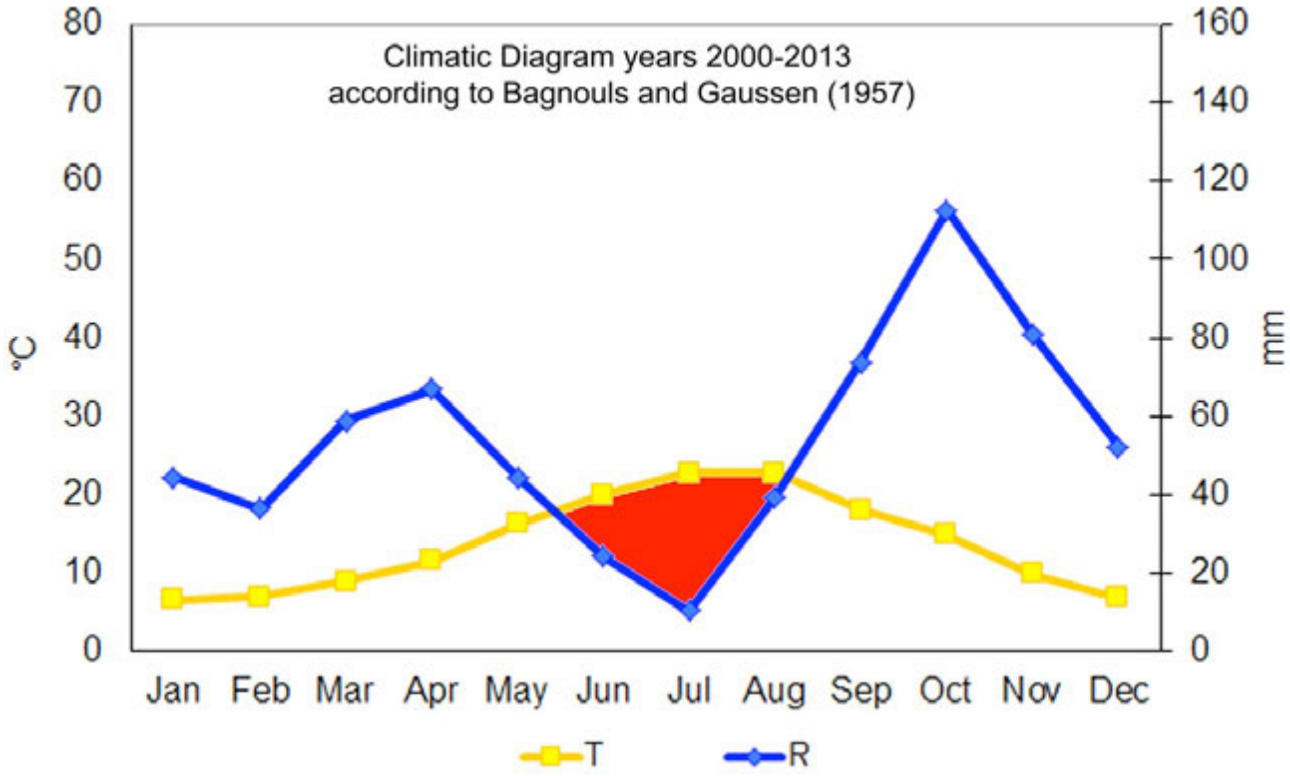


Figura 12. Climogramma di Santa Elisabetta ottenuto analizzando i dati di temperatura e piovosità della serie storica 2000-2013. L'area rossa rappresenta il periodo arido del clima.

In riferimento alla piovosità della stagione colturale (NOV-GIU) del frumento, la media stagionale è di 479,9 mm e, quindi, ben compresa valori indicativi (450-600 mm) affinché il frumento completi in modo ottimale il suo ciclo colturale.

Andamento delle colture agrarie nelle due aziende di monitoraggio

Per l'attuazione dello Standard "Lavorazioni in tempera", si era programmata la semina del frumento tenero ma le stagioni agrarie 2011-12 e 2012-13 sono state caratterizzate da andamenti climatici molto differenziati (Figure 13 e 14). Nel primo anno (2011-12) l'andamento stagionale è decorso regolare e si sono potute effettuare le semine, mentre i livelli di pioggia hanno superato discretamente il fabbisogno evapo-traspirativo della coltura. Nella seconda annata agraria (2012-2013) non si è potuto impiantare la coltura a causa di condizioni agronomiche avverse nel periodo delle semine (suolo sempre bagnato). Infatti, la pioggia complessiva della stagione delle semine (Ottobre-Dicembre), è risultata molto elevata e pari a mm 420,8 nell'azienda di Fagna con ben 71 giorni piovosi e 503,2 mm nell'azienda S. Elisabetta con ben 54 giorni piovosi.

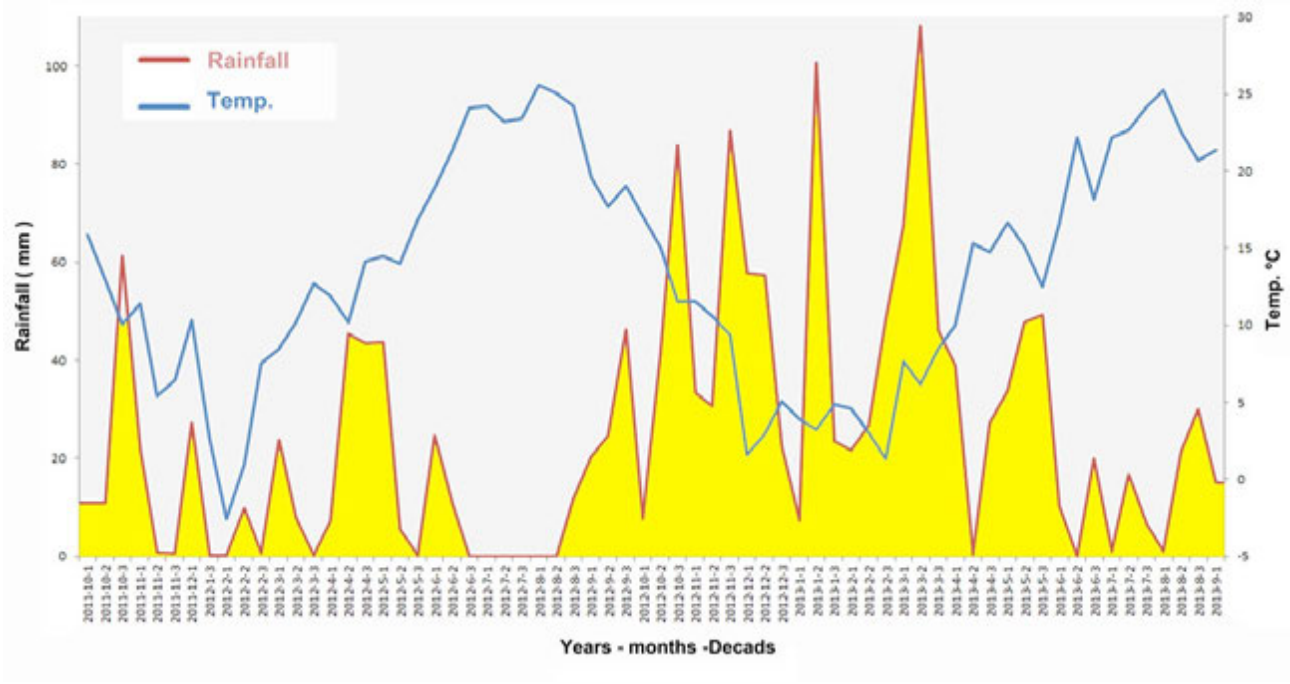


Figura 13. Andamento termo-pluviometrico su base decadale registrato a Fagna nelle stagioni agrarie 2011-12 e 2012-13.

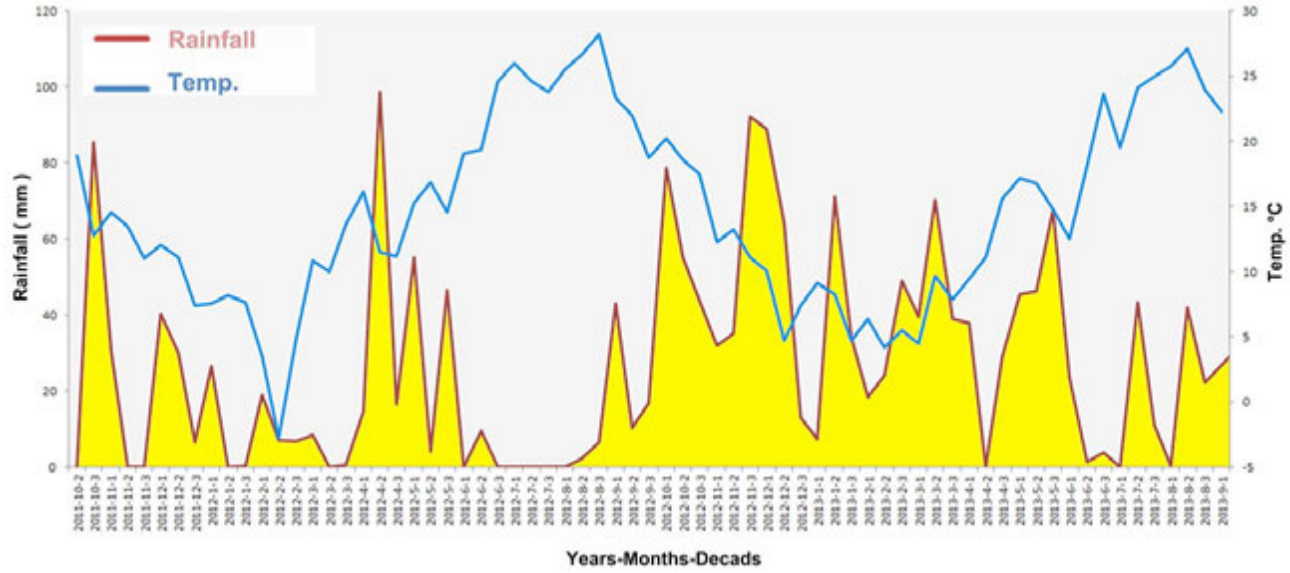


Figura 14. Andamento termo-pluviometrico su base decadale registrato a Santa Elisabetta nelle stagioni agrarie 2011-12 e 2012-13.

Allestimento dei siti di monitoraggio e pratiche colturali

Le parcelle di monitoraggio di entrambi i siti erano coltivati, prima della prova a frumento tenero. Le dimensioni delle parcelle sono state determinate attraverso rilievo con GPS differenziale Leica 1200.

In entrambe le aziende la preparazione del letto di semina è avvenuta eseguendo un'aratura a 40 cm quando rispettivamente il terreno delle tesi F e CF erano allo stato di tempera e allo stato di fuori tempera in condizioni di eccessiva umidità.

La semina è stata eseguita con seminatrice pneumatica a 24 file distribuendo 350 semi germinabili al metro quadrato di frumento. La concimazione di copertura è stata eseguita allo stadio di terza foglia-inizio accestimento distribuendo 100 kg N ha^{-1} e 60 kg P_2O_5 ha^{-1}, mentre il diserbo per le infestanti mono e dicotiledoni è stato effettuato allo stadio di inizio levata. Alla maturazione del frumento all'interno dei campi si è proceduto alla raccolta con una mietitrebbiatrice tradizionale per la determinazione della resa di granella.

CREA-CER

Sito sperimentale e caratteristiche del suolo

La prova è localizzata a Foggia presso l'Azienda Manfredini del CREA-CER Centro di Ricerca per la Cerealicoltura (Figura 15).

Figura 15. Parcelle di monitoraggio per lo Standard 3.1 del CREA-CER.

Il suolo è di origine alluvionale, pianeggiante e con caratteristiche riconducibili ad un vertisuolo. Basato su un profilo aperto nel 2008 (Tabella 4), 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 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. Ad esso si unisce il dato climatico generale dell'ambiente xerico (che permette di indicare il sottordine). La presenza di orizzonti con forti accumuli di carbonati (Bssk e Bk) costituiscono un ulteriore carattere tassonomico distintivo del grande gruppo (calci). Da ultimo si aggiunge un dato cromatico (chromic) proprio di alcune colorazioni scure che assume il suolo negli orizzonti di superficie sia allo stato secco che umido, colorazione che permette un'identificazione a livello di sottogruppo.

Tabella 4. Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dell'Azienda Manfredini del CREA-CER.

Orizzonte	Limite inferiore	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	Calcare totale	Capacità di Scambio Cationico in BaCl2	Carbonio organico totale	Sostanza organica
		Sabbia (2-0,05)	Limo (0,05-0,002)	Argilla (<0,002)							
	(cm)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)			(dS/m)	(g/kg)	(cmol[+]/kg)	(g/kg)	(g/kg)
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

L'analisi del profilo è stata realizzata dal gruppo di Pedologia e Pedotecnica del Prof. Elio Coppola della Seconda Università di Napoli.

Caratterizzazione agro-climatica del sito

Sulla base di uno studio condotto considerando 52 anni di dati climatici registrati dalla stazione meteorologica del CREA-CER di Foggia (Troccoli *et al*., 2007) è risultato che dal punto di vista macroclimatico 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 (Marzo-Aprile). Tale studio viene sinteticamente riassunto nel grafico rappresentante il climogramma di Foggia (Figura 16).

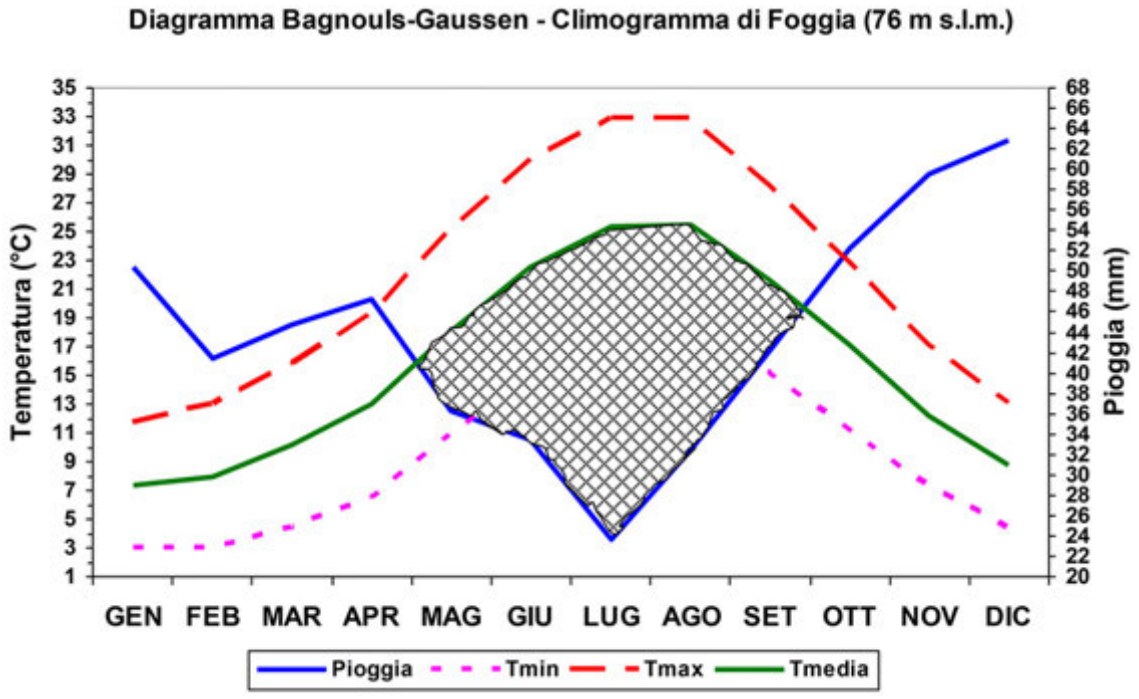


Figura 16. Climogramma di Foggia ottenuto analizzando i dati di temperatura e piovosità della serie storica 1955-2006 (52 anni). L'area reticolata rappresenta il periodo arido del clima di Foggia.

L'analisi della serie storica (52 anni) evidenzia un'ampiezza dei valori di pioggia che va da 272,1 mm (1977) a 786,1 mm (1972) con una media di 526,4 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. In riferimento alla piovosità della stagione colturale (NOV-GIU) del frumento duro, la media stagionale è risultata di 385,3 mm e, quindi, ben sotto i valori indicativi (450-600 mm) affinché il frumento duro completi in modo ottimale il suo ciclo colturale. In particolare dall'analisi si evince che il 74% dei giorni della stagione colturale (180 giorni) sono privi di eventi piovosi con i limiti compresi tra 205 e 141 giorni senza pioggia. Riguardo ai singoli mesi la percentuale di giorni non piovosi va da un minimo del 67% (DIC = 21 giorni) ad un massimo dell'81% (MAG e GIU = rispettivamente 25 e 24 giorni). L'analisi conferma, quindi, che il periodo aprile-giugno è quello effettivamente più critico per la coltura.

Per quanto riguarda i due anni di monitoraggio condotti all'interno del Progetto MO.NA.CO., le stagioni agrarie 2011-12 e 2012-13 sono state caratterizzate da differenti andamenti climatici (Figura 17). In sintesi, nel primo anno (2011-12) l'andamento stagionale è decorso secco, come dimostra nel grafico la linea che rappresenta la differenza tra la sommatoria cumulata degli scarti decadali tra la pioggia caduta e l'evapotraspirazione potenziale, che è risultata sempre con segno negativo per tutto il periodo colturale. Inoltre, le temperature medie decadali minime sono risultate piuttosto 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.

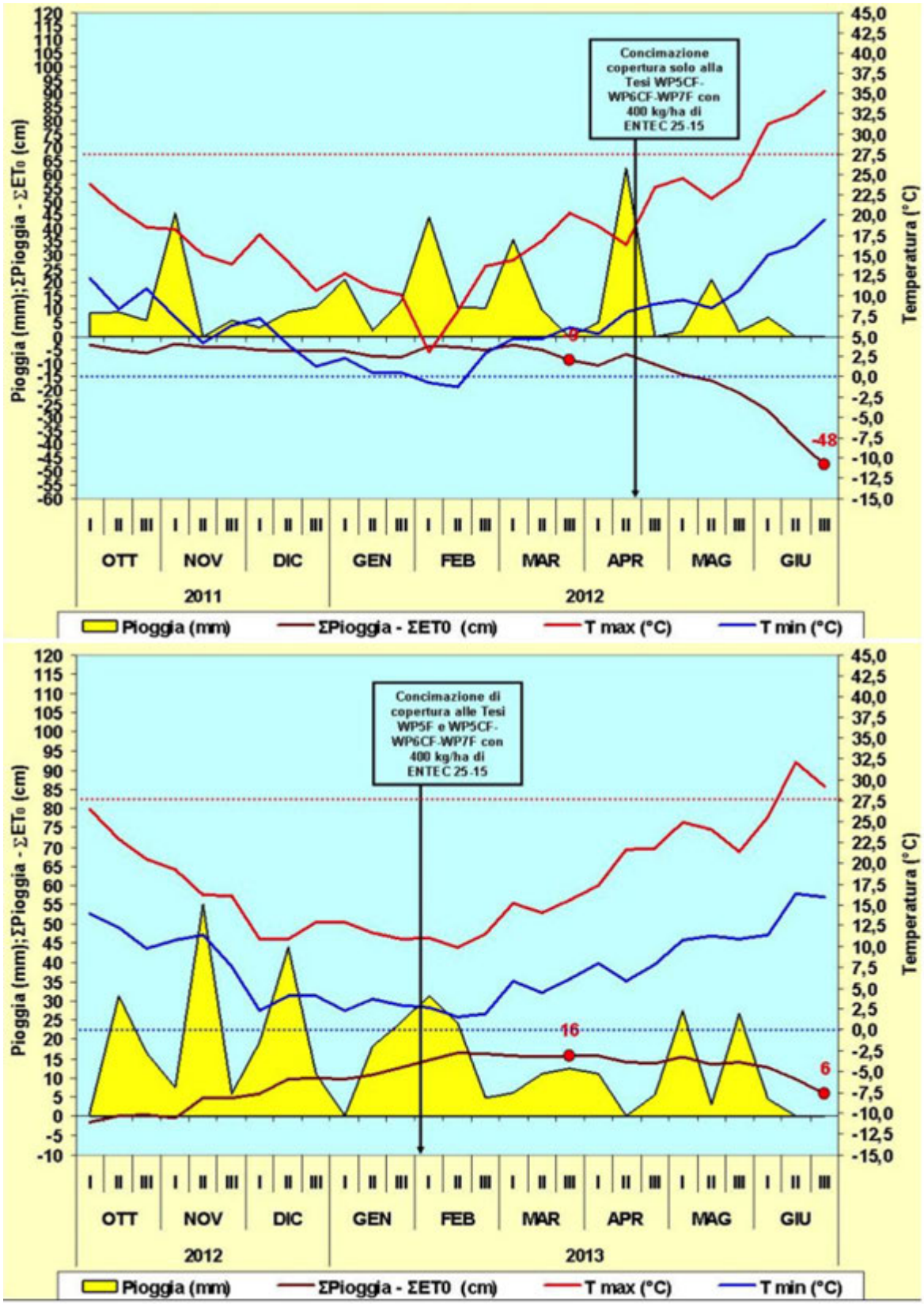


Figura 17. Andamento termo-pluviometrico su base decadale registrato a Foggia nelle stagioni agrarie 2011-12 e 2012-13.

Allestimento dei siti di monitoraggio e pratiche colturali

Su un terreno precedentemente coltivato a frumento duro sono stati allestiti due siti di monitoraggio ognuno di 5.000 m^2 (100 m x 50 m): uno destinato a monocoltura di frumento duro, bruciatura delle stoppie e precesa e lavorazione fuori tempera umido, denominato "Controfattuale" (CF), e l'altro destinato a omosuccesione di frumento duro in cui è prevista la bruciatura delle stoppie con precesa per contenere le fiamme e lavorazione in tempera, denominato "Fattuale" (F).

In entrambi i siti la preparazione del letto di semina avveniva eseguendo un'aratura (40 cm) quando rispettivamente il terreno delle tesi F e CF arrivavano allo stato di tempera e allo stato di fuori tempera umido. Poiché negli ambienti meridionali è difficile, se non raro, che si raggiunga nel periodo della preparazione del letto di semina (autunno) un livello di umidità tale da portare il terreno allo stato di fuori tempera umido e rendere difficoltosa l'aratura, il primo anno si è atteso fino alla fine di novembre aspettando che eventi piovosi importanti potessero far raggiungere il suolo allo stato di fuori tempera, ma inutilmente. Pertanto, per poter allestire questa tesi è stato necessario eseguire due turni di irrigazione (30/11/2011 e 02/12/2011) e apportare in totale al suolo 60 mm di acqua per poter far raggiungere lo stato di fuori tempera umido alla tesi CF (umidità: 31,5% su peso secco) rispetto alla tesi F in tempera (umidità: 23,9% su peso secco). Nel secondo anno, invece, per ovviare a tale inconveniente l'irrigazione alla tesi CF è stata anticipata in autunno (due turni il 19 e 24/10/2012) portando il terreno al 31,6% di umidità su peso secco rispetto al 25,1% della tesi F. Nel primo anno l'aratura nella tesi CF è stata eseguita il 4/12/2011 mentre nella tesi in tempera l'aratura è stata fatta il 17/01/2012 per aspettare che il terreno raggiungesse un livello di umidità idoneo nella tesi CF tale da eseguire contemporaneamente nelle due tesi, con un erpice a 28 dischi, le lavorazioni secondarie (19/01/2012). Nel secondo anno, le arature fuori tempera e in tempera sono state eseguite rispettivamente il 26/10/2012 e il 18/09/2012 mentre le lavorazioni secondarie il 16/11/2012. In entrambi gli anni non è stata effettuata la concimazione di fondo.

La semina è stata eseguita (20/01/2012 e 07/12/2012) con seminatrice pneumatica a 24 file distribuendo 350 semi germinabili al metro quadrato di frumento. La concimazione di copertura è stata eseguita allo stadio di terza foglia-inizio accestimento (19/04/2012 e 05/02/2013) distribuendo 400 kg ha^{-1} di ENTEC 25-15 (100 kg N ha^{-1} e 60 kg P_2O_5 ha^{-1}), mentre il diserbo per le infestanti mono e dicotiledoni è stato effettuato allo stadio di inizio levata (23/04/2012 e 08/04/2013) con Atlantis WG (0,5 kg ha^{-1}) + coadiuvante Biopower (1 L ha^{-1}) e Buctril universal (1 L ha^{-1}). Alla maturazione del frumento all'interno del campo si è proceduto alla raccolta (22/06/2012 e 19/07/2013) di 3 sub parcelle random di 22,5 m^2 (1,50 m x 15 m) per la determinazione della resa di granella (t ha^{-1} al 13% di umidità) e in seguito il resto del campo è stato raccolto con una

mietitrebbiatrice tradizionale per avere una misura della produzione del campo. Dopo la raccolta i residui colturali di frumento venivano trinciati utilizzando una trinciatrice con coltelli ad L.

Rilievi, campionamenti e analisi di laboratorio

Nel secondo anno di monitoraggio nelle due parcelle CF e F è stato rilevato con il metodo della catenella – prima della semina e dopo qualche settimana dall'ultimo ripasso per la preparazione de letto di semina (28/11/2012) – l'Indice di tortuosità della superficie del letto di semina eseguendo tre repliche di 10 determinazioni sia nel senso della lavorazione principale che trasversalmente. Dopo la semina e allo stadio di seconda foglia del frumento duro si è rilevato (11/01/2013) anche il numero di piante all'emergenza eseguendo 3 determinazioni per sito. Per ogni stagione di crescita sono stati eseguiti prima della raccolta (22/06/2012 e 19/07/2013), i campionamenti di biomassa su un'area di 1 m^2, replicati 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^{-1}) di residui prodotti ed interrati).

Per lo studio dei parametri idrologici del suolo, nel primo anno di monitoraggio e nella zona centrale di entrambi i siti – prima dell'aratura e ai vertici di un'area di dimensioni lineari 3 m x 3 m – sono stati prelevati (17/01/2012) un numero di 4 campioni di suolo indisturbato alla profondità di 30 cm. La stessa operazione è stata ripetuta il 26/04/2012, quando la coltura di frumento era allo stadio di botticella, prelevando nello stesso punto anche un campione di 100 g di aggregati del suolo delle dimensioni di 1-2 cm per analizzare la stabilità degli aggregati nei due siti. Inoltre, per le analisi chimiche e biologiche del suolo nelle stesse date e aree di campionamento della biomassa sono stati eseguiti in entrambi gli anni di monitoraggio anche campionamenti di suolo alla profondità di 40 cm. Tutti i campioni di suolo sono stati inviati al CREA-RPS di Roma per le relative analisi.

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

CREA-FLC

La prova, consistita nella lavorazione del terreno in condizioni di umidità del suolo in tempera e fuori tempera, per la successiva coltivazione di frumento in monosuccessione, è stata ripetuta per due anni con semine autunnali nel biennio 2012-13 presso l'azienda ARCAG di Montanaso Lombardo (LO) su parcelle di circa 3500 m^2 ciascuna (Figura 18). I rilievi sono stati effettuati su 3 sub campioni per parcella.

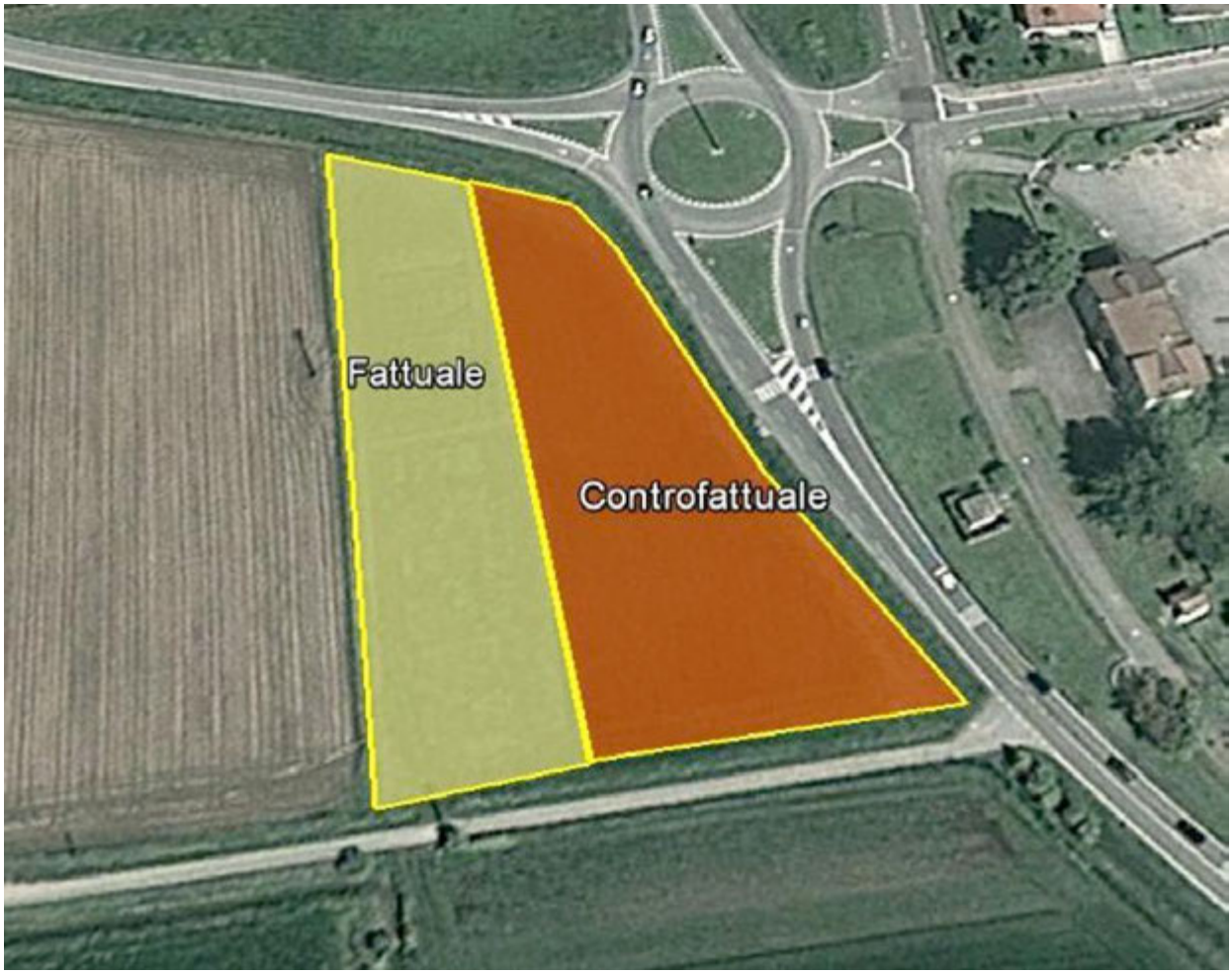


Figura 18. Parcelle di monitoraggio per lo Standard 3.1 del CREA-FLC.

L'ambiente di prova è, da un punto di vista pedo-climatico, rappresentativo della Pianura Padana pedemontana alluvionale terrazzata, le cui caratteristiche chimico-fisiche sono riportate nella Tabella 5.

Tabella 5. Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dell'Azienda Arcagna del CREA-FLC.

Parametro	Valore
Sabbia (g kg^{-1})	641
Limo (g kg^{-1})	239
Argilla (g kg^{-1})	120
Calcare (g kg^{-1})	assente
pH in H_2O	5,21
Sostanza organica (g kg^{-1})	9
Carbonio organico (g kg^{-1})	5
N totale (g kg^{-1})	0,6
C/N	8,3
CSC ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	7,6
TSB (%)	56,84
Ca ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	3,4
Mg ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,51
K ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0,41
P_2O_5 (mg kg^{-1})	143

Il clima è tipico della Regione Padana sub umida, con precipitazione media annuale di 800 mm e temperatura media di 12,2°C come riportato nel climodiagramma di Figura 19 (Borrelli e Tomasoni, 2005).

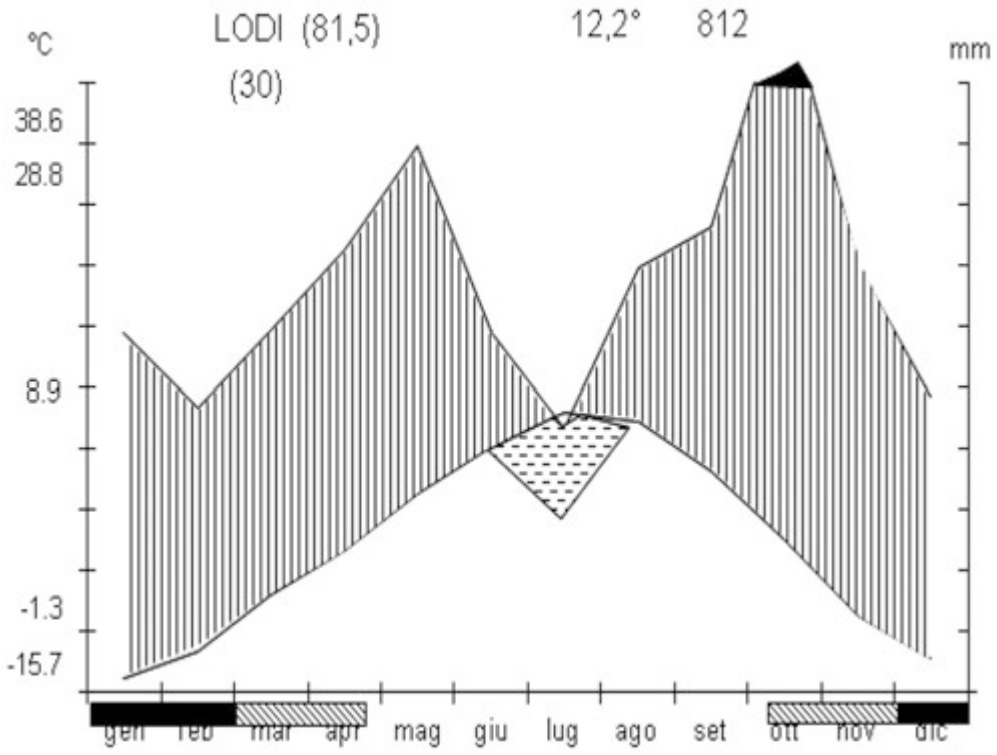


Figura 19. Climogramma della stazione di Lodi.

Le lavorazioni principali del suolo sono state effettuate nella seconda decade di ottobre, in momenti differenti a seconda del contenuto di umidità: tempera e fuori tempera per eccesso di umidità. La semina è stata eseguita allo stesso momento per le due tesi. Alla preparazione del terreno sono state distribuite 30-100-100 unità di N-P-K sotto forma di concime complesso, mentre in copertura sono state somministrate 70 unità di N come nitrato ammonico. La varietà di grano seminato è stata Aubusson alla dose di 180 kg ha^{-1}. I parametri misurati sono stati: umidità e densità del terreno al momento della lavorazione, la resa in granella e in paglia, il peso ettolitrico, il peso di 1000 semi, il numero di piante all'emergenza, l'infestazione e la rugosità del terreno con il metodo della catenella.

Le rese molto basse per l'anno 2013 sono dovute ad un inverno e primavera eccessivamente piovoso.

CREA-RPS

Sito sperimentale e caratteristiche del suolo

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, situata in area collinare ad un'altezza media di 43 m s.l.m. (Figura 20).

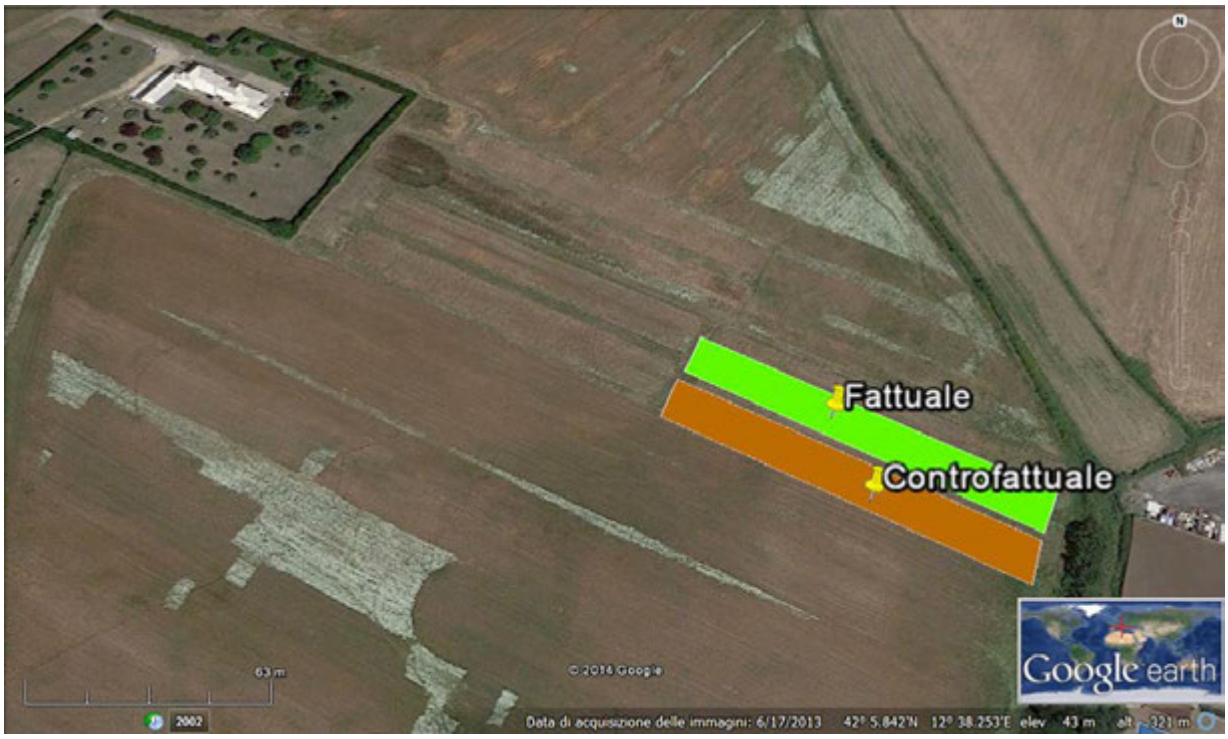


Figura 20. Parcelle di monitoraggio per lo Standard 3.1 del CREA-RPS.

Il terreno delle prove sperimentali è in pendenza (media 8%, range 2-10%), è classificato come Typic Argixeroll (Soil Survey Staff, 2014) e Luvic Phaeozem (WRB, 2014), con tessitura da franca a franco-limosa 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. Le principali caratteristiche del suolo (novembre 2012) riferite allo strato 0-40 cm sono riportate in Tabella 6.

Tabella 6. Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dell'Azienda di Tor Mancina del CREA-RPS.

	Fattuale	**Controfattuale**
pH (1:2.5)	6.77	6.87
EC 1:2 (mS cm^{-1})	0.17	0.12
Sabbia (%)	36.0	29.8
Limo (%)	43.5	49.0
Argilla (%)	20.5	21.2
Tessitura	F	F
CSC ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	28.00	28.69
K^+ ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0.35	0.42
Na^+ ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	0.57	0.70
ESP (%)	2.0	2.4
N totale (g kg^{-1})	1.09	1.02
C organico (g kg^{-1})	14.67	15.73
SOM (Cx1.724 %)	2.53	2.71
C/N	13.3	15.4

Caratterizzazione agro-climatica del sito

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 (Figura 21). 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.

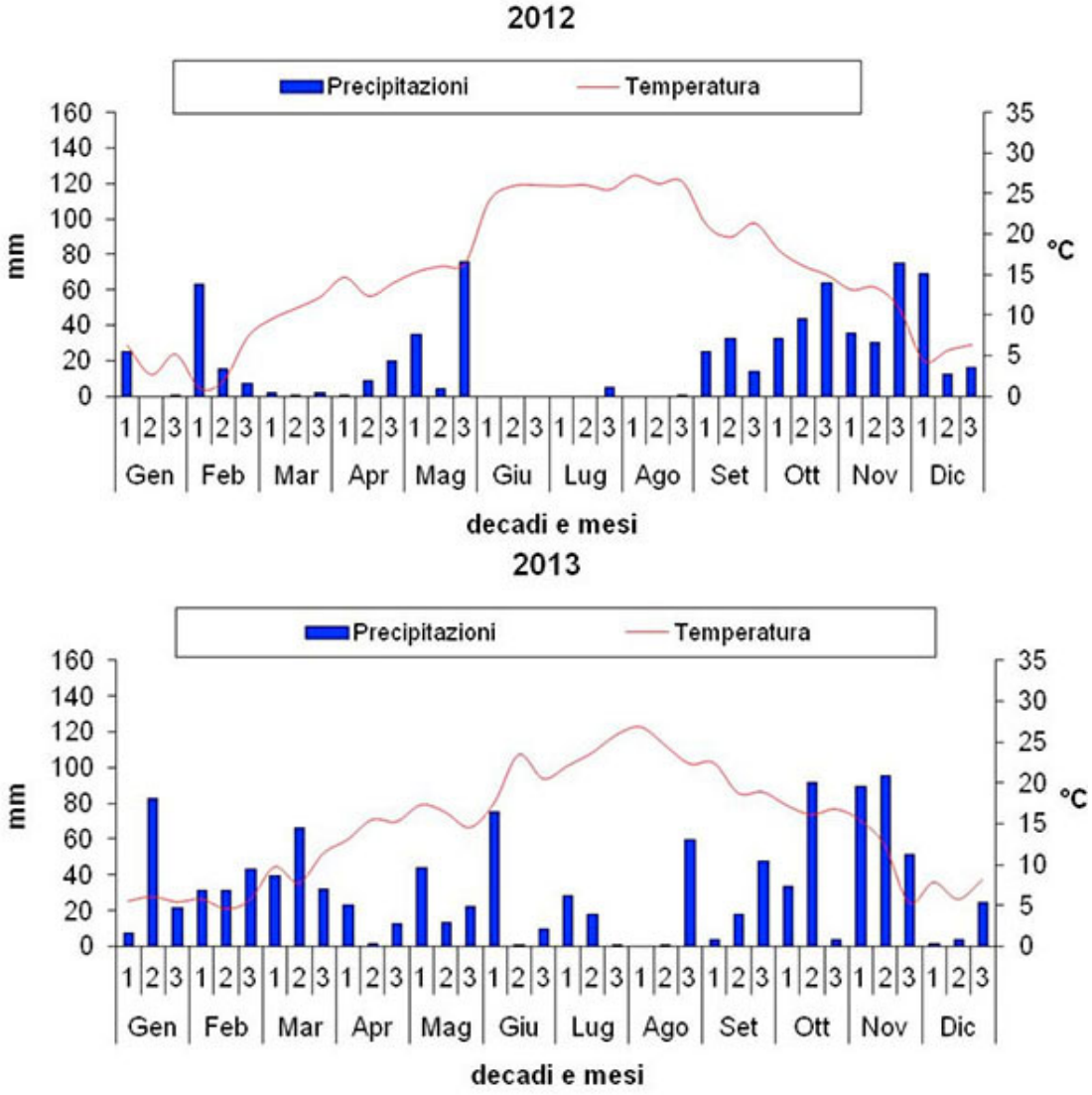


Figura 21. Andamento climatico decadale 2012 e 2013.

Siti di monitoraggio e pratiche colturali

Nell'anno 2012, su un terreno precedentemente coltivato a frumento duro sono state allestite due parcelle ognuna di 1680 m^2 (120 m x 14 m). In entrambe le parcelle è stata impiantata una coltura di frumento duro con interramento dei residui colturali. Su una delle due parcelle, denominata "Fattuale" (F) in relazione alla norma "Lavorazioni in tempera", è stata effettuata una lavorazione principale (aratura a 40 cm) con terreno in tempera. L'altra parcella, destinata al trattamento "Controfattuale" (CF) differisce dalla precedente solo per l'esecuzione della

lavorazione principale, effettuata in condizioni di fuori-tempera per eccesso di umidità del suolo. 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.

Per entrambe le tesi, la preparazione del letto di semina è iniziata con un'aratura di 40 cm. Nella tesi F essa è stata eseguita il 23-10-2012 e il 23-10-2013, con umidità del suolo (in peso) rispettivamente pari al 29,21% e 31,61%. L'aratura della tesi CF è stata invece eseguita il 17-10-2012 e 10-10-2013 con il 33,46% e 36,24% di umidità del suolo. 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 P_2O_5.

La preparazione del letto di semina è stata completata con erpicature. Le semine dei cereali vernini sono state effettuate il 16-11-2012 con frumento duro della cultivar Duilio, alla dose di 220 kg ha^{-1} e il 30-10-2013 con frumento tenero della cultivar Bolero, alla dose di 240 kg ha^{-1}. La concimazione azotata in copertura è stata effettuata con Urea fornendo 92 kg ha^{-1} di N nel primo anno di prova, e 69 kg ha^{-1} nell'annata in corso. Il diserbo contro le infestanti dicotiledoni è stato effettuato in entrambe le annate utilizzando diserbanti ormonici (MCPA) in aggiunta a tribenuron metile. Nell'annata agraria in corso è stato necessario effettuare un trattamento fungicida (Protil EC) contro la precoce diffusione di malattie fogliari favorite dalla particolare piovosità nelle prime fasi del ciclo.

Alla maturazione si è proceduto alla raccolta (2-7-2013) di 3 sub-parcelle di 1 m^2 individuate casualmente per la determinazione della resa di granella (t/ha al 13% di umidità) e dei parametri produttivi previsti dal protocollo sperimentale. Dopo la raccolta, i residui colturali di frumento sono trinciati utilizzando trinciapaglia trainata.

Rilievi, campionamenti e analisi di laboratorio

In entrambe le annate agrarie sono stati rilevati il numero di piante all'emergenza. I parametri produttivi rilevati hanno riguardato la produzione di granella e di biomassa, il peso di 1000 semi (g), il peso ettolitrico (kg), le proteine (% s.s.).

Ad inizio ciclo (19-11-2012) e dopo la raccolta (12-7-2013) sono stati effettuati i campionamenti di suolo alla profondità di 40 cm. Nel dettaglio, per il trattamento controfattuale sono stati determinati pH, conducibilità elettrica, granulometria, CSC, K^+, Na^+, N totale, carbonio organico totale (TOC) sostanza organica (TOCx1.724); per il trattamento fattuale, che rappresenta anche il fattuale per lo standard gestione dei residui e il controfattuale dello standard avvicendamento, sono stati determinati anche carbonio organico estraibile (TEC), 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). Il 15-11-2013, in entrambe le tesi e su 3 postazioni a parcella, è stato rilevato l'Indice di tortuosità del suolo con il metodo della catenella; per ogni postazione sono state effettuate 10 determinazioni sia nel senso della lavorazione principale che trasversalmente.

Per lo studio dei parametri idrologici del suolo, il 25-9-2012 e il 5-12-2013 sono stati prelevati 5 campioni di suolo indisturbato per mezzo di campionatori cilindrici in acciaio con bordo tagliente nello strato superficiale. In laboratorio i campioni sono stati saturati e successivamente posti su piastre di Richard per la determinazione del contenuto idrico a valori di potenziale matriciale pari a 0, -10, -33, -100, -500, -1000, -1500 kPa. Sugli stessi campioni è stata determinata la densità apparente a -33 kPa.

CREA-SCA

Sito sperimentale e caratteristiche del suolo

La prova è localizzata a Foggia presso l'Azienda Sperimentale "Podere 124" del CREA-SCA, Unità di ricerca per i Sistemi Colturali degli Ambienti caldo-aridi (Figura 22).

Figura 22. Parcelle di monitoraggio per lo Standard 3.1 del CREA-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 (WRB, 2014). L'elevata argillosità e la natura montmorillonitica delle argille conferisce al suolo spiccate caratteristiche proprie dei vertisuoli, con profonde ed ampie fessurazioni che si manifestano nella stagione estiva, soprattutto in regime non-irriguo. Le principali caratteristiche del suolo sono riportate nella Tabella 7.

Tabella 7. Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dell'azienda Podere 124 del CREA-SCA.

Parametro	Valore
Azoto totale %	0.12
Fosforo totale (P_2O_5) %	0.12
Fosforo disponibile (P_2O_5) mg kg^{-1}	41
Potassio totale K (K_2O) %	1.25
Potassio scambiabile (K_2O) mg kg^{-1}	1561
Carbonato di calcio %	7.30
Sostanza organica* %	2.10
Rapporto Carbonio/Azoto	10
pH (in acqua)	8.33
Scheletro %	0.00
Sabbia grossolana %	4.6
Sabbia fine %	14.9
Argilla %	49.4
Limo %	31.1
Contenuto idrico al potenziale matriciale di:	
- 33 kPa %	39.21
- 1500 kPa %	21.42

*Carbonio organico totale misurato con Walkley-Black moltiplicato per 1.724.

Caratterizzazione agro-climatica del sito

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. Il decorso termico e pluviometrico è tale 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 (Figura 23) sono state caratterizzate da differenti andamenti termo-pluviometrici con una piovosità piuttosto carente nella prima e decisamente più elevata nella seconda. Rispetto alle medie pluridecennali (norma), elevate precipitazioni si sono registrate tra febbraio ed aprile 2012, mentre quelle di maggio sono state decisamente insufficienti per i fabbisogni del frumento. L'annata successiva si è caratterizzata per abbondanti piogge autunnali ed invernali mentre per i mesi di aprile e maggio successivi la piovosità è stata decisamente inferiore alla norma. 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 frumento.

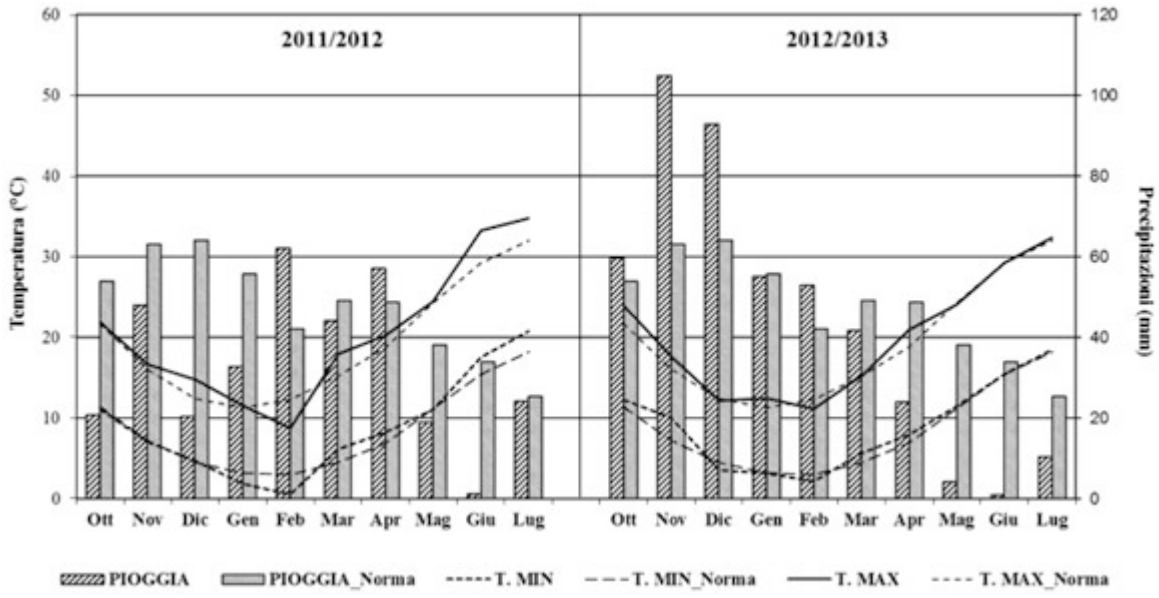


Figura 23. Andamenti termopluviometrici mensili nell'Azienda del CREA-SCA.

Siti di monitoraggio e pratiche colturali

Su un terreno precedentemente coltivato a pomodoro sono state allestite due parcelle ognuna di 5.000 m^2 (100 m x 50 m). In una di esse, è stata impiantata una monocoltura di frumento duro con interramento dei residui colturali e lavorazioni in tempera. Tale parcella viene denominata "Fattuale" (F) in relazione alla norma "Lavorazioni in tempera". L'altra parcella rappresenta, invece, il trattamento "Controfattuale" (CF) in quanto differisce dalla precedente solo per quanto riguarda l'esecuzione della lavorazione principale (aratura) che in entrambe le annate è stata effettuata in condizioni di fuori-tempera per eccesso di umidità del suolo.

Per entrambe le tesi, la preparazione del letto di semina è iniziata con un'aratura di 40 cm. Nella tesi F è stata eseguita il 16-12-2011 e il 13-11-2012, con umidità del suolo (in peso) rispettivamente pari al 26,4% e 32,6%. L'aratura della tesi CF è stata invece eseguita il 15-3-2012 e 26-11-2012 con il 33,7 e 34,1% di umidità del suolo. In entrambe le annate, durante la preparazione del letto di semina, sono state effettuate le concimazioni fosfatiche con fosfato biammonico in ragione di 90 kg ha^{-1} di P_2O_5 e 35 kg ha^{-1} di N. Per entrambe le tesi, la preparazione del letto di semina è stata completata con erpicature o fresature seguite, nella seconda annata, da rullatura.

Nella tesi F, la semina del frumento è stata effettua il 21-12-2011 e il 7-12-2012 con seminatrice con 17 assolcatori distanti 15 cm con 180 kg ha^{-1} di seme della cultivar Grecale. A causa del ritardo con cui è stata effettuata l'aratura, nella tesi CF è stato seminato il cece. L'operazione è stata effettuata il 20-3-2012 utilizzando 137 kg ha^{-1} di seme della varietà Sultano. Nella seconda annata è stato invece seminato il frumento duro il 7-12-2012 con le stesse modalità di F. La concimazione azotata è stata effettuata in copertura al frumento con nitrato-ammonico fornendo 63 kg ha^{-1} di N. Il diserbo per le infestanti mono e dicotiledoni è stato effettuato con ripetuto interventi utilizzando Atlantis, Biopower, Zenith e Stomp Aqua.

Alla maturazione si è proceduto alla raccolta (21-6 e 12-7 del 2012 per frumento e cece e 20-6-2013) di 3 sub-parcelle di 1 m^2 individuate casualmente per la determinazione della resa di granella (t ha^{-1} al 13% di umidità) e dei parametri produttivi previsti dal protocollo sperimentale Dopo la raccolta i residui colturali di frumento sono trinciati utilizzando trinciapaglia trainata.

Rilievi, campionamenti e analisi di laboratorio

In entrambe le annate agrarie sono stati rilevati il numero di piante all'emergenza. I parametri produttivi rilevati hanno riguardato la produzione di granella e di biomassa, il peso di 1000 semi (g), il peso ettolitrico (kg), le proteine (% s.s.). Dopo la raccolta sono stati effettuati i campionamenti di suolo alla profondità di 40 cm per le per le relative analisi chimiche e biologiche riguardanti la sostanza organica.

Il 7-12-2012 è stato rilevato l'Indice di tortuosità del suolo con il metodo della catenella eseguendo, in entrambe le parcelle, 10 determinazioni sia nel senso della lavorazione principale che trasversalmente. Per lo studio dei parametri idrologici del suolo, il 27-10-2011 e il 17-10-2012 sono stati prelevati 3 campioni di suolo indisturbato per mezzo di anelli campionatori cilindrici in acciaio con bordo tagliente (diametro ed altezza di 5 cm) nello strato 15-20 cm. In laboratorio i campioni sono stati saturati e successivamente posti su piastre di Richard per la determinazione del contenuto idrico a valori di potenziale matriciale pari a 0, -10, -33, -100, -500, -1000, -1500 kPa.

CREA-SSC

Informazioni pedo-climatiche

La ricerca è stata condotta a Metaponto (MT) presso l'azienda sperimentale "Campo 7" del CREA-SSC, Unità di ricerca per lo Studio dei Sistemi Colturali (lat. N 40° 24'; long. E 16° 48'; alt. 10 m s.l.m.), ubicata nell'arco ionico Metapontino (Figura 24). 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 (WRB, 2014), dotato di elevata ritenzione idrica (umidità alla capacità idrica di campo e al punto di appassimento rispettivamente pari a 34.5 e 20.1% del peso secco del terreno) ma bassa conducibilità idraulica, reazione sub-alcalina (pH = 7.8), ricco di fosforo assimilabile (31 mg kg^{-1}) e potassio scambiabile (759 mg kg^{-1}), 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 24. Parcelle di monitoraggio per lo Standard 3.1 del CREA-SSC.

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 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, temperatura media annua 16°C e con alta evaporazione potenziale annua (Pan Evaporation Rate pari a circa 1600 mm.).

Andamento termo-pluviometrico del biennio di prova

Per il monitoraggio i principali parametri agrometeorologici sono stati utilizzati i dati giornalieri registrati presso la stazione agrometeorologica realizzata secondo le norme suggerite dalla "World Meteorological Organizzation" (W.M.O.) ed installata presso l'azienda agraria "Campo 7", di dimensioni pari a 1600 m^2 (40 x 40 m), coperto da un prato costituito da specie tipiche del luogo. Il prato, durante il periodo di crescita, viene falciato continuamente per mantenere l'altezza compresa tra 0.08 e 0.15 m, e irrigato periodicamente per evitare stress idrici. La stazione agrometeorologica è completamente automatica, dotata di data-logger (CR10x) collegato ai vari sensori per l'acquisizione dei principali parametri climatici, ad intervalli di tempo stabilito (ogni 10"), ed in seguito mediati e archiviati, a livello orario. Successivamente, utilizzando un cellulare per acquisizione dati e modem o registrandoli direttamente in un PC, i dati sono convogliati ed elaborati con opportuni programmi statistici.

Nella Figura 25 si riporta il grafico dell'andamento termo-pluviometrico (media mensile delle temperature e della piovosità) delle due annualità di prova (2011-2012 e 2012-2013) in comparazione con il periodo long-term (media di 21 anni: 1981-2010).

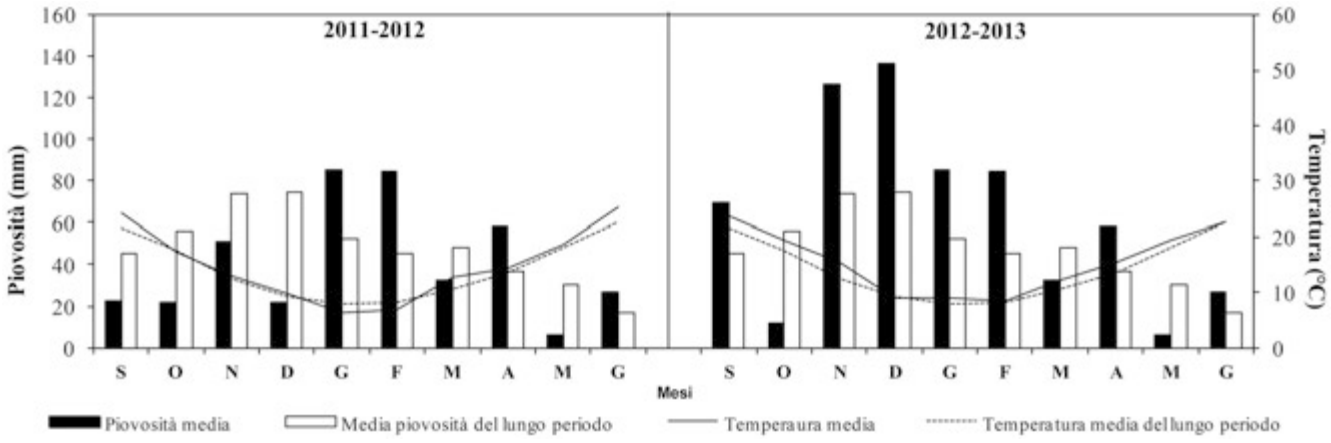


Figura 25. Andamenti climatici delle due annate di prova.

Nel primo ciclo di coltivazione (settembre 2011 – giugno 2012) si è avuta una piovosità totale pari a 410,4 mm di gran lunga 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.

Interventi colturali e dispositivo sperimentale

Le attività per il monitoraggio dello Standard 3.1 sono state effettuate nel biennio 2011-2012 e 2012-2013, coltivando, per ogni annualità in contemporanea sia il trattamento "Fattuale" (lavorazione in tempera) sia quello "Controfattuale" (lavorazioni fuori tempera). Ovviamente, nel secondo anno i trattamenti fattuale e controfattuale sono ritornati sullo stesso appezzamento per evidenziare gli eventuali effetti cumulati nel tempo. La gestione controfattuale nel primo anno è stata realizzata effettuando la lavorazione principale in condizioni di terreno fuori tempera (secco) in data 29 settembre 2011; nel secondo anno questa è stata ottenuta attraverso una lavorazione in condizioni di terreno umido (aratura in data 27 luglio 2012). Per contro, la lavorazione principale nella gestione fattuale è avvenuta quando il terreno era in condizioni di tempera rispettivamente nelle date del 24 ottobre 2011 e 19 luglio 2012 per la prima e seconda annualità.

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 entrambi gli anni 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, rispettivamente per la prima annualità e la seconda annualità distribuendo rispettivamente 220 kg ha^{-1} di seme. La raccolta è avvenuta il 6 giugno 2012 e l'8 giugno 2013 rispettivamente per il primo e secondo anno di prova. La concimazione in presemina, identica per le due annualità, è stata effettuata distribuendo 36 unità di N e 92 unità di P_2O_5, utilizzando fosfato biammonico. Per contro nel primo anno, è stata effettuata una prima concimazione di copertura il 12 gennaio 2012 (46 kg ha^{-1} di N, utilizzando urea) ed una seconda il 19 marzo 2012 (30 kg ha^{-1} di N, utilizzando nitrato ammonico), mentre nella seconda annualità è stata effettuata una solo concimazione di copertura il 4 febbraio 2013 con 70 kg ha^{-1} di N, sotto forma ureica.

Ogni singolo appezzamento di terreno aveva la dimensione di 1270 m^2 (20 x 63.5 m), all'interno dei quali sono state determinate 3 repliche di eguale misura (circa 420 m^2). All'interno di ogni singola replica, alla raccolta è stato campionato 1 m^2 di piante su cui sono state effettuate le seguenti determinazioni: peso totale biomassa; peso granella tal quale; peso secco granella; peso mille semi; contenuto proteico; peso ettolitrico. Contestualmente alla raccolta è stato prelevato mezzo metro lineare di piante di frumento per la determinazione dei seguenti parametri: numero piante; altezza pianta; numero culmi; numero spighe; peso fresco spighe e peso secco spighe.

Alla fine di ogni annualità in contemporanea con la raccolta, nello stesso sito in cui veniva effettuato il campionamento per la determinazione dei parametri produttivi e per ogni replica, sono stati prelevati 3 sub campioni di terreno dello strato di 0-30 cm. Tali sub campioni sono stati uniti in un unico campione per replica e trasferiti per le analisi alle altre UU.OO. del Progetto.

Veneto Agricoltura

Sito sperimentale e caratteristiche del suolo

La prova è localizzata nel Comune di Caorle (Venezia) presso l'Azienda Sperimentale Vallevecchia di Veneto Agricoltura, situata lungo la costa, e si caratterizza per essere l'ultimo sito costiero non urbanizzato dell'alto Adriatico. Recenti interventi di ripristino ambientale hanno rimodellato aree umide ricostituendo habitat un tempo bonificati. Il sito è stato riconosciuto come Zona di Protezione speciale e Sito di Importanza Comunitaria nelle Rete Natura 2000. La S.A.U. è pari a circa 385 ha destinati a colture erbacee. I terreni oggetto delle prove sono un altitudine media di 0-1 m s.l.m. (Figura 26).

Figura 26. Parcelle di monitoraggio per lo Standard 3.1 di Veneto Agricoltura.

I suoli che hanno ospitato le prove sono definiti pedologicamente come Fluvaquentic Eutrudept, fine-silty, carbonatic, mesic (Soil Survey Staff, 2014) e come Gley-Fluvic 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.

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 riportate in Tabella 8.

Tabella 8. Caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dell'Azienda Vallevecchia di Veneto Agricoltura.

Parametro	**Valore**
pH (1:2.5)	7.7
EC 1:2 (mS cm^{-1})	1.1
Sabbia (%)	18.1
Limo (%)	51.4
Argilla (%)	30.5
Tessitura	L
CSC ($cmol_{(+)}$ kg^{-1})	15.1
P assim. (mg kg^{-1})	32.2
N totale (g kg^{-1})	1.37
C organico (g kg^{-1})	11.4
SOM (Cx1.724 %)	1.97
C/N	8.32

Caratterizzazione agro-climatica del sito

Il clima di Vallevecchia è caratterizzato da un certo grado di continentalità, con inverni relativamente rigidi ed estati calde. Le 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 uniformemente 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**".

Le condizioni climatiche nel periodo autunno 2012 - primavera 2013 (Figura 27) 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. Le rese medie in granella per le tesi fattuale e controfattuale sono state rispettivamente di 6.2 e 5.7 t/ha s.s.

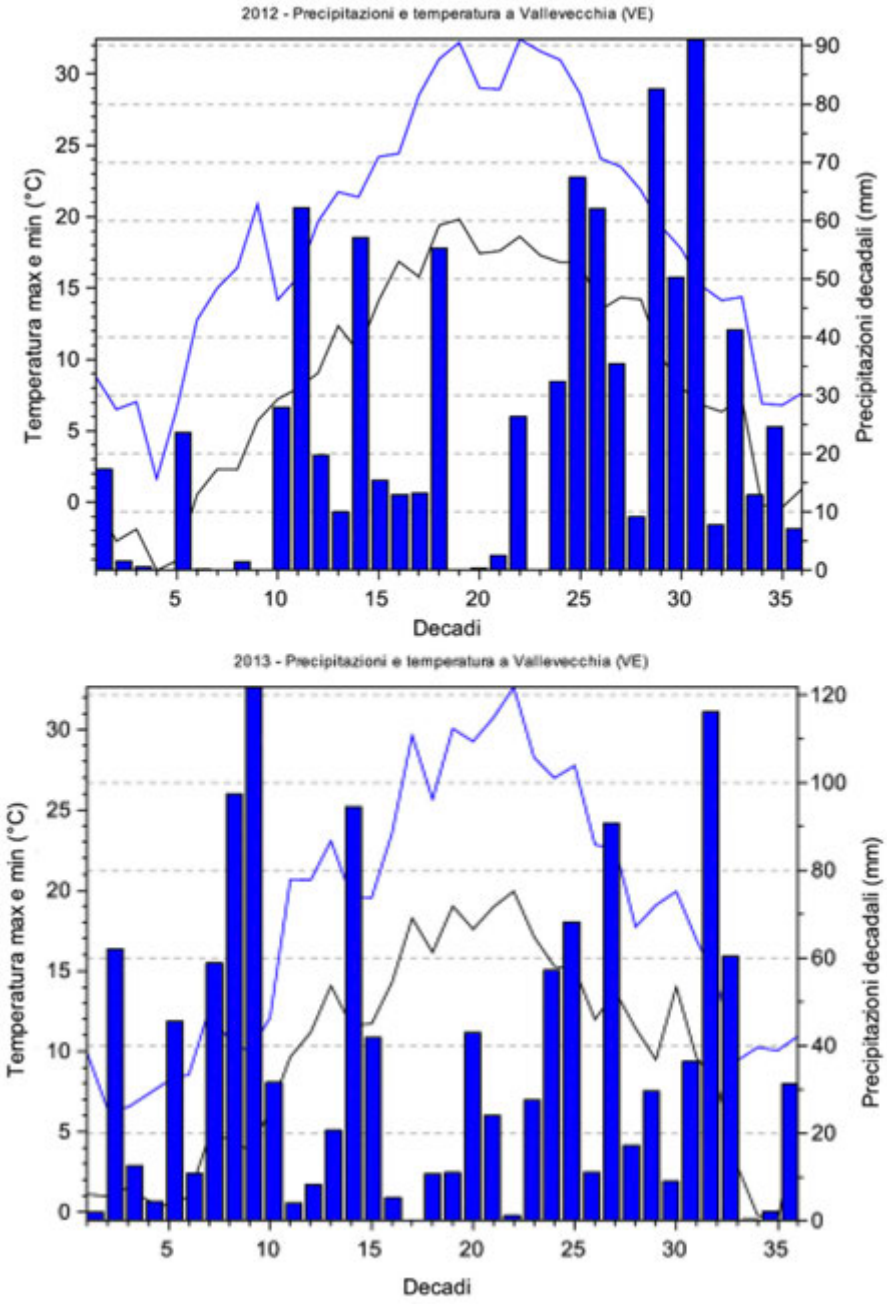


Figura 27. Andamento climatico decadale.

Siti di monitoraggio e pratiche colturali

Nell'anno 2013, su un terreno precedentemente coltivato a mais sono state allestite due parcelle per le tesi F e CF, rispettivamente di 3206 e 2902 m^2. In entrambe le parcelle è stata seminata una coltura di mais (Ibrido PR31-Y43, CL 700).

Su una delle due parcelle, denominata "Fattuale" (F) in relazione alla norma "Lavorazioni in tempera", è stata effettuata una lavorazione principale (aratura a 35 cm) in data 24 ottobre 2012 con terreno in tempera. Nell'altra parcella, destinata al trattamento "Controfattuale" (CF) la sola differenza rispetto alla precedente è stata la modalità di esecuzione della lavorazione principale, effettuata in condizioni di fuori-tempera per eccesso di umidità del suolo: aratura eseguita in data 20 novembre 2012. Per entrambe le tesi, la preparazione del letto di semina è stata effettuata 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 è stata effettuata 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 effettuata in modo localizzato con spandiconcime (Aero 2012 Khun) in data 17 giugno con 300 kg ha^{-1} di Urea. È stato effettuato un unico trattamento diserbante in post-emergenza contro infestanti monocotiledoni e dicotiledoni in data 28 maggio con una miscela di diserbanti: Ghibli 0.8 L ha^{-1}, Mondac 21-6 0.5 L ha^{-1}, Callisto 0.5 L ha^{-1}.

Sulla scorta delle informazioni di un modello previsionale è stata individuata la necessità di effettuare un intervento di controllo della piralide (*Ostrinia nubilalis*) mediante un trattamento insetticida insetticida piretroide (29 luglio, Karate 0.25 L ha^{-1}).

Alla maturazione si è proceduto alla raccolta (3 ottobre) di 3 sub-parcelle di 5 m^2 individuate casualmente per la determinazione della resa di granella (t ha^{-1} al 15.5% di umidità) e dei parametri produttivi previsti dal protocollo sperimentale.

Rilievi, campionamenti e analisi di laboratorio

Nell'annata agraria 2013 sono stati rilevati il numero di piante all'emergenza. I parametri produttivi rilevati hanno riguardato la produzione di granella, il peso ettolitrico (kg) e l'umidità della granella.

Il giorno dopo la raccolta (04-10-2013) sono stati effettuati i campionamenti di suolo alla profondità di 30 cm. I campioni di terreno sono stati conservati congelati ad una temperatura di -18°C e successivamente inviati alla unità operativa CREA-RPS di Roma. In data 8-5-2013, in entrambe le tesi e su 3 postazioni a parcella, è stato rilevato l'Indice di tortuosità del suolo con il metodo della catenella; per ogni postazione sono state effettuate 10 determinazioni sia nel senso

della lavorazione principale che trasversalmente. Lo stesso rilievo è stato ripetuto nell'annata agraria 2014 (dopo la semina della soia) mantenendo le stesse tesi (F e CF) sulle medesime porzioni di appezzamento. Per lo studio dei parametri idrologici del suolo, in data 05-05-2014 sono stati prelevati 6 campioni (3 per tesi) di suolo indisturbato per mezzo di campionatori cilindrici in acciaio con bordo tagliente nello strato superficiale (tra 20 e 30 cm di profondità).

Tale campionamento è avvenuto successivamente alle lavorazioni in tempera e non in tempera per il 2° anno consecutivo. Le due date di aratura rispettivamente in tempera e non in tempera sono: 20-11-2013 e 24-01-2014.

Elaborazione statistica dei risultati

Su tutti i dati è stata eseguita l'ANOVA a una o due vie, utilizzando il software Statistica (versioni varie, StatSoft Italia srl), mentre per la separazione delle medie è stato utilizzato il test della Minima Differenza Significativa (LSD) a $p<0.05$.

Risultati

Per quanto riguarda il contenuto idrico del suolo al momento delle arature sui trattamenti "Fattuale" e "Controfattuale", i dati sono riportati nella Tabella 9.

Per le parcelle del CREA-AAM le lavorazioni del trattamento controfattuale nelle tre annate sono state eseguite tutte fuori tempera, cioè al di sopra dell'UTL. Nel trattamento fattuale nel 2012 e 2014 la lavorazione è stata eseguita al di sopra dell'UTL, quindi fuori tempera, nel 2013 ad un contenuto idrico medio di poco inferiore all'Optimum Tillage Limit (0.38 contro 0.41 m^3 m^{-3}). Nelle parcelle del CREA-ABP di Fagna le lavorazioni dei due trattamenti sono state effettuate a contenuti idrici volumetrici inferiori all'Optimum Tillage Limit. Per il trattamento fattuale la lavorazione è stata pertanto eseguita in condizioni di "tempera asciutta". La lavorazione fuori tempera dell'Azienda di Vicarello è stata eseguita ad un contenuto idrico medio superiore all'Upper Tillage Limit (0.34 contro 0.30 m^3 m^{-3}), la lavorazione in tempera a valori inferiori all'Optimum Tillage Limit, quindi in condizioni di "tempera asciutta" anche in questo caso. Nelle parcelle del CREA-FLC le lavorazioni del trattamento controfattuale sono state effettuate a contenuti idrici volumetrici superiori all'Upper Tillage Limit, quindi effettivamente fuori tempera. Le lavorazioni del trattamento fattuale sono state eseguite a contenuti idrici inferiori all'Optimum Tillage Limit, quindi in condizioni di "tempera asciutta". Nelle parcelle del CREA-CER e CREA-RPS tutte le lavorazioni dei due trattamenti sono state eseguite a contenuti idrici volumetrici inferiori all'OTL. Vale anche in questo caso la considerazione che per il trattamento fattuale la lavorazione è stata eseguita in condizioni di "tempera asciutta". Nelle parcelle del CREA-SCA di Foggia le lavorazioni del trattamento controfattuale sono state effettivamente eseguite fuori tempera, cioè a contenuti idrici volumetrici superiori all'Upper Tillage Limit (UTL). Da notare che la parcella fattuale nel 2012 è stata arata in condizioni di fuori tempera, nel 2011 al valore di 0.30 m^3 m^{-3} molto prossimo all'OTL.

Nelle parcelle di Veneto Agricoltura nel 2013 la lavorazione nel trattamento controfattuale è stata effettuata con una umidità superiore all'Upper Tillage Limit, quindi fuori tempera. Nel trattamento fattuale l'umidità al momento dell'aratura era uguale all'Upper Tillage Limit.

Tabella 9. Principali caratteristiche del suolo, contenuti idrici di riferimento e all'aratura.

Sito	Classificazione e Tessitura USDA	Parcella/anno	Sabbia limo argilla %	Bulk density g cm^{-3}	Packing density g cm^{-3}	Classe di Packing density	Tessitura FAO	Suscettibilità alla compattazione	θ OTL m^3 m^{-3}	θ UTL m^3 m^{-3}	θ aratura m^3 m^{-3}	Note aratura
CREA-AAM	Typic fluvaquents FA	F 2012	43.2 25.6 31.2	1.24	1.52	Media	Media	Moderata	0.38	0.41	0.45	>UTL
		CF 2012		1.31	1.59				0.41	0.44	0.48	>UTL
		F 2013		1.28	1.56				0.41	0.46	0.38	<OTL
		CF 2013		1.42	1.70				0.42	0.47	0.52	>UTL
		F 2014		1.40	1.68				0.36	0.41	0.46	>UTL
		CF 2014		1.30	1.58				0.39	0.44	0.48	>UTL
CREA-ABP Fagna	Typic udorthent fine, vermiculitic, calcareous, mesic A	F 2011-2012	5.5 50.1 44.4	1.16	1.56	Media	Fine	Bassa	0.37	0.41	0.15	<OTL
		CF 2011-2012		1.22	1.62				0.41	0.47	0.33	<OTL
CREA-ABP Vicarello	Vertic haploxerept AL	F 2011-2012	20.4 37.6 42.0	1.61	1.99	Alta	Fine	Bassa	0.21	0.25	0.19	<OTL
		CF 2011-2012		1.43	1.81				0.26	0.30	0.34	>UTL
CREA-CER	Chromic calcixerert FA	F 2011	19.1 43.3 37.6	1.21	1.55	Media	Fine	Bassa	0.46	0.49	0.29	<OTL
		CF 2011		1.21	1.55				0.49	0.52	0.38	<OTL
		F 2012		1.39	1.73				0.43	0.46	0.35	<OTL
		CF 2012		1.37	1.71				0.44	0.47	0.43	<OTL
CREA-FLC	Typic haplustalf coarse-loamy, mixed, mesic FS	F 2012	64.1 23.9 12.0	1.22	1.33	Media	Media	Moderata	0.25	0.29	0.19	<OTL
		CF 2012		1.57	1.68				0.23	0.27	0.32	>UTL
		F 2013		1.36	1.47				0.25	0.29	0.21	<OTL
		CF 2013		1.70	1.81				0.23	0.27	0.31	>UTL
CREA-RPS	Typic argixeroll F/FL	F 2012	32.9 46.2 20.9	1.24	1.43	Bassa	Media	Elevata	0.40	0.44	0.36	<OTL
		CF 2012		1.13	1.32				0.40	0.43	0.38	<OTL
		F 2013		1.08	1.27				0.40	0.44	0.34	<OTL
		CF 2013		0.98	1.17				0.40	0.43	0.36	<OTL
CREA-SCA	Chromic haploxerert fine, mesic A	F 2011	19.5 31.1 49.4	1.14	1.58	Media	Fine	Bassa	0.32	0.34	0.30	<OTL
		CF 2011		1.34	1.78				0.29	0.34	0.45	>UTL
		F 2012		1.04	1.48				0.17	0.22	0.34	>UTL
		CF 2012		1.07	1.51				0.22	0.26	0.36	>UTL
CREA-SSC	Typic epiaquerts A	CF 2011 (t0)	19 39 42	1.28	1.66	Media	Fine	Bassa	0.56	0.63	-	-
		CF (2012) (t1)		1.32	1.70				0.51	0.57	-	-
Veneto Agricoltura	Fluvaquentic Eutrudept, fine-silty, carbonatic, mesic L	CF 2013-2014	18.1 51.4 30.5	1.32	1.59	Media	Media	Moderata	0.24	0.28	0.33	>UTL
		F 2013-2014		1.30	1.57				0.22	0.26	0.26	=UTL

Relativamente alla massa volumica apparente i risultati finora disponibili sono riportati nella Tabella 10.

Tabella 10. Valori di massa volumica apparente delle parcelle fattuali e controfattuali.

Sito	Parcella/anno	BD t m^{-3}	Sito	Parcella/anno	BD t m^{-3}
CREA-AAM	F 2011	1.24	CREA-FLC	F 2012	1.22
	CF 2011	1.31		CF 2012	1.57
	F 2012	1.28		F 2013	1.36
	CF 2012	1.42		CF 2013	1.70
F = 1.26 ns	CF = 1.36 ns	-7.9 %	F = 1.29 a	CF = 1.64 b	-26.4 %
CREA-ABP Fagna	F 2011	1.16	CREA-RPS	F 2012	1.24
	CF 2012	-		CF 2012	1.13
	F 2012	1.22		F 2013	1.08
	CF 2013	1.22		CF 2013	0.98
F = 1.20 ns	CF = 1.22 ns	-1.3 %	F = 1.16 ns	CF = 1.05 ns	+ 9.5 %
CREA-ABP Vicarello	F 2011 (t0)	1.37	CREA-CER	F 2012	1.21
	CF 2011 (t0)	1.37		CF 2012	1.21
	F 2012	1.61		F 2012	1.39
	CF 2012	1.43		CF 2012	1.37
F = 1.49 b	CF = 1.40 a	+6.4 %	F = 1.30 ns	CF = 1.29 ns	+0.8 %
CREA-SCA	F 2011	1.14	Veneto Agricoltura	F 2013-2014	1.30
	CF 2011	1.34			
	F 2012	1.04		CF 2013-2014	1.32
	CF 2012	1.07			
F = 1.09 a	CF = 1.21 b	-11.0 %	F = 1.30	CF = 1.32	-1.5 %

Sono state riscontrate differenze statisticamente significative ($p<0.05$) soltanto per i valori di massa volumica apparente delle parcelle di CREA-FLC con tessitura franco-sabbiosa e CREA-SCA con tessitura argillosa, con valori rispettivamente inferiori del 26.4% e dell'11.0% nel trattamento fattuale rispetto al controfattuale. Valori inferiori ma non significativi sono stati rilevati anche nel trattamento fattuale rispetto al controfattuale delle parcelle del CREA-AAM con tessitura franco-argillosa (-7.9%). Nelle parcelle del CREA-CER, CREA-RPS e Veneto Agricoltura la massa volumica apparente non ha mostrato differenze significative tra le due tesi. Inoltre, i valori del secondo campionamento di CREA-RPS (1.03) sono significativamente inferiori ($p<0.05$) a quelli del primo campionamento (1.18) come media dei due trattamenti.

I dati delle parcelle del CREA-ABP (Fagna) non sono statisticamente differenti, ma non sono confrontabili perché i prelevamenti dei campioni sul fattuale e controfattuale non sono stati eseguiti in date contemporanee, anche per l'impossibilità di eseguire le lavorazioni in tempera nel 2013. Per le parcelle del CREA-ABP di Vicarello la densità apparente del trattamento fattuale è

significativamente differente ma superiore rispetto a quella del trattamento controfattuale, con una differenza percentuale pari a +6.4%.

Sono stati poi calcolati la Packing density, la classe di Packing density e la suscettibilità alla compattazione (Tabella 9), con la procedura proposta da Jones *et al*. (2003). L'equazione utilizzata è la seguente:

$$PD = BD + 0.009\ C \qquad \text{(eq. 5)}$$

dove BD è la massa volumica apparente in g cm^{-3}, PD è la packing density in g cm^{-3}, C il contenuto di argilla in %. I valori di PD sono suddivisi in tre classi: bassa <1.40, media 1.40-1.75 e alta >1.75 g cm^{-3}. I suoli con PD alta generalmente non sono molto suscettibili alla compattazione, mentre quelli con PD media e bassa sono vulnerabili se a contenuti idrici elevati è associato l'impiego non adeguato di macchine agricole. Incrociando la classe di tessitura utilizzata nel sistema di classificazione dei suoli FAO con i valori di PD, è stata ricavata la suscettibilità intrinseca alla compattazione (Tabella 9). Dai dati finora disponibili risulta che i suoli con PD media o alta e tessitura fine hanno una bassa suscettibilità alla compattazione, nel caso specifico i suoli di ABP, CER, SCA ed SCC, che hanno tutti valori di argilla compresi tra il 35 e il 60 %. I suoli con PD media e tessitura media, che si riferiscono alle aziende di AAM, FLC e Veneto Agricoltura, con valori di argilla <35% e contenuti di sabbia >15%, hanno una suscettibilità moderata alla compattazione.

Infine, i suoli di RPS, anch'essi con valori di argilla <35% e contenuti di sabbia >15%, avendo mediamente una PD bassa e una tessitura media, hanno una suscettibilità elevata alla compattazione e, quindi, alla degradazione della struttura del suolo. I dati per l'indice di tortuosità sono riportati nella Tabella 11.

Tabella 11. Valori dell'indice di tortuosità del trattamento controfattuale e fattuale.

Tesi	CREA-AAM		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.218	1.249	1.233 b
F	1.159	1.179	1.169 a
F *vs* CF (%)	-5,1	-5,9	-5,5
Tesi	CREA-ABP Fagna		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.016 b	1.019	1.017 b
F	1.010 a	1.008	1.009 a
F *vs* CF (%)	-0,6	-1,1	-0,8
Tesi	CREA-ABP Vicarello		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.041 b	1.028	1.034 b
F	1.015 a	1.013	1.013 a
F *vs* CF (%)	-2,6	-1,5	-2,1
Tesi	CREA-CER		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.124 b	1.081 ns	1.102 b
F	1.061 a	1.068 ns	1.065 a
F *vs* CF (%)	-5,9	-1,2	-3,5
Tesi	CREA-FLC		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.081 a	1.093 b	1.087 b
F	1.055 c	1.090 ab	1.072 a
F *vs* CF (%)	-2,5	-0,3	-1,4
Tesi	CREA-RPS		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.151 b	1.188 b	1.169 b
F	1.059 a	1.077 a	1.068 a
F *vs* CF (%)	-8,6	-10,4	-9,5
Tesi	CREA-SCA		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.091	1.072	1.081
F	1.082	1.085	1.084
F *vs* CF (%)	-0,8	+1,2	+0,3
Tesi	CREA-SSC		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.045	1.061	1.053
F	1.051	1.052	1.052
F *vs* CF (%)	+0,6	-0,9	-0,1

Tesi	Veneto Agricoltura		
	Longitudinale	Trasversale	Medio
CF	1.071	1.097	1.084
F	1.074	1.092	1.083
Media	1.072 a	1.094 b	
F *vs* CF (%)	0,3	-0,5	-0,1

Per le parcelle del CREA-AAM l'indice di tortuosità **è stato significativamente inferiore nel trattamento fattuale** (-5.5%), ma non ci sono state differenze significative in senso longitudinale e trasversale all'aratura.

Per le parcelle del CREA-ABP, l'analisi della varianza ha evidenziato, sia nell'azienda di Fagna sia nell'azienda Santa Elisabetta, **una maggiore rugosità superficiale (statisticamente significativa) nelle parcelle lavorate fuori tempera rispetto a quelle lavorate in tempera**, con una differenza media percentuale tra trattamento fattuale e controfattuale pari a -0.8 e del -2.1% rispettivamente. L'indice è inoltre significativo soltanto in senso longitudinale alla lavorazione in entrambe le aziende di monitoraggio.

Per le parcelle del CREA-CER l'indice di tortuosità **è significativo nel verso longitudinale all'aratura**, essendo molto più basso (-5,9%) nella tesi fattuale rispetto alla tesi CF, mentre risulta non significativo nel senso trasversale all'aratura; come valore medio è significativamente più basso nella tesi fattuale (-3,5%) rispetto alla tesi controfattuale.

Per le parcelle del CREA-FLC l'indice di tortuosità è stato significativamente inferiore nel trattamento fattuale **nel verso longitudinale alla lavorazione** (-2.5%), non significativo in quello trasversale (-0.3%), significativamente inferiore come valore medio (-1.4%).

Per le parcelle del CREA-RPS l'indice di tortuosità **è sempre stato significativamente inferiore nel trattamento fattuale**, sia in senso longitudinale (-8.6%) sia trasversale al verso dell'aratura (-10.4%), mediamente del -9.5%.

Per le parcelle del CREA-SCA l'indice di tortuosità **non ha mostrato differenze significative** sia come media tra le due tesi (+0.3%), sia nel senso di lavorazione (longitudinale -0.8%, trasversale +1.2%), dato che i campionamenti sono stati preceduti da abbondanti piogge autunnali ed invernali.

Per le parcelle del CREA-SSC l'indice di tortuosità **non ha mostrato differenze significative** sia come media tra le due tesi (-0.1%), sia nel senso di lavorazione (longitudinale +0.6%, trasversale -0.9%), da imputare alle piogge del periodo precedente le misure che hanno livellato la rugosità superficiale.

Per le parcelle di Veneto Agricoltura l'indice di tortuosità **non ha mostrato differenze significative come media delle due tesi** (-0.1%) e neanche tra trattamento fattuale e controfattuale in entrambi i versi della misura rispetto alla lavorazione. È comunque significativa la differenza di tortuosità tra i due versi di misurazione come media dei due trattamenti (1.072 nel senso longitudinale, 1.094 in senso trasversale alla lavorazione).

Risultati produttivi e qualitativi

CREA-AAM

Nel primo anno (2012) nelle due parcelle è stato seminato il frumento, nel secondo (2013) il trifoglio alessandrino (Tabella 12). Non è pertanto possibile verificare l'effetto dell'annata agraria sulle lavorazioni e quindi si riportano i dati separati per le due colture e i due anni. Per il frumento tutti i parametri sono significativamente differenti, con differenze tra trattamento fattuale e controfattuale pari a +51% per la resa di granella, +34.6% per il n° di piante all'emergenza, -48.0% per la percentuale di infestanti totali.

Per il trifoglio il trattamento fattuale è stato fortemente penalizzato per motivi legati alla bassa emergenza (-54.6% e statisticamente inferiore rispetto al trattamento controfattuale) e all'elevata presenza di infestanti, quindi non si possono trarre conclusioni.

Tabella 12. Rese, emergenze ed infestanti delle parcelle di monitoraggio del CREA-AAM.

Anno	Coltura	Tesi	Granella SS (t ha^{-1})		Emergenza (n° piante/m^2)		Infestanti totali ((%)	
			MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS
2012	Frumento	F	6.06	1.19	367	65	50	9
2012	Frumento	CF	2.97	0.06	240	42	74	7
p value Anova			0.011		0.046		0.018	
F-CF %			51.0		34.6		-48.0	
Anno	Coltura	Tesi	Fieno SS (t ha^{-1})		Emergenza (n° piante/m^2)		Infestanti totali ((%)	
			MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS
2013	Trifoglio	F	0.00	-	262	31	98	2
2013	Trifoglio	CF	0.54	0.13	405	42	90	4
p value Anova			0.002		0.009		0.051	
F-CF %					-54.6		8.2	

CREA-ABP

Dalla Tabella 13 si nota una maggiore produzione ed un maggior peso ettolitrico del frumento nelle tesi fattuali (lavorazione in tempera) rispetto alle contro-fattuali (lavorazione fuori tempera), sia a Fagna (+33.7% per le rese) che nell'azienda di Vicarello (+28.6% sempre per le rese). Questi risultati fanno ritenere che la lavorazione del suolo fuori tempera determini un danno all'ambiente edafico che si ripercuote in una diminuzione soprattutto quantitativa delle produzioni.

Tabella 13. Dimensioni dei siti di monitoraggio, produzioni (2012) e peso ettolitrico delle parcelle del CREA-ABP.

Azienda di monitoraggio	Tesi	m^2	t ha^{-1}	kg hl^{-1}
Fagna	Aratura fuori tempera (CF)	4605	4.343	81.19
	Aratura in tempera (F)	6874	6.546	82.08
	F-CF %		33.7	1.1
Vicarello	Aratura fuori tempera (CF)	5259	1.274	74.88
	Aratura in tempera (F)	4036	1.784	78.54
	F-CF %		28.6	4.7

CREA-CER

I dati del biennio di monitoraggio sono riassunti nella Tabella 14. L'analisi della varianza ha evidenziato, come era da attendersi, un effetto significativo della stagione colturale (anno) su tutti i parametri analizzati, eccetto l'Harvest Index. Riguardo alle due tesi a confronto, solo la resa di granella, il peso di 1000 semi, l'altezza della pianta e l'indice di giallo della semola sono risultati significativamente differenti. Nella media del biennio, la tesi fattuale (F) ha mostrato un risultato più positivo nella resa di granella (circa 16%) e nei parametri proteine e glutine delle cariossidi (circa 2%) rispetto alla tesi controfattuale (CF), evidenziando che già due anni di aratura eseguiti in condizioni di umidità diverse dalla situazione ottimale sembrano sufficienti per ridurre la potenzialità produttiva del terreno.

Tabella 14. Parametri produttivi e qualitativi delle parcelle di monitoraggio del CREA-CER.

Anno	Coltura	Tesi	Resa di granella	Peso 1000 semi	Peso ettolitrico	Proteine	Glutine	Piante all'emergenza	HI	Altezza pianta	Piante fertili	Proteine semola	Indice di giallo semola	SDS semola
			(t/ha)	(g)	(kg)	(% s.s.)	(% s.s.)	(n./m^2)		(cm)	(n./m^2)	(% s.s.)		(mm)
2012	Frumento	**CF**	2.75	44.2	85.7	13.4	10.1	243	37.4	65	251			
2012	Frumento	F	2.51	43.9	85.3	13.5	10.1	206	41.5	67	211			
2013	Frumento	**CF**	3.22	54.7	84.1	12.2	8.6	285	41.9	71	300	10.8	20.0	27.3
2013	Frumento	F	4.65	50.3	84.3	12.7	9.0	337	41.8	75	351	11.3	21.7	29.3
Media		**CF**	2.99 b	49.5 a	84.9	12.8	9.4	264	39.6	68 b	276	10.8	20.0 b	27.3
Media		F	3.58 a	47.1 b	84.8	13.1	9.5	272	41.7	71 a	281	11.3	21.7 a	29.3
Anno		*p value*	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	n.s.	0.000	0.002			
Tesi		***p value***	**0.002**	**0.004**	**n.s.**	**n.s.**	**n.s.**	**n.s.**	**n.s.**	**0.045**	**n.s.**	**n.s.**	**0.006**	**n.s.**
Anno x Tesi		*p value*	0.001	0.010	n.s.	n.s.	n.s.	0.047	n.s.	n.s.	n.s.			
FATTUALE (F) VERSO CONFRONTOFATTUALE (CF)														
2012		F vs CF (%)	-9.6	-0.8	-0.4	0.7	-0.7	-18.0	10.0	2.5	-18.9			
2013		F vs CF (%)	30.7	-8.9	0.3	3.7	4.8	15.5	-0.2	5.3	14.6	4.0	7.8	6.8
Media		F vs CF (%)	16.5	-5.1	-0.1	2.2	1.9	2.8	4.9	4.2	2.0			

CREA-FLC

I dati dei due anni di prova sono riassunti nella Tabella 15. L'effetto dell'anno è stato significativo su tutti i parametri esaminati, a causa dell'eccessiva piovosità dei mesi invernali e primaverili dell'annata 2013, ad esclusione della resa di paglia e della percentuale delle infestanti.

Considerando invece le due tesi a confronto, la resa di paglia ed il peso ettolitrico non hanno mostrato differenze significative. Come media dei due anni e tra i parametri con differenze significative, la tesi fattuale ha mostrato valori più elevati della resa di granella (+14.5%), dell'harvest index (+7.7%), del peso di 1000 semi (+1.6%) e delle piante all'emergenza (+19.3%).

Tabella 15. Parametri produttivi e qualitativi delle parcelle di monitoraggio del CREA-FLC.

Anno	Coltura	Tesi	Resa granella SS	Resa paglia SS	HI	Peso 1000 semi	Peso ettolitrico	Piante all'emergenza	Infestanti (%)	
			(t/ha)	(t/ha)		(g)	(kg)	(n./m^2)	mono	dico
2012	Frumento	**CF**	7.37	5.60	0.57	38.8	73.9	306	1.0	2.3
2012	Frumento	F	8.75	5.00	0.64	39.3	75.6	384	1.0	1.0
2013	Frumento	**WP7**	3.02	4.75	0.39	35.0	52.0	264	1.0	5.3
2013	Frumento	F	3.41	5.00	0.41	35.7	52.1	321	0.7	3.7
Media		**CF**	5.20 a	5.00	0.48 a	36.9 a	63.0	285 a	1.0	3.8
Media		F	6.08 b	5.18	0.52 b	37.5 b	63.9	353 b	0.8	2.3
Anno		*p value*	0.000	0.253	0.000	0.000	0.000	0.020	0.347	0.075
Tesi		***p value***	**0.003**	**0.621**	**0.021**	**0.048**	**0.155**	**0.006**	**0.347**	**0.310**
Anno x Tesi		*p value*	0.042	0.253	0.123	0.747	0.219	0.584	0.347	0.907
FATTUALE (F) VERSO CONFRONTOFATTUALE (CF)										
2012		F vs CF (%)	15.8	-12.0	10.7	1.3	2.2	20.3	0.0	-130.0
2013		F vs CF (%)	11.4	5.0	4.1	2.0	0.2	17.8	-42.9	-43.2
Media		F vs CF (%)	14.5	3.5	7.7	1.6	1.4	19.3	-25.0	-65.2

CREA-RPS

I risultati del monitoraggio dei parametri produttivi e qualitativi dell'annata 2012-2013 sono riportati nella Tabella 16. Nessuno dei parametri rilevati è stato significativamente differente, esclusa la percentuale di infestanti monocotiledoni, maggiore sul trattamento fattuale. Si resta in attesa dei risultati del secondo anno di prove, per verificare soprattutto l'eventuale influenza dell'andamento climatico dell'annata 2013-2014 (caratterizzato da una piovosità molto superiore alla media) su questo tipo di parametri.

Tabella 16. Parametri produttivi e qualitativi delle parcelle di monitoraggio del CREA-RPS.

Tesi	Emergenze ($n°/m^2$)	Culmi ($n°/m^2$)	Resa granella t.q. (t/ha)	Resa paglia e pula (t/ha)	Umidità Granella (%)	Resa granella al 13% (t/ha)	HI (%)	Peso ettol (kg)	Peso 1000 semi al 13% (g)	Proteine (%)	Infestanti mono (%)	Infestanti dico (%)	Infestanti totali (%)	Classe Braun-Blanquet
CF	201	267	3.50	6.12	11.43	3.56	0.36	76.9	52.94	10.71	0.1a	11.5	11.6	2
F	231	304	2.83	6.16	10.83	2.90	0.31	71.0	50.71	11.93	2.2b	12.7	14.8	2
F-CF %	13.0	12.2	-23.7	0.6	-5.5	-22.8	-16.1	-8.3	-4.4	10.2	95.5	9.4	21.6	-

Per il CREA-RPS sono disponibili anche i risultati produttivi di un biennio di prove (2008-2009 e 2009-2010) eseguite nell'ambito del Progetto EFFICOND, finanziato dal CRA e dal MiPAAF, che si riassumono di seguito (Neri et al., 2011). Il disegno sperimentale ha previsto la realizzazione di 4 parcelle (15 x 270 m) disposte con il lato maggiore secondo la linea di massima pendenza, su cui sono state effettuate arature a rittochino a due diverse profondità (20 cm e 40 cm) e in due epoche autunnali caratterizzate entrambe da eccessiva umidità del suolo rispetto allo stato ottimale di tempera (FT alta e FT media). Nel primo anno di prova, è stata inoltre predisposta una parcella alla quale è stato attribuito il significato sperimentale di "Controllo" (CTR1), sulla quale è stata effettuata l'aratura a rittochino a 40 cm, in agosto su terreno secco, con umidità tendenzialmente prossima al punto di appassimento. Nel secondo anno di prova è stata aggiunta un'ulteriore parcella per l'aratura in agosto ma alla profondita di 20 cm (CTR2). Queste tesi di lavorazione estiva rispecchiano la prassi consolidata nella zona per sfuggire al rischio di "arrabbiaticcio" in cui si può incorrere con lavorazioni effettuate a seguito delle prime piogge di fine estate e per ottenere un miglior affinamento del letto di semina dei cereali vernini con l'ausilio degli agenti atmosferici. Ogni parcella è stata suddivisa in tre sub-parcelle secondo tre posizioni altimetriche (fascia Alta, Media e Bassa) al fine di verificare eventuali riduzioni produttive a seguito di fenomeni erosivi indotti dalle arature fuori tempera.

Sono stati effettuati rilievi fotografici per la stima della qualità del letto di semina e dei fenomeni erosivi, rilevi fotografici e manuali per valutare le emergenze, rilievi delle infestanti alla fase di fine accestimento del cereale e rilievi sulla quantità della granella prodotta. Tutti i dati rilevati sono stati sottoposti ad analisi della varianza. La separazione delle medie è stata effettuata con il test sequenziale di Duncan.

Nel primo anno di prova 2008/09 (I) le condizioni meteo al momento delle arature hanno permesso il realizzarsi di condizioni di umidità del terreno maggiormente differenziate rispetto al secondo anno (Tabella 17), i cui effetti si sono manifestati nella difficoltà di realizzazione di letti di semina ottimali e delle successive operazioni di semina per una eccessiva plasticità e tenacità delle zolle. Sempre nel primo anno, l'eccezionale piovosità invernale (250 mm più elevata rispetto al valore medio) ha provocato pesanti fenomeni erosivi accentuando gli effetti delle lavorazioni in modo più marcato che nel secondo anno. Nella prima annualità, infatti, l'aratura estiva ha influenzato positivamente sia l'emergenza che il raccolto finale con una significativa riduzione della flora infestante. Il secondo anno di prova 2009/10 (II) pur confermando gli incrementi produttivi indotti delle arature estive, non ha evidenziato effetti nel contenimento delle infestanti. Ulteriori effetti su produzione ed infestazione sono stati rilevati a carico della profondità di lavorazione (Tabella 17).

Tabella 17. Dati medi di umidità del terreno, infestanti e produzione nei due anni di prova.

	Umidità suolo (% peso secco)		**Emergenza (piante m^{-2})**		**Infestanti Monocotiledoni (g SS m^{-2})**		**Infestanti Dicotiledoni (g SS m^{-2})**		**Produzione granella (t ha^{-1})**	
Tesi/anno	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
CTR1, 40 cm	12.00a	18.44a	259a	228bc	19.08a	19.50a	11.76a	25.12a	3.27c	2.61c
CTR2, 20 cm	–	21.45a	–	235c	–	31.20a	–	15.10ab	–	2.45bc
FT alta, 40 cm	41.18d	35.03b	153b	194a	19.92a	26.81a	21.30a	6.61b	1.91a	1.65ab
FT alta, 20 cm	37.18bc	30.11b	154b	202ab	12.33a	25.83a	34.07b	4.47b	2.71bc	2.23bc
FT media, 40 cm	37.74 c	32.63b	178b	177c	28.50a	55.25b	32.50b	2.19b	2.05ab	1.35a
FT media, 20 cm	34.03 b	33.94b	175b	187c	76.95b	29.36a	30.10b	8.72b	2.27ab	1.76ab

Medie contraddistinte da lettere diverse risultano significative al test di Duncan ($p<0.05$).

I risultati hanno evidenziato che suoli ad elevata componente limosa come quelli dell'Azienda del CREA-RPS di Tor Mancina, con lavorazione autunnale in condizioni di umidità

superiori alla tempera, hanno provocato zollosità tenace con conseguenti letti di semina inadeguati, ritardo e riduzione delle emergenze e dello sviluppo della coltura. Oltre alla notevole presenza di infestanti, è risultata evidente l'incidenza dei fenomeni erosivi. La lavorazione estiva su terreno secco, a fronte del maggiore sforzo degli organi lavoranti, ha prodotto migliori letti di semina per l'opera di affinamento del terreno da parte degli agenti atmosferici nel periodo intercorrente tra la lavorazione principale e la semina. L'effetto positivo si è riscontrato dalle prime fasi di sviluppo al termine del ciclo colturale. Le lavorazioni superficiali (20 cm) su terreno umido hanno dato produzioni tendenzialmente maggiori rispetto alle lavorazioni profonde.

CREA-SCA

Nel primo anno, nella parcella controfattuale è stato seminato il cece, nel fattuale il frumento. È stato pertanto confrontato il cece dello standard "avvicendamento" (trattamento fattuale arato in tempera) con il cece dello Standard 3.1 (trattamento controfattuale arato fuori tempera). Nel secondo anno è stato confrontato il frumento su entrambi i trattamenti. I risultati sono riportati nella Tabella 18.

Nel primo anno la resa del cece è stata significativamente maggiore nel trattamento fattuale ($p<0.001$), con una differenza del 49.7% tra i trattamenti; l'harvest index HI è stato significativamente differente nella tesi fattuale ($p<0.05$) con una differenza del 7.6%. Il peso di 1000 semi non ha mostrato differenze significative. Nel secondo anno non ci sono state differenze significative sul frumento relativamente ai parametri resa, HI e proteine, mentre sono stati statisticamente differenti il peso ettolitrico e il peso di 1000 semi, rispettivamente a $p<0.05$ e $p<0.001$, con valori inferiori nel trattamento fattuale. Una valutazione più approfondita sarà possibile quando saranno disponibili i risultati della terza annata, tuttora in corso.

Tabella 18. Parametri produttivi e qualitativi delle parcelle di monitoraggio del CREA-SCA.

Anno	Coltura	Tesi	Resa al 14% um. (t ha^{-1})		HI		Peso 1000 semi (g)	
			MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS
2012	cece	F	2.21	0.11	0.68	0.02	308.75	10.47
2012	cece	CF	1.11	0.16	0.63	0.02	297.53	6.38
			***		*		ns	
		F-CF %	49.7		7.6		3.6	

Anno	Coltura	Tesi	Resa al 13% um. (t ha-1)		HI		Peso ettolitrico (kg)		Peso 1000 semi (g)		Proteine (%)	
			MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS	MEDIA	DS
2013	frumento	F	5.74	1.65	0.26	0.07	81.83	0.30	37.80	0.05	15.80	0.72
2013	frumento	CF	5.51	0.16	0.27	0.01	83.40	0.10	41.43	0.05	14.77	0.05
			ns		ns		*		***		ns	
		F-CF %	4.0		-4.1		-1.9		-9.6		6.5	

*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

CREA-SSC

I dati del biennio di monitoraggio sono riassunti nella Tabella 19. I risultati dell'ANOVA indicano che l'effetto dell'annata è stato significativo su quasi tutti i parametri, come conseguenza del diverso andamento termo-pluviometrico, ad esclusione del coefficiente di accestimento e del N° di culmi e spighe. Considerando le due tesi a confronto, soltanto la resa di granella ed il peso dei residui sono risultati significativamente differenti, con una differenza a favore del trattamento fattuale per la resa di granella (+12.4%), mentre il peso dei residui è stato inferiore (-12.2%).

Tabella 19. Parametri produttivi e qualitativi delle parcelle di monitoraggio del CREA-SSC.

Anno	Coltura	Tesi	Resa granella al 13 %	Peso residui t.q.	HI	Altezza	Coefficiente di accestimento	Culmi	Spighe	Peso ettolitrico	Peso 1000 semi	Proteine
			(t/ha)	(t/ha)		(cm)		N°	N°	(kg)	(g)	(%)
2012	Frumento	**CF**	7.19	8.31	0.45	90.6	2.5	34.3	29.7	81.3	43.8	11.2
2012	Frumento	F	7.09	8.14	0.45	92.2	2.1	37.7	33.3	81.8	47.2	11.7
2013	Frumento	**CF**	3.93	7.54	0.39	70.0	2.5	31.7	29.3	79.9	37.6	9.2
2013	Frumento	F	5.60	5.97	0.41	73.3	2.2	33.0	34.7	78.8	40.1	9.9
Media		**CF**	5.56 a	7.92 b	0.42	80.3	2.5	33.0	29.5	80.6	40.7	10.2
Media		F	6.35 b	7.06 a	0.43	82.8	2.2	35.3	34.0	80.3	43.7	10.8
Anno		*p value*	0.000	0.001	0.008	0.000	0.850	0.256	0.873	0.000	0.002	0.006
Tesi		***p value***	**0.004**	**0.019**	**0.346**	**0.464**	**0.325**	**0.459**	**0.174**	**0.469**	**0.072**	**0.289**
Anno x Tesi		*p value*	0.002	0.046	0.306	0.804	0.795	0.747	0.789	0.055	0.773	0.795
FATTUALE (F) VERSO CONFRONTOFATTUALE (CF)												
2012		F vs CF (%)	-1.4	-2.1	0.0	1.7	-19.0	8.8	10.8	0.6	7.2	4.3
2013		F vs CF (%)	29.8	-26.3	4.9	4.5	-13.6	4.0	15.6	-1.4	6.2	7.1
Media		F vs CF (%)	12.4	-12.2	2.3	3.0	-13.6	6.5	13.2	-0.4	6.9	5.6

Veneto Agricoltura

I dati rilevati nel 2013 sulla coltura di mais, relativi a resa di granella (sostanza secca e al 15.5% di umidità), peso ettolitrico e numero di piante all'emergenza non sono stati significativamente differenti tra il trattamento fattuale e quello controfattuale (Tabella 20). Comunque, la resa di granella è stata superiore nel trattamento fattuale di circa il 9%, il peso ettolitrico del 6.4%.

Tabella 20. Parametri produttivi e qualitativi delle parcelle di monitoraggio di Veneto Agricoltura.

Anno	Coltura	Tesi	Resa di granella SS	Resa di granella al 15.5%	Peso ettolitrico	Piante all'emergenza
			(t/ha)	(t/ha)	(kg)	(n./m^2)
2013	Mais	**CF**	5.67	6.53	60.9	6.73
2013	Mais	F	6.24	7.17	65.1	6.77
Tesi		***p value***	**n.s.**	**n.s.**	**n.s.**	**n.s.**
FATTUALE (F) VERSO CONFRONTOFATTUALE (CF)						
		F vs CF (%)	9.0	8.9	6.4	0.5

Il Differenziale di competitività dello Standard 3.1 "Lavorazioni in tempera"

Per valutare il differenziale economico di competitività conseguente agli impegni di questo standard, il costo delle lavorazioni meccaniche è stato calcolato utilizzando i dati provenienti dai rilievi in campo effettuati dai responsabili e dai collaboratori delle varie Unità Operative durante lo svolgimento delle operazioni colturali. 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 unita 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. È stata considerata la coltura del frumento duro, frumento tenero e mais da granella. Per ogni tipologia di lavorazione è stato calcolato sia il valore medio del costo sia i valori ottenuti sottraendo e addizionando alla media la deviazione standard. Poiché le Unità Operative hanno monitorato siti pedologicamente differenti ed utilizzato mezzi e tecniche di lavorazione secondo le consuetudini

locali, i dati delle arature mostrano un alto valore della deviazione standard, pari rispettivamente a 126,78 € nell'aratura controfattuale ed a 92,05 € in quella fattuale. Per semplicità di calcolo il numero e il costo delle operazioni colturali che seguono l'aratura sono stati considerati identici nel fattuale e nel controfattuale di ciascuna coltura (Tabelle 21, 22 e 23).

Tabella 21. Costo totale delle lavorazioni meccaniche determinato con i valori medi.

Lavorazione meccanica	Frumento duro (€ ha^{-1} anno^{-1})		Frumento tenero (€ ha^{-1} anno^{-1})		Mais (€ ha^{-1} anno^{-1})	
	Fattuale	Contro-fattuale	Fattuale	Contro-fattuale	Fattuale	Contro-fattuale
Aratura	214,35	263,19	214,35	263,19	214,35	263,19
Erpicatura	50,08	50,08	50,08	50,08	50,08	50,08
Concimazione	6,86	6,86	6,86	6,86	6,86	6,86
Semina	39,01	39,01	39,01	39,01	39,01	39,01
Rullatura	19,32	19,32	19,32	19,32	19,32	19,32
Diserbo	7,33	7,33	7,33	7,33	7,33	7,33
Irrigazione	0,00	0,00	0,00	0,00	184,67	184,67
Mietitrebbiatura	126,64	126,64	126,64	126,64	170,98	170,98
Totale costo lavorazioni meccaniche	**463,02**	**511,86**	**463,02**	**511,86**	**692,03**	**740,87**

Tabella 22. Costo totale delle lavorazioni meccaniche determinato sottraendo alla media delle singole lavorazioni la deviazione standard.

Lavorazione meccanica	Frumento duro (€ ha^{-1} anno^{-1})		Frumento tenero (€ ha^{-1} anno^{-1})		Mais (€ ha^{-1} anno^{-1})	
	Fattuale	Contro-fattuale	Fattuale	Contro-fattuale	Fattuale	Contro-fattuale
Aratura	122,30	136,41	122,30	136,41	122,30	136,41
Erpicatura	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04	28,04
Concimazione	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Semina	24,93	24,93	24,93	24,93	24,93	24,93
Rullatura	16,02	16,02	16,02	16,02	16,02	16,02
Diserbo	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87
Irrigazione	0,00	0,00	0,00	0,00	184,67	184,67
Mietitrebbiatura	93,98	93,98	93,98	93,98	120,39	120,39
Totale costo lavorazioni meccaniche	**293,65**	**307,75**	**293,65**	**307,75**	**504,72**	**518,83**

Tabella 23. Costo totale delle lavorazioni meccaniche determinato addizionando alla media delle singole lavorazioni la deviazione standard.

Lavorazione meccanica	Frumento duro (€ ha^{-1} anno^{-1})		Frumento tenero (€ ha^{-1} anno^{-1})		Mais (€ ha^{-1} anno^{-1})	
	Fattuale	Contro-fattuale	Fattuale	Contro-fattuale	Fattuale	Contro-fattuale
Aratura	306,39	389,97	306,39	389,97	306,39	389,97
Erpicatura	72,12	72,12	72,12	72,12	72,12	72,12
Concimazione	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21	10,21
Semina	53,08	53,08	53,08	53,08	53,08	53,08
Rullatura	22,62	22,62	22,62	22,62	22,62	22,62
Diserbo	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68	8,68
Irrigazione	0,00	0,00	0,00	0,00	184,67	184,67
Mietitrebbiatura	159,29	159,29	159,29	159,29	221,58	221,58
Totale costo lavorazioni meccaniche	**632,39**	**715,97**	**632,39**	**715,97**	**879,35**	**962,92**

I dati relativi ai fattori produttivi dei cereali sono stati ricavati da pubblicazioni del Centro Ricerche Produzioni Vegetali (CRPV, 2014), mentre i valori medi dei prezzi di vendita della granella, rilevati sul mercato nazionale negli ultimi 12 mesi, sono stati acquisiti dall'Istituto di Servizi per il MErcato agricolo Alimentare (Tabella 24) (ISMEA, 2014).

Tabella 24. Prezzi medi ISMEA (ISMEA, 2014).

Prezzo medio della granella	(€ t^{-1})
Frumento duro	261,25
Frumento tenero	209,77
Mais	188,88

Le produzioni lorde vendibili del fattuale e del controfattuale corrispondono ai valori medi delle produzioni monitorate dalle varie U.O di questo Standard (Tabella 25).

Tabella 25. Produzioni monitorate dalle U.O.

Frumento duro		
U.O.	Produzione Granella Umidità 13% (t ha^{-1})	
	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità
CREA-AAM	6,85	3,36
CREA-CER	2,51	2,75
CREA-CER	4,65	3,22
CREA-RPS	2,9	3,56
CREA-SCA	5,74	5,51
CREA-SSC	7,09	7,19
CREA-SSC	5,6	3,93
MEDIA	**5,05**	**4,22**
Frumento tenero		
U.O.	Produzione Granella Umidità 13% (t ha^{-1})	
	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità
CREA-ABP (loc. Fagna)	6,546	4,343
CREA-ABP (loc. Vicarello)	1,784	1,274
CREA-FLC	9,8875	8,3281
CREA-FLC	3,8533	3,4126
MEDIA	**5,52**	**4,34**
Mais		
U.O.	Produzione Granella Umidità 15,5% (t ha^{-1})	
	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità
Veneto agricoltura	7,17	6,53
FLC (Standard 2.2)	9,21	-
FLC (Standard 2.2)	9,53	-
MEDIA	**8,64**	**7,87** [(3)]

[3]Per la coltura del mais, i dati di produzione dell'unica Unità Operativa (Veneto Agricoltura) sono stati mediati, nel fattuale, con i valori di produzione di CREA-FLC relativi allo Standard 2.2, ottenuti utilizzando la stessa tecnica ed input colturali. La produzione del controfattuale è stata stimata applicando ai valori della suddetta produzione fattuale una riduzione del 9% come riscontrato nel monitoraggio Veneto Agricoltura.

Con queste informazioni è stato possibile calcolare il margine lordo (differenza tra il totale dei ricavi e il totale dei costi strettamente inerenti la produzione) delle colture di frumento duro, frumento tenero e mais da granella nelle condizioni di terreno fuori tempera e in tempera per le ipotesi fattuale e controfattuale (Tabella 26).

Tabella 26. Conto economico annuale delle colture determinato con i valori medi delle lavorazioni meccaniche.

	Elementi del conto economico	Frumento duro (€ ha^{-1} anno^{-1})		Frumento tenero (€ ha^{-1} anno^{-1})		Mais (€ ha^{-1} anno^{-1})	
		Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità	Regime di adesione alla condizionalità	Regime di non adesione alla condizionalità
Terreno fuori tempera	Totale costo lavorazioni meccaniche	0,00	511,86	0,00	511,86	0,00	740,87
	Totale costo fattori produttivi	0,00	529,00	0,00	529,00	0,00	715,00
	Totale ricavi	0,00	1101,60	0,00	910,29	0,00	1485,87
	Margine lordo (differenza tra ricavi e costi)	**0,00**	**60,74**	**0,00**	**-130,57**	**0,00**	**29,99**
Terreno in tempera	Totale costo lavorazioni meccaniche	463,02	463,02	463,02	463,02	692,03	692,03
	Totale costo fattori produttivi	529,00	529,00	529,00	529,00	715,00	715,00
	Totale ricavi	1318,88	1318,88	1157,46	1157,46	1631,50	1631,50
	Margine lordo (differenza tra ricavi e costi)	**326,86**	**326,86**	**165,44**	**165,44**	**224,46**	**224,46**

Poiché l'impegno di chi aderisce a questo Standard (fattuale) consiste nell'attendere le condizioni di tempera del terreno per eseguire l'aratura, si può verificare che l'attesa di queste condizioni ottimali si protragga nel tempo e le condizioni di tempera non si verifichino in tempo utile per iniziare il ciclo colturale. In questo caso l'agricoltore che aderisce agli impegni non riesce a svolgere il normale ciclo colturale ed il margine lordo è pari a zero. Si è ipotizzato che gli agricoltori che non aderiscono allo Standard (condizione di controfattuale), lavorino il terreno normalmente in condizioni di tempera e solo nella stagione in cui il terreno si presenta in condizioni di fuori tempera procedano comunque alla sua lavorazione sia pure con costi e ricavi differenti, ottenendo di conseguenza un margine lordo che, in funzione della coltura praticata, potrà essere positivo o negativo. Per il frumento duro nella condizione di tempera il margine lordo è di 326,86 € ha^{-1} $anno^{-1}$ sia nel fattuale sia nel controfattuale. Se invece il terreno si trova nella condizione di fuori tempera il margine lordo per il controfattuale si riduce a 60,74 € ha^{-1} $anno^{-1}$, mentre nel fattuale per i motivi espressi in precedenza, in assenza del ciclo colturale, tale margine lordo è pari a zero. Il frumento tenero, invece, presenta risultati di segno opposto rispetto al precedente caso. Ciò significa che l'agricoltore che non aderisce agli impegni (controfattuale) sostiene costi superiori ai ricavi subendo una perdita pari a 130,57 € ha^{-1} $anno^{-1}$ determinata principalmente dalla forte riduzione di produzione. Nel medesimo anno l'agricoltore che aderisce alla condizionalità (fattuale) non subisce tale perdita, perché in queste condizioni non avvia il ciclo colturale (margine lordo pari a zero). Per la coltura del mais valgono le stesse considerazioni effettuate per il grano duro con differenze nei valori del margine lordo.

Considerata la grande variabilità pedoclimatica del territorio italiano e non disponendo di dati statistici affidabili inerenti la frequenza della condizione di fuori tempera nelle zone monitorate (condizione che impedisce l'esecuzione dell'aratura nel fattuale), sono stati ipotizzati sei scenari che prevedono il verificarsi della condizione di fuori tempera con probabilità del 100% (frequenza annuale), del 50% (frequenza biennale), del 33,3% (frequenza triennale), del 25% (frequenza quadriennale), del 20% (frequenza quinquennale) e del 16,7% (frequenza esennale).

Inoltre è stato randomizzato l'evento negli scenari di durata superiore all'anno, per mediarne l'effetto sull'anticipazione economica del margine lordo: il calcolo del margine lordo cumulato (€ ha^{-1}) è stato ottenuto ponendo l'evento fuori tempera cadente nei diversi anni dello scenario considerato (nel caso, ad esempio, di un arco temporale di sei anni, è stato posto una volta al sesto anno, una volta al quinto e così via fino al primo anno) per tutti gli scenari ipotizzati. In questo modo si è tenuto conto della casualità del verificarsi dell'evento nel corso del periodo considerato. Pertanto l'evento eccezionale e la sua cadenza temporale producono una differenza nei valori del differenziale di competitività. I valori così ottenuti sono stati riportati all'attualità tramite l'utilizzo

della funzione finanziaria VAN (Valore Attuale Netto). Per differenza tra il margine lordo cumulato attualizzato, del fattuale e del controfattuale, sono stati ottenuti i valori cumulati del differenziale di competitività (€ ha^{-1}) di tutti i periodi considerati: applicandogli la formula finanziaria dell'annualità costante sono stati determinati i valori del differenziale di competitività annuale espressi in € ha^{-1} $anno^{-1}$ per le varie condizioni e colture considerate (Tabella 27).

Tabella 27. Differenziale di competitività annuale (€ ha^{-1} $anno^{-1}$).

Periodo temporale per evento	Frumento duro			Frumento tenero			Mais		
	Limite inferiore	Media	Limite superiore	Limite inferiore	Media	Limite superiore	Limite inferiore	Media	Limite superiore
1 evento ogni 6 anni (probabilità statistica 16,7%)	-44,14	-10,12	23,89	-12,26	21,76	55,78	-42,01	-5,00	32,01
1 evento ogni 5 anni (probabilità statistica 20%)	-52,97	-12,15	28,67	-14,71	26,11	66,93	-50,41	-6,00	38,41
1 evento ogni 4 anni (probabilità statistica 25%)	-66,21	-15,19	35,84	-18,38	32,64	83,67	-63,01	-7,50	48,01
1 evento ogni 3 anni (probabilità statistica 33%)	-88,28	-20,25	47,79	-24,51	43,52	111,56	-84,01	-10,00	64,02
1 evento ogni 2 anni (probabilità statistica 50%)	-132,42	-30,37	71,68	-36,77	65,28	167,34	-126,02	-15,00	96,03
1 evento ogni 1 anno (probabilità statistica 100%)	-264,85	-60,74	143,36	-73,54	130,57	334,67	-252,04	-29,99	192,05

Per il frumento duro, dall'esame dei sei scenari, si ottengono sei diversi valori del differenziale di competitività annuale che variano da -10,12 a -60,74 € ha^{-1} $anno^{-1}$. Il segno negativo indica una perdita di competitività da parte dell'agricoltore che aderisce agli impegni di condizionalità di questo Standard. La perdita di competitività viene determinata in piccola parte dal maggior costo dell'aratura e in massima parte dalla riduzione di produzione che si verifica in condizioni di fuori tempera (controfattuale). In altri termini la riduzione di produzione provocata da

un'aratura fuori tempera ha un effetto economico negativo di gran lunga superiore rispetto al maggior onere sostenuto per un'aratura eseguita in condizioni di fuori tempera. Per il frumento tenero, invece, l'agricoltore che aderisce agli impegni (fattuale) ottiene un differenziale di competitività annuale positivo che può andare da 21,76 a 130,57 € ha^{-1} $anno^{-1}$, conseguendo un vantaggio indiretto poiché in questo caso evita di subire perdite. Nel caso della coltura del Mais il differenziale di competitività assume valori negativi variabili da -5,00 a -29,99 € ha^{-1} $anno^{-1}$ e, come nel caso del frumento duro, tali valori rappresentano una perdita economica per chi aderisce agli impegni. In riferimento ai calcoli eseguiti sottraendo o addizionando alla media delle singole lavorazioni i valori della relativa deviazione standard, a causa dell'ampia variabilità dei dati rilevati per alcune lavorazioni, si verifica che i valori del differenziale di competitività riferiti al limite superiore e inferiore possono assumere un segno differente rispetto al valore medio.

Conclusioni del progetto MO.NA.CO.

Il monitoraggio delle parcelle sperimentali predisposte per la valutazione dell'efficacia dello Standard di condizionalità 3.1 "Lavorazioni in tempera" non ha prodotto risultati univoci per i differenti parametri valutati, quindi la sua efficacia è "contrastante" (classe di merito B). Per quanto riguarda il confronto dei contenuti idrici volumetrici al momento dell'aratura nei due trattamenti rispetto ai corrispondenti valori di Upper Tillage Limit (UTL) e Optimum Tillage Limit (OTL), è risultata evidente la difficoltà pratica di effettuare una lavorazione in condizioni ottimali di umidità considerato che la forbice tra i due valori soglia risulta di 0.02-0.06 m^3 m^{-3}. Infatti, nella maggioranza dei dispositivi sperimentali, entrambe le arature sono state eseguite a contenuti indici inferiori all'OTL, nonostante in alcuni casi si sia fatto ricorso ad irrigazioni. Per la massa volumica apparente, considerata un indicatore della compattazione del suolo, il trattamento fattuale ha mostrato valori significativamente inferiori rispetto al controfattuale su suoli con caratteristiche tessiturali contrastanti (franco-sabbiosa e argillosa). Valori inferiori ma non significativi sono stati rilevati anche nel trattamento fattuale rispetto al controfattuale in parcelle con tessitura franco-argillosa. I valori di packing density (PD), valutati come ulteriore indicatore della compattazione del suolo, hanno indicato un rischio elevato nei suoli con PD bassa e tessitura media, moderato con PD media e tessitura media, basso con PD media o alta e tessitura fine. Per quanto riguarda la misura dell'indice di tortuosità del terreno, adottato per verificare il grado di affinamento del letto di

semina dopo lavorazioni fatte in condizioni di “suolo in tempera” rispetto a quelle “fuori tempera”, nella maggior parte dei siti sperimentali sono state evidenziate differenze significative almeno come media tra i due trattamenti, con valori dell’indice inferiori nel trattamento fattuale, generalmente significativi su tutte le tipologie tessiturali. In alcuni casi le abbondanti piogge che hanno preceduto la misurazione hanno annullato le differenze tra i due trattamenti.

Per i risultati produttivi e qualitativi delle colture studiate, in molti casi è stato evidenziato un effetto prevalente dell’annata a favore della lavorazione in tempera, nei siti di monitoraggio per i quali erano disponibili i dati di un biennio.

Dall’analisi dei dati del monitoraggio è emerso che l’aratura eseguita in un terreno in condizioni di fuori tempera risulta essere economicamente più onerosa di quella eseguita in condizioni di tempera a causa del maggiore sforzo di trazione che provoca un aumento dello slittamento degli organi di trazione della trattrice, con riduzione della velocità di avanzamento e conseguente incremento dei tempi di lavoro e dei consumi di combustibile. Inoltre, le produzioni ottenute da terreni arati in condizioni di fuori tempera, si riducono in maniera anche sensibile secondo la specie coltivata.

In alcuni casi, nel controfattuale, si possono perciò verificare le condizioni che portano a un margine lordo negativo. Tale situazione di perdita economica può essere evitata da chi, aderendo allo Standard, in seguito al prolungarsi delle condizioni di fuori tempera, che per gli impegni assunti impediscono l’aratura, è obbligato a non svolgere il ciclo colturale.

I risultati pregressi del progetto EFFICOND

EFFICOND (=EFFIcacia ambientale delle norme di CONDizionalità) è un progetto del CRA iniziato nel 2009, nato dall'esigenza specifica della RRN di monitorare e valutare le azioni a tutela dell'ambiente demandate dalla PAC alla politica agricola nazionale ed implementate dai Piani di Sviluppo Rurale Regionali (PSR). Il progetto ha avuto come obiettivi principali la valutazione dell'efficacia ambientale delle Norme e lo sviluppo di indicatori agro-ambientali per la valutazione di dell'efficacia delle Norme a scala nazionale; ha visto la partecipazione di 10 Unità Operative fra Centri e Unita di Ricerca del CRA e 54 ricercatori di 4 Dipartimenti universitari, con campi sperimentali dislocati sull'intero territorio nazionale.

La valutazione dell'efficacia dello Standard 3.1 "Lavorazioni in tempera" è stata effettuata mediante prove sperimentali sia di campo che di laboratorio, nelle quali è stato fatto un confronto tra lavorazioni principali effettuate sul medesimo suolo in epoche diverse caratterizzate da condizioni di umidità del suolo differenti, e verificando la stabilità strutturale dei campioni trattati. I risultati sono stati pubblicati sullo Special Issue dell'Italian Journal of Agronomy (Dell'Abate *et al*., 2011), a cui si rimanda per la trattazione estesa della metodologia utilizzata e dei risultati conseguiti.

Di seguito si riportano alcune informazioni essenziali. Sono state condotte sei sperimentazioni distinte in altrettante aziende sperimentali appartenenti ai centri di ricerca CREA:

1. CREA-AAM: Azienda Sperimentale di Sanluri (VS), Sardegna, su suolo a tessitura franco-sabbioso-argillosa, piovosità media annua di 678 mm;
2. CREA-ABP: Azienda Sperimentale di Fagna, Scarperia (FI), Italia centrale, su suolo a tessitura argillosa, piovosità media annua di 1024 mm;
3. CREA-ABP: Azienda Sperimentale di Santa Elisabetta,Volterra (PI), Italia centrale, su suolo a tessitura argilloso-limosa, piovosità media annua di 678 mm;
4. CREA-CER: Azienda Sperimentale di Foggia(FG), Italia meridionale, su suolo a tessitura franco-argillosa, piovosità media annua di 526.4 mm;
5. CREA-FLC: Azienda Sperimentale di Lodi (LO), Italia settentrionale, su suolo a tessitura franco sabbiosa, piovosità media annua di 801,60 mm;
6. CREA-RPS: Azienda Sperimentale di Tor Mancina (RM), Italia centrale, su suolo declive (pendenza media 8%), vulcanico a tessitura franco-limosa, caratterizzato dalla presenza di pancone tufaceo a profondità variabile 30-45 cm. Piovosità media annua di 850 mm.

Ogni unità operativa ha condotto una sperimentazione secondo un protocollo sperimentale comune, finalizzato ad ottenere risultati preliminari relativi allo Standard 3.1, in particolare al

confronto tra lavorazioni principali (aratura a 40 cm di profondità) effettuate sul medesimo suolo in epoche diverse caratterizzate da condizioni di umidità del suolo differenti. Le migliori condizioni di umidità a cui effettuare la lavorazione sono state determinate empiricamente sulla base delle consuetudini in atto presso le singole aziende. Pur se in alcuni casi l'eccessiva secchezza del suolo riscontrata nelle lavorazioni in epoca estiva non rendeva le condizioni di umidità pienamente rispondenti al concetto di tempera, ugualmente è stata attribuita la denominazione convenzionale di condizione di *"tempera*", mentre alla condizione di umidità eccessiva quella di "*fuori tempera*". Al momento della lavorazione è stato eseguito il campionamento di suolo per la determinazione dell'umidità effettiva per la successiva valutazione e confronto con i valori di θ_{OPT} calcolati secondo quanto suggerito in letteratura e riportato nell'introduzione di questo report.

I campionamenti delle zolle per la determinazione della stabilità strutturale sono stati eseguiti in tre periodi definiti: autunno/inverno 2008, primavera/estate 2009 e autunno/inverno 2009. Sui suddetti campioni sono state eseguite le seguenti analisi:

- Prove di stabilità strutturale mediante la determinazione dell'indice Mean Weight Diameter (MWD) (Kemper and Rosenau, 1986): il valore dell'indice diminuisce all'aumentare della stabilità di struttura;
- Densità degli aggregati di diametro fra 7,93 e 4,75 mm.

Sono stati inoltre effettuati campionamenti di terreno per la determinazione delle curve di ritenzione idrica oltre che i rilievi delle emergenze, delle infestanti e dei dati produttivi.

Risultati e discussione

Curve di ritenzione idrica e caratterizzazione idrologica

Alcuni risultati, ottenuti combinando le misure dei contenuti di acqua a differenti potenziali idrici e l'applicazione delle pedofunzioni di van Genuchten, sono riportati nelle Figure 28 a, b, c, d.

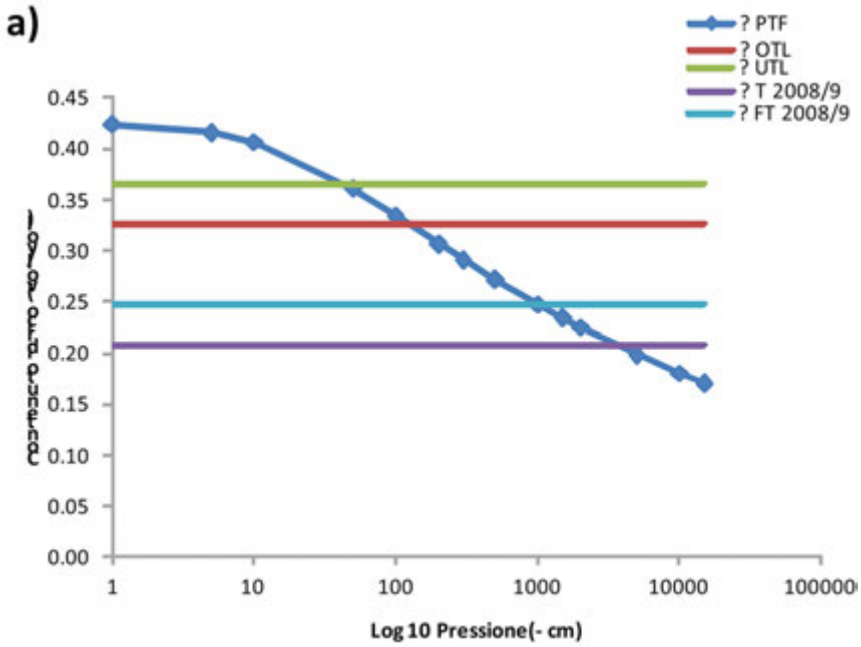


Figura 28a. Curva di ritenzione idrica, optimum tillage e upper tillage limit, e contenuto di acqua al momento dell'aratura (T = tempera, FT = fuori tempera). Azienda AAM (Sanluri, Sardegna).

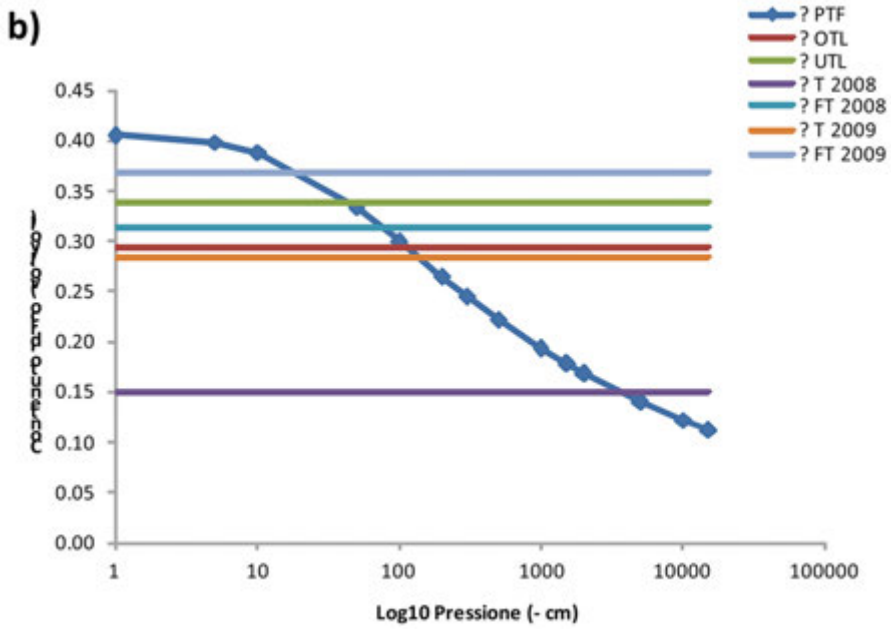


Figura 28b. Curva di ritenzione idrica, optimum tillage e upper tillage limit, e contenuto di acqua al momento dell'aratura (T = tempera, FT = fuori tempera). Azienda FLC (Lombardia).

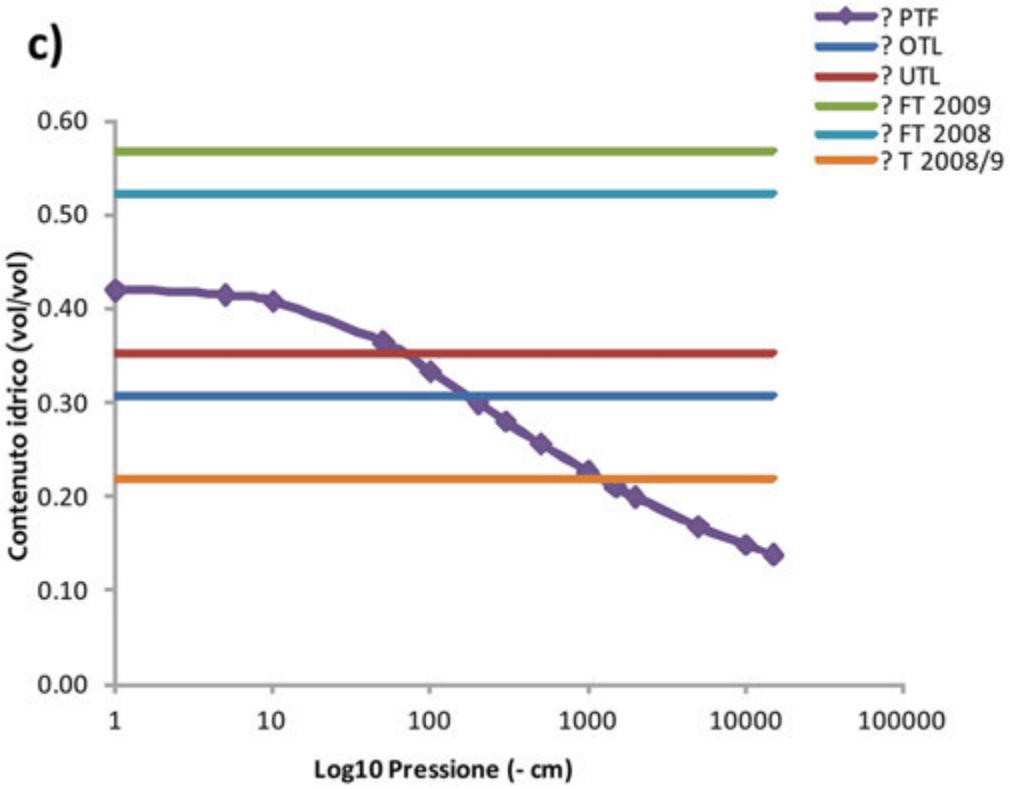


Figura 28c. Curva di ritenzione idrica, optimum tillage e upper tillage limit, e contenuto di acqua al momento dell'aratura (T = tempera, FT = fuori tempera). Azienda RPS (Lazio).

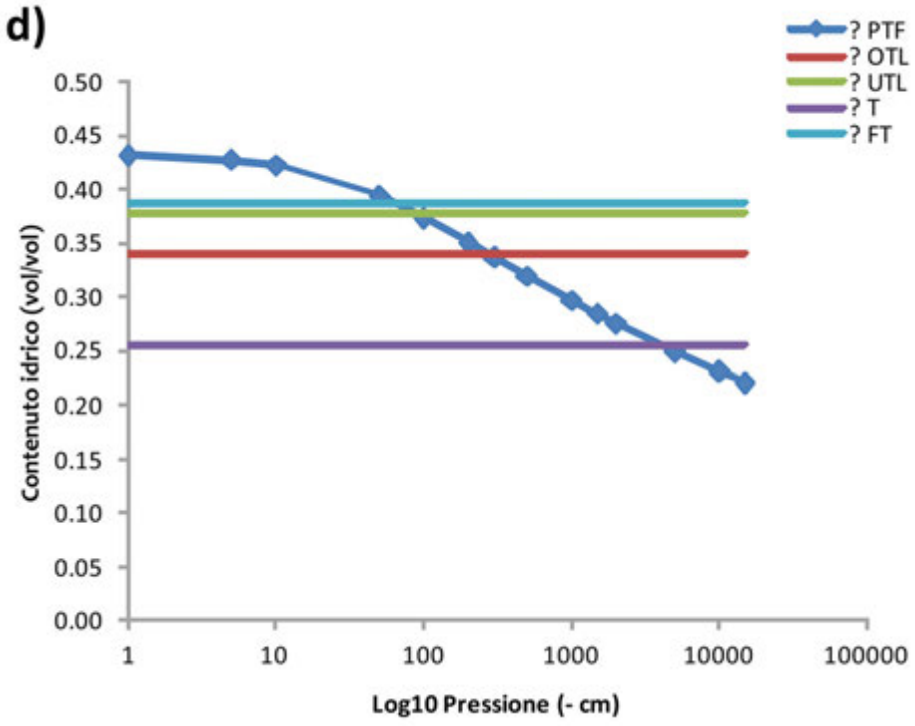


Figura 28d. Curva di ritenzione idrica, optimum tillage e upper tillage limit, e contenuto di acqua al momento dell'aratura (T = tempera, FT = fuori tempera). Azienda CER (Puglia).

Dagli esempi riportati emerge che le condizioni di tempera e fuori tempera sono molto difficili da individuare mediante osservazioni empiriche e visuali; infatti, i livelli misurati di acqua molto spesso non corrispondevano a condizioni inferiori e superiori all'Optimum e Upper tillage limit. Inoltre, per le parcelle di AAM nei due anni di prova, i contenuti idrici in tempera e fuori tempera non erano differenti. Per la lavorazione fuori tempera del 2008 di FLC, il contenuto di acqua al momento dell'aratura era ben al di sotto dell'Upper Tillage Limit.

Stabilità di struttura degli aggregati

Il confronto dei valori del Mean Weight Diameter (MWD) nelle tesi in tempera e fuori tempera ha messo in evidenza differenze significative nella maggior parte dei casi (Tabella 21). In particolare, i valori medi più elevati sono stati riscontrati nelle due parcelle di ABP (Fagna e Vicarello), dove è più elevato il contenuto di argilla, come osservato e riportato da altri autori (Kemper *et al*., 1987; Watts *et al*., 1996), per l'azione cementante dei componenti colloidali e della sostanza organica del suolo.

Tabella 21. Analisi statistica generale e significatività del test t per le due tesi. I valori in grassetto sono statisticamente significativi ($p<0.05$).

Sito/parcella	N° dati	Media	Mediana	Dev.St.	Err.St.	p
ABP_FT_VIC	20	4.82	4.81	0.50	0.11	**0.00279**
ABP_T_VIC	22	3.87	4.56	1.25	0.27	
ABP_FT_FAG	58	4.28	4.36	0.66	0.09	**0.01223**
ABP_T_FAG	19	3.86	3.97	0.80	0.18	
CER_FT	16	0.50	0.52	0.10	0.03	**0.01680**
CER_T	8	0.33	0.32	0.04	0.01	
AAM_FT	60	0.94	0.94	0.34	0.04	**$5x10^{-7}$**
AAM_T	57	1.23	1.22	0.43	0.06	
FLC_FT	17	1.71	1.71	0.27	0.07	0.31620
FLC_T	27	1.76	1.77	0.50	0.10	
RPS_FT	73	1.18	1.03	0.55	0.06	0.36260
RPS_T	56	1.10	0.95	0.54	0.07	

FT, fuori tempera; T, tempera.

I risultati della determinazione del MWD sono riportati anche nella Figura 29, che evidenzia due trend differenti ben rappresentati che dipendono dalla classe tessiturale del topsoil.

Su suoli argillosi (ABP F), limo-argillosi (ABP V), e franco-argillosi (CER) si ha un aumento generale e significativo dei valori di MWD in condizioni di fuori tempera. Per i suoli con

tessitura franco-sabbioso-argillosa di AAM, la diminuzione osservata non può essere considerata rappresentativa dei contenuti idrici all'aratura che, come già detto, erano pressoché simili. Nei suoli franco-sabbiosi di FLC si ha, all'opposto, un valore di MWD inferiore in condizioni di fuori tempera. Inoltre, i valori assoluti di MWD di ABP F e ABP V sono superiori di quattro volte a quelli del CER, rappresentando i due estremi del range. Questa diversità è molto correlata con la distribuzione della dimensione degli aggregati all'interno e all'esterno del range del MWD misurato: più basso è il MWD, più elevato è il diametro medio misurato nelle classi dimensionali 1-0.25 e >0.25 mm (Figure 30 a,b).

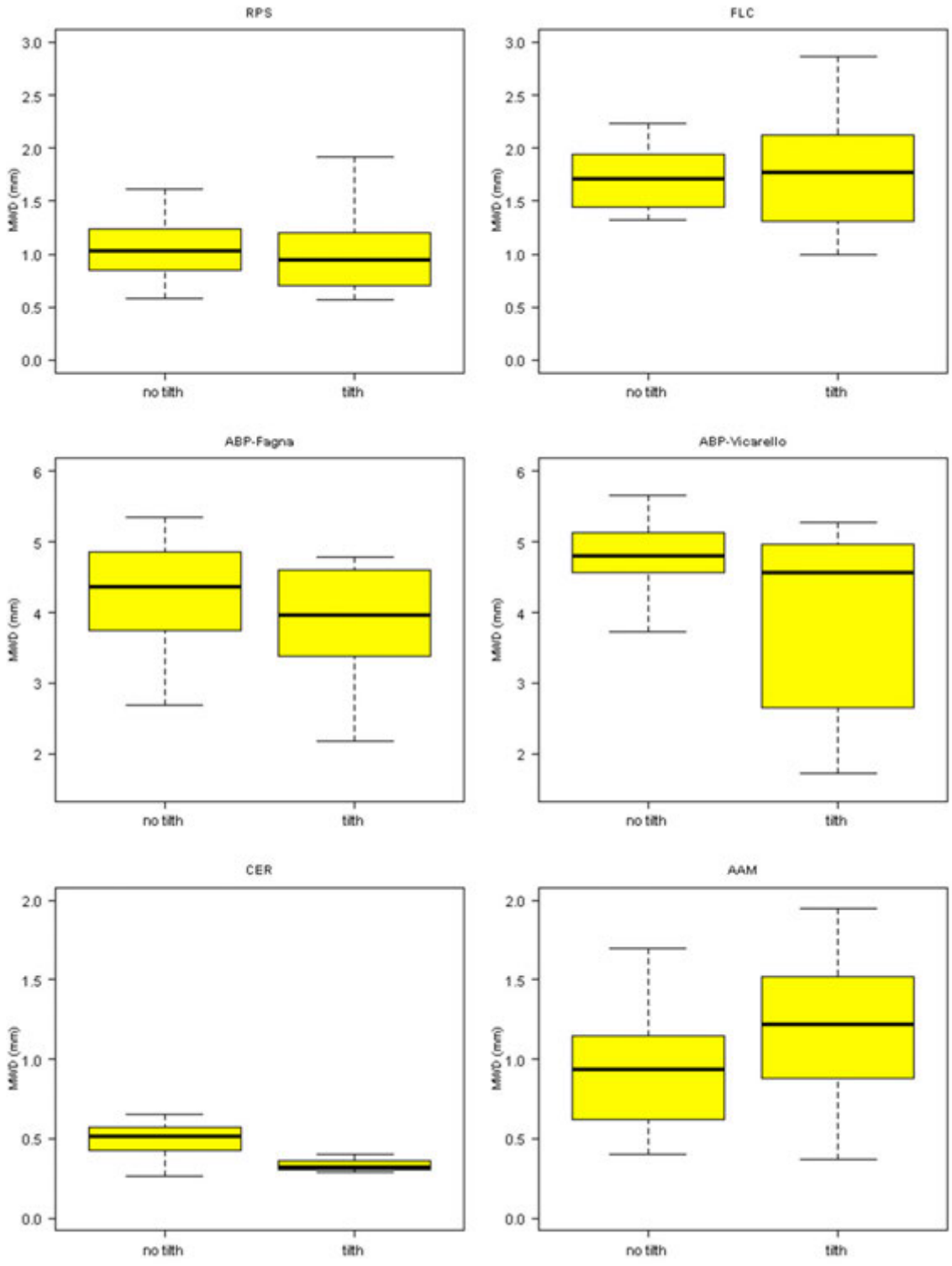


Figura 29. Distribuzione dei valori di MWD nei differenti siti sperimentali: nei box e whiskers plots la linea nera nel box rappresenta la mediana, il box giallo contiene il 50% dei dati, il whisker superiore e inferiore indicano rispettivamente il 75° e il 25° percentile del dataset.

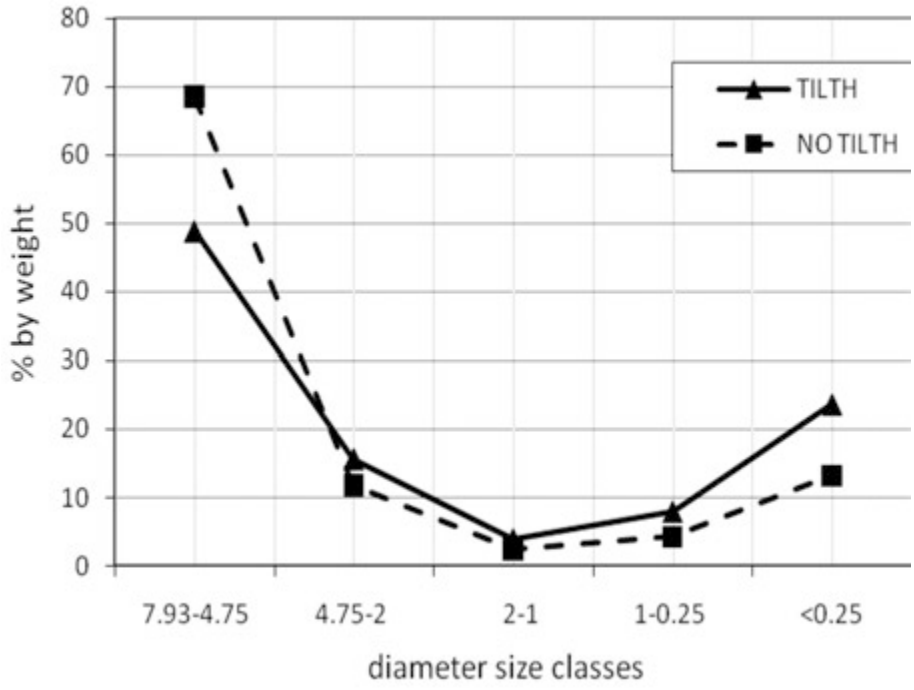


Figura 30a. Distribuzione dimensionale degli aggregati per le parcelle in tempera (tilth) e fuori tempera (no tilth). Azienda ABP Vicarello.

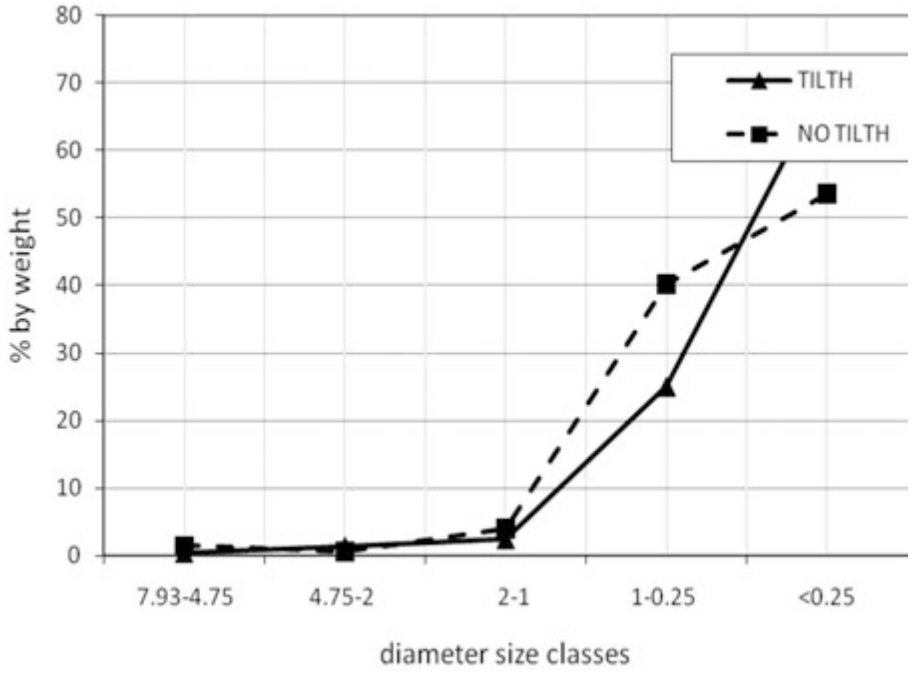


Figura 30b. Distribuzione dimensionale degli aggregati per le parcelle in tempera (tilth) e fuori tempera (no tilth). Azienda CER.

Le differenze non significative del MWD rilevate per i valori di FLC e RPS (Tabella 21) sembrano in relazione con la struttura debole che caratterizza il topsoil di queste due aziende. Tra le possibili spiegazioni si segnalano:

a) il contenuto molto basso di argilla per FLC, naturalmente dotato di struttura debole e bassa coesione. Questa è una condizione molto comune nei suoli sabbiosi e franco-sabbiosi che non hanno alcun comportamento plastico, anzi la lavorazione a contenuti idrici elevati può contribuire a distruggere i già deboli legami presenti tra le particelle;

b) la natura dell'argilla e dei minerali nel suolo vulcanico di RPS. In questo caso si ha una struttura debole anche se la tessitura è franco-limosa, e si può supporre che la presenza di zeolite e del tipo di argilla (allosite e composti allofanici amorfi) possano influenzare la formazione della struttura del suolo.

Osservazioni di campo e dati agronomici

Nei suoli di ABP è stato osservato che la lavorazione in condizioni di umidità superiori all'UTL ha favorito la compattazione del suolo e la formazione di zolle di grandi dimensioni (Figura 31).

Figura 31. Effetti sulla dimensione delle zolle esercitati dalla lavorazione in tempera (A) e fuori tempera (B) nel suolo di ABP. Nel fuori tempera (B) si notano le superfici fortemente compresse e lisciate dal versoio, con formazione di zolle continue "a filoni".

Differenze sulla struttura massiva e sul compattamento dei magroaggregati sono stati osservati anche nelle parcelle in tempera e fuori tempera del CER (Figura 32); in particolare nei macroaggregati della parcella in tempera è visibile una maggiore presenza di radici.

Figura 32. Effetti sui macroaggregati nelle parcelle in tempera (destra) e fuori tempera (sinistra) nel suolo del CER.

La Figura 33 mostra la dimensione delle zolle come risultato dell'aratura e dell'erpicatura nell'azienda di RPS su terreno asciutto (in estate) e su terreno in condizioni fuori tempera in autunno. Inoltre, è stato osservato che l'aratura in condizioni di umidità elevate ha favorito l'insorgere di processi erosivi dovuti al runoff nelle parcelle fuori tempera, con impatti negativi anche sull'emergenza della coltura (Figura 34).

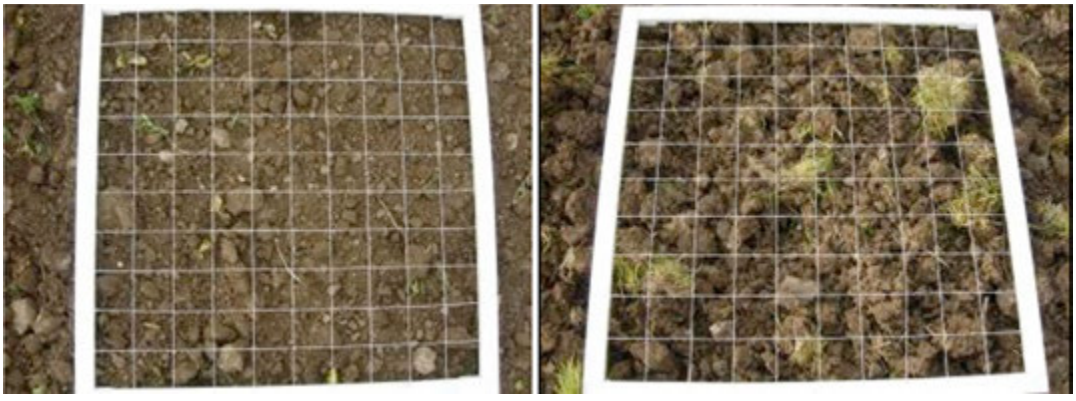


Figura 33. Azienda RPS. A sinistra: letto di semina dopo aratura estiva (in tempera) ed erpicatura autunnale. A destra: letto di semina dopo l'aratura autunnale in condizioni di eccesso idrico (fuori tempera) ed erpicatura. Dimensioni della maglia: 0.01 m^2.

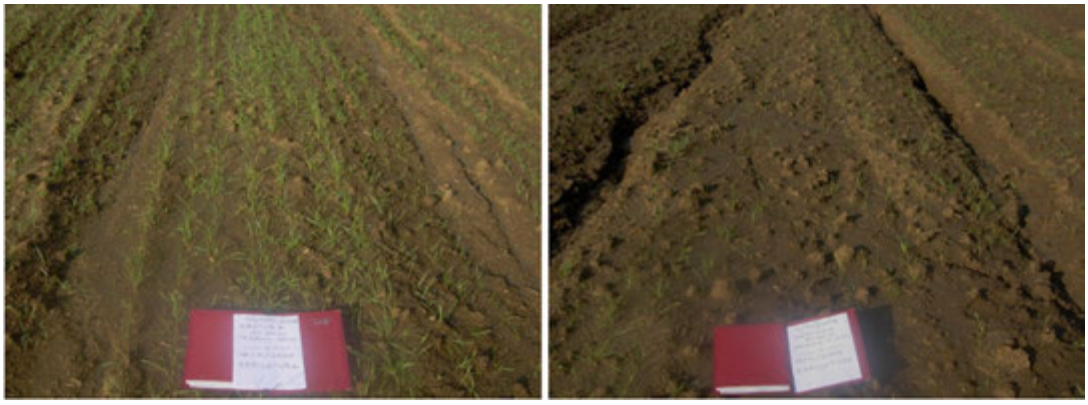


Figura 34. Effetto della pioggia e del runoff sull'emergenza della coltura nelle parcelle in tempera (sinistra) e fuori tempera (destra) di RPS.

Nella maggior parte delle parcelle con lavorazione in tempera è stato osservato un controllo significativo delle infestanti, come mostrato dalla Figura 35 per RPS, nonché sull'emergenza come nella Figura 36 per FLC.

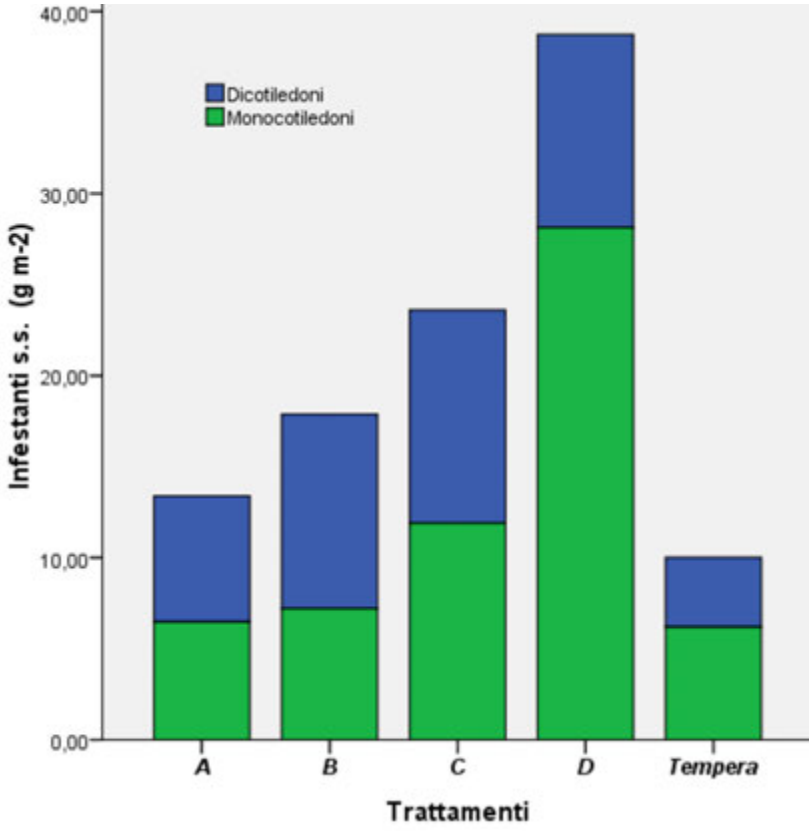


Figura 35. Peso delle infestanti (g m^{-2}) nelle parcelle di RPS a fine prova. Le parcelle da A a D sono state arate a contenuti di acqua crescenti.

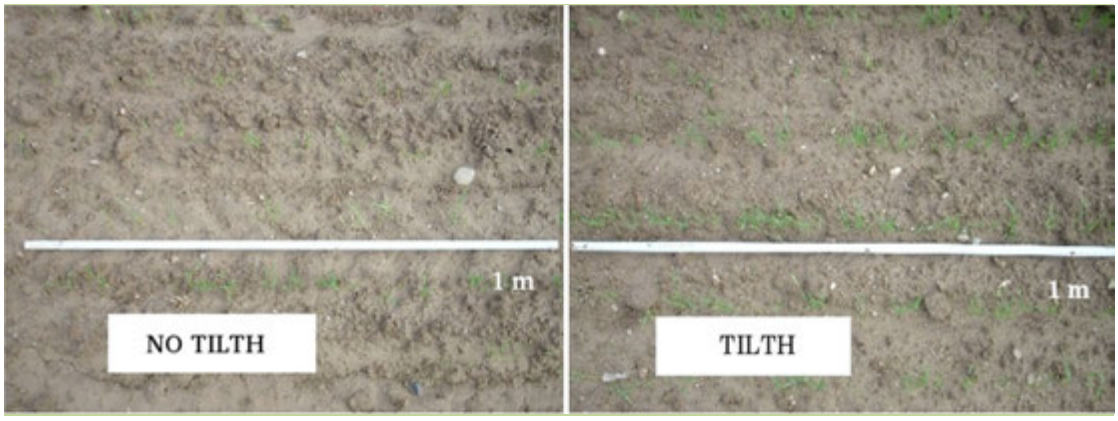


Figura 36. Emergenza della coltura nell'azienda di FLC. A sinistra fuori tempera (no tilth), a destra in tempera (tilth).

Infine, si è avuto un effetto positivo sui dati colturali a seguito dell'aratura in tempera, come riportato nella Tabella 22. In particolare, come ulteriore effetto positivo a livello agronomico, le parcelle lavorate in tempera hanno avuto un numero maggiore di piante all'emergenza, un minore sviluppo di infestanti e rese produttive più elevate.

Tabella 22. Rese e parametri colturali nelle parcelle sperimentali, suddivise per sito. I valori in grassetto sono significativamente differenti ($p<0.05$) al test di Duncan.

Sito	Tesi	Parametro	Medie
CREA RPS	fuori tempera	frumento emergenza n° piante m^{-2}	**185,25**
	tempera		**291,1**
	fuori tempera	biomassa graminacee infestanti gr m^{-2}	**64,25**
	tempera		**19,38**
	fuori tempera	frumento resa n° spighe m^{-2}	**183,25**
	tempera		**260,00**
	fuori tempera	frumento resa q.li ha^{-1}	**22,34**
	tempera		**32,67**
CREA AAM	fuori tempera	frumento emergenza n° piante m^{-2}	**85,33**
	tempera		**165,30**
	fuori tempera	frumento n° spighe m^{-2}	**64,83**
	tempera		**248,18**
	fuori tempera	frumento resa q.li ha^{-1}	**1,40**
	tempera		**5,79**
	fuori tempera	pisello emergenza n° piante m^{-2}	**10,65**
	tempera		**54,65**
	fuori tempera	trifoglio resa q.li ha^{-1}	356,11
	tempera		375,49
	fuori tempera	trifoglio fieno kg ss ha^{-1}	2431,04
	tempera		2480,21
CREA FLC	fuori tempera	frumento emergenza n° piante m^{-2}	**254,91**
	tempera		**390,48**
	fuori tempera	frumento granella kg ss m^{-2}	**0,279**
	tempera		**0,423**
	fuori tempera	frumento paglia ss %	89,83
	tempera		90,23
	fuori tempera	frumento peso paglia kg paglia	**0,489**
	tempera		**0,594**
	fuori tempera	frumento granella kg tq m^{-2}	**0,320**
	tempera		**0,382**
	fuori tempera	frumento peso ettolitrico kg	72,25
	tempera		73,78
	fuori tempera	frumento granella ss t ha^{-1}	**2,79**
	tempera		**4,23**
	fuori tempera	frumento paglia ss t ha^{-1}	**4,39**
	tempera		**5,37**
	fuori tempera	frumento Harvest index	0,39
	tempera		0,44
	fuori tempera	frumento n° infestanti % sulla parcella	1,50
	tempera		7,00
CREA ABP	fuori tempera	frumento resa granella kg ss m^{-2}	**0,40**
	tempera		**0,33**

Dopo due anni di rilevamenti sulle parcelle sperimentali è stato possibile esprimere una prima valutazione sull'efficacia dello Standard di condizionalità "Lavorazioni in tempera". Per l'Obiettivo Protezione della struttura del suolo, sono state osservate differenze significative nella stabilità di struttura degli aggregati a seconda della tessitura del topsoil nelle due tesi in tempera e fuori tempera. L'aratura in buone condizioni di umidità del suolo ha provocato un minore compattamento rispetto all'aratura a contenuti idrici elevati nei suoli con tessitura argillosa, franco-argillosa, argillo-limosa e franco-argillo-limosa. Non sono state invece rilevate differenze significative tra i due trattamenti nei suoli franco-limosi e franco sabbiosi.

Ulteriori risultati positivi sono stati ottenuti dal punto di vista agronomico per le lavorazioni eseguite in tempera, che hanno mostrato rese colturali più elevate e minore sviluppo di infestanti.

Bibliografia

Armenise E., Stellacci A. M., Caliandro A. 2008. Indici di qualità: come condensare in un unico numero lo status quo di un suolo, I Congresso Nazionale Qualità del Suolo, Alimenti e Salute, Palermo 24 - 26 ottobre 2007, Biologi Italiani, 4/2008, pp. IV-IX.

ASAE PUBL, 2003. D497.4 pp. 373-380

ASAE PUBL, 2003. EP496.2 pp. 367-372

Bagarello V., Castellini M., Iovino M., Sgroi A. 2009. Indagine sulla qualità fisica di alcuni suoli siciliani, IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12-16 settembre 2009, memoria n. 3-46.

Bazzoffi P., Gentile R., Rocchini A. 2015. Metodologia di rilievo della rugosità superficiale del suolo con Pole Aerial Photography (PAP). Italian Journal of Agronomy n. …

Bertuzzi P., Rauws G., Corrault D. 1990. Testing roughness indices to estimate soil surface roughness changes due to simulated rainfall. Soil & Tillage Research, 17:87-99.

Biondi P, 1999. Meccanica agraria. Le macchine agricole. Torino UTET, pp. 547-561

Bonciarelli F. 1981. Agronomia, Ed. Edagricole, Bologna, Italy.

Borrelli L., Tomasoni C. 2005. Nota sulle caratteristiche pedo-climatiche dell'azienda dell'Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere di Lodi, Annali dell'ISCF, vol IX, 43-49.

Brady N.C. 1984. The Nature and Properties of Soils, 9th ed. Macmillan, New York. pp.750.

CRPV, 2014. Centro Ricerche Produzioni Vegetali. Available from: http://www.crpv.it

Dassogno Steinberg M. 1974. Ricerche parcellari sulla conservazione dei suoli argillosi. XIII. Flora di alcuni ambienti destinati a pascolo o a sfalcio nell'azienda sperimentale S. Elisabetta nella Valle dell'Era (Pisa).Annali Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze, Vol. V.

Dell'Abate M.T., Bazzoffi P., Ciancaglini A., Francaviglia R., Galeffi C., Napoli R., Neri U., Pennelli B. 2011. Effectiveness of the GAEC cross-compliance standard "Ploughing in good soil moisture conditions" in soil structure protection. Italian Journal of Agronomy 6(s1):e10, 74-82.

Dexter A.R. 2004a. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma, 120:201-214.

Dexter A.R. 2004b. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. Geoderma, 120:215-225.

Dexter A.R. 2004c. Soil physical quality: Part III: Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. Geoderma, 120:227-239.

Dexter A.R., Bird N.R.A. 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil & Tillage Research, 57:203-212.

Dexter A.R., Birkas M. 2004. Prediction of the soil structures produced by tillage. Soil & Tillage Research, 79:233-238.

Hoogmoed W.B. 1985. Soil tillage at the tropical agriculture day. Soil Tillage & Research, 5:315-316.

ISMEA, 2014. Istituto di Servizi per il Mercato agricolo Alimentare. Available from: http://www.ismea.it

Jones R.J.A., Spoor G., Thomasson A.J. 2003. Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: a preliminary analysis. Soil & Tillage Research, 73: 131-143.

Kay B.D., Hajabbasi M.A., Ying J., Tollenaar M. 2006. Optimum versus non-limiting water contents for root growth, biomass accumulation, gas exchange and the rate of development of maize (*Zea mays* L.). Soil & Tillage Research, 88:42-54.

Keller T., Arvidsson J., Dexter A.R. 2007. Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. Soil & Tillage Research, 92:45-52.

Kemper W.D., Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Methods of soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical methods- Agronomy Monograph no. 9 (2nd Edition).

American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, WI 53711, USA, pp. 425-442.
Kemper W.D., Rosenau R.C., Dexter A.R. 1987. Cohesion development in disrupted soils as affected by clay and organic matter content and temperature. Soil Science Society of America Journal, 51(4):860-867.
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.
Kretschmer H. 1996. Konsistenz und Körnung. Handbuch der Bodenkunde. Böden als Baugrund und Baustoff. In: Blume H.P., Felix-Henningsen P., Fischer W.R., Frede H.G., Horn R., Stahr K. (Eds.), Handbuch der Bodenkunde, vol. I, Ecomed, 1st ed., Chapter 2.6.1.1.
Le Bissonnais Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: Theory and methodology. European Journal of Soil Science, 47:425-437.
Lulli L. 1974. Una ipotesi sulla formazione dei calanchi della Valle dell'Era (Toscana). Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo, n° 8.
Lulli L., Delogu, F. 1980. Cartografia di base per la programmazione degli interventi in aree marginali. Memorie illustrative della Carta dei Suoli, Annali dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Volume XI.
Lulli L., Ronchetti, G. 1973. Prime osservazioni sulla crepacciatura dei suoli delle argille plioceniche marine nella valle dell'Era - Volterra (Pisa). Annali dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Vol. IV, 1973; Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo, n° 7, 1973.
Manfredi E, 1971. Raccomandazione A.I.G.R., IIIa sezione “denominazione, simbolo e unità di misura delle grandezza fondamentali relative all’impiego delle macchine in agricoltura, con particolare riguardo alle colture erbacee”. Rivista di ingegneria agraria, anno secondo, numero 4, 12/1971, pp. 258-260
Metodi Ufficiali di Analisi Fisica del Suolo, 1997. Determinazione della massa volumica apparente. Metodo II.1.3.1. del carotaggio. Ministero delle Politiche Agricole Agroalimentari e Forestali. Coordinatore M. Pagliai. Franco Angeli ed., Milano, Italy, pp. 4-6
Mualem Y. 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resources Research, 12:513-522.
Mueller L., Schindler U., Fausey N.R., Lal R. 2003. Comparison of methods for estimating maximum soil water content for optimum workability. Soil & Tillage Research, 72:9-20.
Mueller W. 1985. Standortkundliche Voraussetzungen fuer die Gefuegemelioration durch Tieflockerung im humiden Klima. In: Die Gefuegemelioration durch Tieflockerung—Bisherige Erfahrungen und Ergebnisse Schriftenreihe des Deutschen Verbandes fuer Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) Heft 70. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, pp. 1–34.
Neri U., Galeffi C., Pennelli B., Francaviglia R. 2011. Lavorazioni del terreno a diversi contenuti di umidità: effetti sulle colture e sulla flora infestante. Atti XL Convegno della Società Italiana di Agronomia, Teramo 7-9 settembre 2011, 94-95.
Plaster E.J. 1985. Soil Science and Management. Delmar, Albany, NY. pp.448.
RAS, Regione Autonoma della Sardegna 1991. Carta dei suoli della Sardegna alla scala 1 :250000. Dipartimento Scienze della Terra - Assessorato Programmazione, Bilancio e Assetto del Territorio Regione Autonoma Sardegna. Cagliari.
Rohošková M., Valla M. 2004. Comparison of two methods for aggregate stability measurement – a review. Plant, Soil and Environment, 50 (8):379-382.

Schjønning P., Munkholm L.J., Elmholt S., Olesen J.E. 2007. Organic matter and soil tilth in arable farming: management makes a difference within 5-6 years. Agriculture, Ecosystems & Environment, 122:157-172.

Seki, K. 2007. SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 4: 407-437.

Singh K.K., Colvin T.S., Erbach D.C., Mughal A.Q. 1992. Tilth index: an approach to quantifying soil tilth. Trans. ASAE, 35 (6):1777–1785.

Soil Survey Staff, 2003. Keys to Soil Taxonomy (9th ed.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington DC, pp. 332.

Soil Survey Staff, 2014. Keys to Soil Taxonomy (12th ed.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington DC, pp. 360.

Solone, R., Bittelli, M., Tomei, F., Morari, F. 2012. Errors in water retention curves determined with pressure plates: Effects on the soil water balance. Journal of Hydrology. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.08.017.

SSSA, 1979. Glossary of soil science terms. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Tripathi R.P., Sharma P., Singh S. 2005. Tilth Index: an approach to optimize tillage in rice-wheat system. Soil Till. Res. 80:125-137.

Troccoli A., Colecchia S.A., 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. Stampato presso la "Tipografia Digital Print" di Cannone s.a.s. (Orta Nova – FG), pp. 144.

van Genuchten M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, 44:892-898.

Watts C.W., Dexter A.R., Dumitru E., Arvidsson J. 1996. An assessment of the vulnerability of soil structure to destabilisation during tillage. Part I. A laboratory test. Soil & Tillage Research, 37:161-174.

WRB, 2008. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports No. 84. FAO, Rome, pp. 169.

WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, pp.181.

Contributi

Rosa Francaviglia, Redazione del report dello Standard 3.1 (Lavorazioni in tempera), coordinatore UO CREA-RPS, stesura del testo di CREA-RPS ed elaborazione dati delle UO. **Ulderico Neri**, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, rilievi differenziale competitività, stesura del testo ed elaborazione dati di CREA-RPS. **Rosario Napoli**, rilievi di campo per le analisi fisico-idrologiche di CREA-RPS, responsabile laboratorio fisica del suolo. **Margherita Falcucci**, analisi di laboratorio sui parametri chimici del suolo e dei vegetali di CREA-RPS. **Bruno Pennelli**, rilievi di campo per le analisi fisico-idrologiche di CREA-RPS e determinazioni fisico-idrologiche sui campioni delle UO. **Giampiero Simonetti**, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, rilievi differenziale competitività sulle parcelle di CREA-RPS. **Melania Migliore** e **Chiara Piccini**, analisi fisico-idrologiche sui campioni delle UO.

Antonio Melchiorre Carroni, coordinatore UO CREA-AAM. **Paola Ruda**, stesura del testo ed elaborazione dati, progettazione e allestimento dispositivo sperimentale, conduzione agronomica, rilievi di campo. **Mauro Salis**, stesura del testo ed elaborazione dati, progettazione e allestimento dispositivo sperimentale, conduzione agronomica, rilievi di campo.
Paolo Bazzoffi, Coordinatore del progetto MONACO, sviluppo della metodologia innovativa PAP-GIS rugosità (Pole Aerial Photography), rilievi in campo, contributo alla stesura del testo per l'attività di CREA-ABP, rilievi GPS, elaborazioni GIS, rilievi differenziale competitività. **Silvia Carnevale**, rilievi in campo e in laboratorio, rilievi differenziale competitività. Andbea Robcchini, rilievi in campo e in laboratorio, rilievi GPS, rilievi differenziale competitività.
Antonio Troccoli e **Mario Russo**, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, stesura del testo ed elaborazione dati di CREA-CER.
Marisanna Speroni, coordinatore UO CREA-FLC. **Lamberto Borrelli** e **Giovanni Cabassi**, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, stesura del testo ed elaborazione dati di CREA-FLC.
Domenico Ventrella, coordinatore UO CREA-SCA, stesura del testo ed elaborazione dati, progettazione e allestimento dispositivo sperimentale. **Vittorio Alessandro Vonella**, allestimento dispositivo sperimentale, conduzione agronomica, rilievi di campo. b, rilievi di campo, analisi fisico-idrologiche di CREA-SCA, elaborazione dati. **Francesco Fornaro**, rilievi di campo, analisi fisico-idrologiche di CREA-SCA, elaborazione e georeferenziazione dati. **Mirko Castellini**, analisi fisico-idrologiche di CREA-SCA, elaborazione dati. **Francesca Modugno**, analisi fisico-idrologiche di CREA-SCA.
Francesco Montemurro, coordinatore UO CREA-SSC, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo, contributo alla stesura del testo per l'attività di CREA-SSC. **Angelo Fiore**, allestimento delle prove sperimentali, rilievi di campo. **Mariangela Diacono**, allestimento delle prove sperimentali, contributo alla stesura del testo per l'attività di CREA-SSC
Lorenzo Furlan, coordinatore UO Veneto Agricoltura. **Francesca Chiarini**, allestimento prove sperimentali, stesura del testo ed elaborazione dati. **Michele Colauzzi**, preparazione protocolli sperimentali, stesura del testo ed elaborazione dati. b, allestimento prove, coordinamento operazioni colturali. **Francesco Fagotto**, rilievi di campo, stesura relazioni.

Marco Fedrizzi, coordinatore U.O. CREA-ING, **Roberto Fanigliulo**, **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.

Ringraziamenti

Francesco Fracasso, allestimento prove, rilievi di campo sulle parcelle UO Veneto Agricoltura, raccolta documentazione foto e video. **Erica Sartori**, rilievi di campo sulle parcelle UO Veneto Agricoltura, stesura relazioni.