



**Sistemi e tecniche AGROnomiche di adattamento
ai CAMbiamenti climatici in sistemi agricoli
BIOlogici - AGROCAMBIO**

Convenzione CRA-MiPAAF del 17/12/2014

RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA FINALE

Progetto: Sistemi e tecniche AGRonomiche di adattamento ai CAMbiamenti climatici in sistemi agricoli BIOlogici – AGROCAMBIO

Coordinatore: Francesco Montemurro

Data di avvio del progetto: 17 dicembre 2014

Data di conclusione del progetto: 31 marzo 2018

MONITORAGGIO DELL'ATTIVITA' DI RICERCA

Work Package	Task	Grado di realizzazione Task (%)	Grado di realizzazione WP (%)
WP1 - Coordinamento	1.1 Coordinamento scientifico		<u>100%</u>
	1.2 Coordinamento amministrativo		
	1.3 Controllo di qualità delle attività previste e gestione della proprietà intellettuale del progetto		
WP2 - Sistemi e tecniche colturali per l'orticoltura e la risicoltura	2.1 Gestione del dispositivo sperimentale e valutazione delle performance agronomiche		<u>100%</u>
	2.2 Coinvolgimento dei portatori di interesse e trasferibilità delle innovazioni del progetto		
	2.3 Analisi delle serie storiche della piovosità		
WP3 - Sistemi e tecniche colturali in viticoltura da tavola biologico	Valutazione delle risposte vegeto-produttive e fisiologiche della varietà Sugranineteen® in relazione all'inerbimento con Trifolium subterraneum, e all'allettamento con roller crimper di vecchia vs sovescio		<u>100%</u>
WP4 - Sistemi e tecniche colturali di adattamento ai cambiamenti climatici in cerealicoltura	4.1 Studio dell'influenza delle semine anticipate sull'adattamento e produttività e qualità di diverse cultivar di frumento duro in coltura biologica, in rapporto ai cambiamenti climatici		<u>100%</u>
	4.2 Studio dell'influenza delle semine anticipate sullo sviluppo di patologie fungine dell'apparato aereo e contaminazione da micotossine, in rapporto ai cambiamenti climatici		
WP5 - Validazioni delle dinamiche di breve e medio-lungo periodo dei sistemi e tecniche agronomiche di adattamento ai cambiamenti climatici	5.1 Validazioni delle dinamiche di breve periodo dei sistemi e tecniche agronomiche di adattamento ai cambiamenti climatici		<u>100%</u>
	5.2 Validazioni delle dinamiche di medio-lungo periodo dei sistemi e tecniche agronomiche di adattamento ai cambiamenti climatici		
	5.3 Valutazione della sostenibilità agro-ambientale di sistemi agricoli biologici basato su indicatori facilmente rilevabili		

SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE PER WP

WP1 – COORDINAMENTO

L'attività di "coordinamento scientifico" è stata incentrata sul coordinamento globale di tutte le attività di progetto al fine di raggiungere gli obiettivi preposti. Tale attività ha incluso la produzione di un dettagliato programma operativo, ovvero un piano d'azione per l'attuazione delle attività, il monitoraggio dell'attuazione dello stesso (attraverso relazioni periodiche), la verifica del raggiungimento dei risultati attesi da ciascuna attività e l'integrazione complessiva di tali risultati. L'attuazione coerente del coordinamento scientifico si è riflessa nella rapida identificazione di eventuali deviazioni dal piano d'azione e di relative modifiche, ricercando soluzioni alternative per raggiungere gli obiettivi e i risultati attesi. Al fine di ottenere un efficace coordinamento è stata necessaria una continua comunicazione nell'ambito del progetto con riunioni di coordinamento dei vari partner.

L'attività di "coordinamento amministrativo" è stata finalizzata alla verifica della conformità della realizzazione delle attività del progetto con gli obiettivi preposti ed ha previsto l'attuazione del controllo amministrativo delle spese sostenute nel rispetto delle tempistiche di rendicontazione.

WP2 - SISTEMI E TECNICHE COLTURALI PER L'ORTICOLTURA E LA RISICOLTURA

2.1 Gestione del dispositivo sperimentale e valutazione delle performance agronomiche

Nell'ambito del progetto di ricerca "Sistemi e tecniche AGRonomiche di adattamento ai Cambiamenti climatici in sistemi agricoli BIOlogici (AGROCAMBIO)", nel dispositivo sperimentale di lungo termine "Mitiorg" sono state messe a punto tecniche colturali innovative di adattamento ai cambiamenti climatici per colture orticole (WP2). L'impostazione della prova ha richiesto la combinazione di differenti tecniche e pratiche agronomiche e la sinergia tra le stesse è stata oggetto di studio. Si è proceduto con il "modellamento" della superficie utilizzata per la prova, con lo scopo di ridurre gli effetti negativi dovuti ad eventi meteorici estremi (ovvero piogge di intensità notevole in pochi giorni o ore); è stata messa in pratica una vera e propria sistemazione idraulica del terreno, realizzando baule ed aiuole (**Figura 1**) con l'utilizzo di mezzi e attrezzature che generalmente sono presenti in ogni azienda orticola (condizione necessaria per evitare aggravio di costi per la stessa). A tale tecnica agronomica sono state aggiunte rotazioni eco-funzionali di orticole che hanno previsto anche l'introduzione di differenti mix di colture "di servizio ecologico" (Agro-ecological Service Crops - ASC), insieme a tecniche alternative per la loro terminazione (allettamento vs sovescio), con lo scopo di migliorare l'ambiente di crescita delle cash crops, grazie all'apporto di sostanze nutritive di alcune specie, all'immobilizzazione e/o cattura dell'azoto da parte di altre, alla riduzione degli effetti della pioggia battente e del ruscellamento, alla praticabilità del suolo subito dopo un evento meteorologico di intensità consistente. Accanto a queste due tecniche agronomiche (sistemazione idraulica e introduzione di ASC) sono state testate differenti strategie di fertilizzazione, impiegando fertilizzanti organici alternativi (compost e digestati vs prodotti commerciali ammessi in biologico).

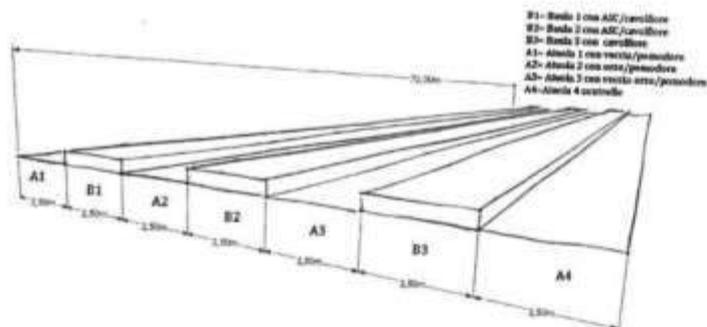


Figura 1. Rappresentazione schematica del dispositivo sperimentale

Alla luce dell'esperienza maturata nel primo anno, e a seguito della riunione di progetto tenutasi in data 01 settembre 2016, è risultato necessario effettuare alcune modifiche tecnico-operative nel dispositivo sperimentale a partire dal trapianto della coltura autunno-vernina del 2016, sulle baule, e della semina delle ASC nelle aiuole in autunno 2016. Nello specifico, si è deciso di inserire un nuovo sistema di controllo negativo, privo di sistemazioni idraulico-agrarie, sia delle baule che delle aiuole (**Figura 2**, CNB e CNA).

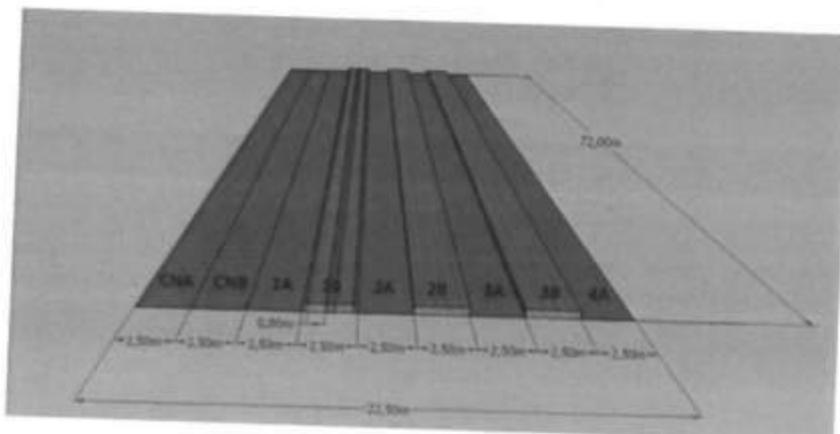


Figura 2. Rappresentazione schematica della riprogettazione del dispositivo sperimentale

Inoltre relativamente alla baula 1 (B1) si è deciso di rimuovere il fattore di variabilità generato dall'utilizzo di diversi fertilizzanti. Per valorizzare la produttività delle cash crops, invece, è stata introdotta in B1 la tecnica del taglio delle radici (root pruning), abbinata all'introduzione del "living mulch permanente sostitutivo" invece del "living mulch additivo" che prevede la lavorazione del suolo confinata alla sola fascia di coltivazione della cash crop. Sulla stessa baula è stata modificata la spazializzazione (quinconce) e densità della coltura da reddito, per aumentarne la competitività nei confronti delle infestanti.

Aiuole

Nelle aiuole si sono susseguite, negli anni di prova, le seguenti colture:

- dicembre 2014, semina delle ASC autunno-vernine: 1. veccia (*Vicia sativa* L.); 2. orzo (*Hordeum vulgare* L.); 3. mix veccia/orzo; 4. controllo senza ASC;
- aprile-agosto 2015: pomodoro (*Solanum lycopersicum* L. - Var. Donald) dopo terminazione (green manure vs roller crimper) delle ASC (veccia, orzo e loro mix) (**Figura 3**). Ciascun blocco corrispondente ad una diversa gestione delle ASC è stato suddiviso in strisce orizzontali per testare fertilizzanti organici ammessi in biologico (digestato anaerobico e fertilizzante commerciale);



Figura 3: Situazione del dispositivo sperimentale a primavera 2015

- settembre 2015, semina delle ASC: i) Mix 1 (in due aiuole): 30% riso, 50% Pisello proteico, 20% Colza; ii) Mix 2: 30% riso, 50% Favino, 20% Colza e iii) Controllo (senza ASC);
- aprile-luglio 2016: zucchini (*Cucurbita pepo* L., Var. President) dopo la terminazione dei mix delle ASC seminate a settembre 2015 (**Figura 4**). Ciascun blocco corrispondente ad una diversa gestione delle ASC è stato suddiviso in strisce orizzontali per testare fertilizzanti organici ammessi in biologico (digestato anaerobico e fertilizzante commerciale).



Figura 4: ASC presenti nelle baule a marzo 2016

- luglio-settembre 2016: lattuga (*Lactuca sativa* L., Var. Icerberg, **Figura 5**), con lo scopo di valutare l'effetto residuo delle strategie di fertilizzazione e delle ASC utilizzate. La scelta di tale coltura è stata determinata dalla necessità di avere una coltura a ciclo breve (60 gg)

che liberasse il campo per il mese di ottobre 2016, momento in cui sono state seminate le ASC per il ciclo successivo.



Figura 5: Lattuga a settembre 2016

- ottobre 2016, semina delle ASC: veccia (80%)-avena(20%) nelle aiuole 1A e 2A, mix veccia (80%)-riso (20%) nell'aiuola 3° (Figura 2).
- aprile-luglio 2017: zucchini (*Cucurbita pepo* L.Var. President), dopo la terminazione delle ASC, avvenuta in data 12/04/2017, allettate nelle tesi MIX 1 e MIX 3 (Figura 6) e sovesciate (tesi MIX 2) in data 12/04/2017.



Figura 6: (12/04/2017) allattamento delle ASC con l'utilizzo del "roller crimper"

- agosto-ottobre 2017: lattuga (*Lactuca sativa* L.,Var. Romana), per valutare l'effetto residuo (Figura 7).



Figura 7: Lattuga a settembre 2017

Baule

Sulle baule si sono susseguite, negli anni di prova, le seguenti colture:

- luglio-novembre 2015: finocchio (*Foeniculum vulgare* Mill.), a maturazione precoce (Var. Tiberio) e medio-precoce (Var. Aurelio), testando diversi fertilizzanti organici ammessi in biologico (digestato anaerobico e fertilizzante commerciale) e controllo non fertilizzato (Figura 8);



Figura 8: Finocchio sulle baule ottobre 2015

- novembre 2015-marzo 2016: cavolfiore viola (*Brassica oleracea* L.) in consociazione con una ASC per ciascuna baula (trifoglio e medica, in confronto a un controllo) (**Figura 9**);



Figura 9: Cavolfiore gennaio 2016

- aprile-agosto 2016: pomodoro (*Solanum lycopersicum* L. - Var. Donald), trapiantato dopo la terminazione delle ASC, più precisamente allettamento della medica e sovescio del trifoglio (**Figura 10**);



Figura 10: Pomodoro giugno 2016

- settembre 2016-marzo 2017: cavolfiore viola (*Brassica oleracea* L.) in consociazione con una ASC per ciascuna baula (trifoglio e medica, in confronto a un controllo) (**Figura 11**), secondo lo schema modificato e riportato in **Figura 2**. Inoltre, al fine di testare l'efficacia del dispositivo in risposta agli eventi meteorologici estremi, in particolare a consistenti eventi piovosi concentrati in periodi brevi, è stato deciso di simulare artificialmente l'inondazione del campo sperimentale operandola a dicembre 2016;



Figura 11: Cavolo viola a gennaio 2017

- aprile-agosto 2017: pomodoro (*Solanum lycopersicum* L. - Var. Donald), trapiantato dopo la terminazione delle ASC (Figura 12), più precisamente dopo allettamento della medica e sovescio del trifoglio.



Figura 12: Pomodoro a luglio 2017

Nell'ambito del progetto, sono state inoltre eseguite indagini geofisiche e topografiche con l'obiettivo di caratterizzare il dispositivo sperimentale. L'uso combinato dei sensori geofisici ha avuto come obiettivo quello di valutare le relazioni tra gli output geofisici e il contenuto di umidità in differenti condizioni idriche, attraverso tecniche statistiche e geostatistiche, e di ottenere in maniera indiretta informazioni su proprietà del suolo (stratificazioni e compattazione del terreno) che influenzano la distribuzione spaziale del contenuto idrico.

Le indagini geofisiche sono state eseguite utilizzando un sensore ad induzione elettromagnetica EMI (EM38DD) e un sensore GPR (RIS 2k-MF Multifrequency Array Radar-System) con antenne a doppia frequenza 600 e 1600 MHz, secondo profili georiferiti attraverso un sistema GPS differenziale (DGPS, HiPer® Pro) con precisione altimetrica e planimetrica centimetrica (Figura 13).

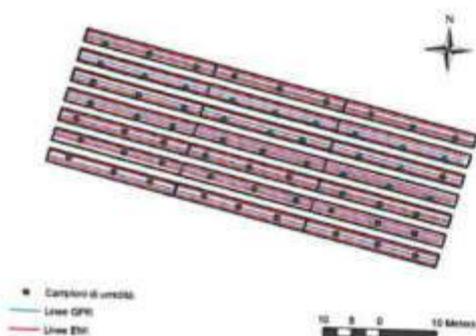


Figura 13. Ubicazione dei dati in campagna acquisiti con il sensore a induzione elettromagnetica (linee rosse) e sistema georadar (linee blu) e dei campioni di suolo (punti verdi)

Nelle aiuole, le indagini sono state effettuate nel 2016, ad Aprile, Luglio e Ottobre, su terreno nudo dopo la raccolta delle colture che si sono succedute. A monte delle baule sono state eseguite nel mese di Maggio e di Settembre. Contestualmente all'acquisizione geofisica sono stati prelevati campioni di suolo fino alla profondità di 0.30 m, per la determinazione del contenuto di umidità. Pertanto, per ciascuna data di indagine è stato acquisito un data set contenente:

- dati di umidità;
- dati di quota;
- dati di conducibilità elettrica apparente (EC_a) ottenuti dalle misure ad induzione elettromagnetica, ovvero il valore medio della conducibilità nel volume di terreno indagato, acquisita in due polarizzazioni: quella orizzontale (EC_a-H) e quella in modalità verticale (EC_a-V);
- dati GPR: in forma di *radargrammi* (o sezioni radar)

Per studiare le relazioni tra gli output geofisici e il contenuto idrico si sono analizzati i dati acquisiti nelle aiuole in due condizioni idriche differenti (secco a Luglio e umido ad Ottobre). Lo studio della distribuzione spaziale delle variabili acquisite è stato condotto mediante metodi geostatistici univariati (ordinarykriging) e multivariati (cokriging) ai nodi di una griglia regolare. Per determinare la correlazione tra le variabili studiate e la caratterizzazione dell'evoluzione temporale del contenuto idrico è stato utilizzato il cross-correlogramma. I risultati di queste analisi sono stati riportati in due articoli: "Geophysical sensors to characterise an agricultural experimental device and to improve soil water content estimation" e "Repeated geophysical measurements in dry and wet soil conditions to assess soil water content variability" sottomessi su riviste internazionali e ad oggi in fase di revisione.

Per quanto riguarda l'indagine topografica, rilievi altimetrici puntuali sono stati eseguiti a valle delle baule, a Febbraio 2017 e sulle baule a Marzo 2017 per verificare gli effetti indotti nelle quote da un evento piovoso estremo, realizzato artificialmente a Dicembre. L'obiettivo di questo studio era quello di valutare l'influenza delle diverse pratiche agro-ecologiche sull'erosione del suolo e sulla produzione dopo un evento estremo. Le misure post-evento sono state confrontate con quelle rilevate in maniera continua con il GPS collegato con i sensori geofisici. L'analisi esplorativa - descrittiva è stata effettuata per valutare se le quote nelle diverse date, sia a valle che a monte delle baule, erano statisticamente differenti. I dati di quota per ciascuna data di indagine sono stati interpolati tramite tecniche geostatistiche univariate, per la produzione di mappe tematiche. La sottrazione delle mappe di quota prima e dopo l'evento estremo hanno prodotto nuove mappe con la differenza delle quote per ogni cella della griglia. I risultati di queste analisi sono riportati in un articolo intitolato "Impacts of Agro-Ecological Practices on Soil Losses and Cash Crop Yield" pubblicato su Agriculture 2017, volume 7.

In **Figura 14** sono mostrate le precipitazioni mensili cumulate nel periodo di indagine (Gennaio 2016 - Marzo 2017). Si può osservare che prima di Aprile 2016 le precipitazioni cumulate erano di 151 mm, mentre nelle successive indagini gli eventi piovosi sono stati meno intensi. La precipitazione artificiale ha rappresentato circa il 15% delle precipitazioni annuali registrate durante il 2016. Dopo questo evento indotto, le precipitazioni cumulate di gennaio 2017 sono state di circa 117 mm, producendo un secondo allagamento del campo, sebbene meno intenso. A Febbraio e Marzo 2017 le precipitazioni non sono state elevate, riducendo gli effetti del ristagno.

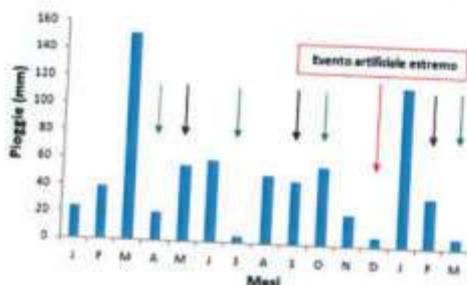


Figura 14. Piogge mensili cumulate nel periodo di indagine (Gennaio 2016 e Marzo 2017). Le frecce indicano le date dei rilievi eseguiti nelle aiuole (verdi) e a monte delle baule (nere). La freccia rossa indica l'evento estremo indotto.

2.2 Coinvolgimento dei portatori di interesse e trasferibilità delle innovazioni del progetto

Allegato 1 - Leaflet

2.3 Analisi delle serie storiche della piovosità

I dati meteorologici, fondamentali per lo studio e l'adattamento delle tecniche colturali ai cambiamenti climatici in atto, sono stati monitorati in continuo grazie alla capannina meteorologica presente in azienda, limitrofa al dispositivo sperimentale. Inoltre, al fine di testare l'efficacia del dispositivo in risposta agli eventi meteorologici estremi, in particolare alla concentrazione di consistenti eventi piovosi in periodi brevi, è stato deciso di simulare artificialmente l'inondazione del campo sperimentale operandola a Dicembre 2016.



Figura 15. Stazione meteorologica presso l'azienda "Campo 7" di Metaponto

2.4 Sistemi e tecniche colturali per la cerealicoltura (risicoltura)

All'interno di questo task sono state previste tre attività:

- 1) inquadramento della problematica, attraverso un'analisi critica dell'attuale situazione italiana ed internazionale del settore risicolo, condivisa con alcuni principali attori (stakeholders) della "filiera riso";
- 2) sviluppo di strumenti avanzati di modellistica colturale che permettano la valutazione ex-ante delle prestazioni dei sistemi colturali erbacei biologici, in scenari di cambiamento climatico.
- 3) messa a punto e sviluppo di dispositivi sperimentali, per individuare tecniche innovative rivolte all'azienda biologica produttrice di riso.

3. Messa a punto e sviluppo di dispositivi sperimentali, per individuare tecniche innovative rivolte all'azienda biologica produttrice di riso

Tradizionalmente la risicoltura adotta colture intercalari (ovvero cover crops) anche in una prospettiva di controllo della flora avventizia. Di particolare interesse, quindi, risultano tutti i processi relativi alle cosiddette funzioni allelopatiche riscontrabili in alcune specie. Pertanto, la ricerca ha avuto come obiettivo quello di verificare la funzionalità dell'impiego di colture intercalari nel controllo delle avventizie in risaia, per trovare soluzioni di gestione dell'uso

del suolo atte a diminuire l'incidenza di infestanti e quindi le perdite di prodotto dovute al mancato impiego di fitofarmaci. Le attività di ricerca si sono sviluppate su due fronti (azioni):

- (A) Studio e valutazione della presenza di sostanza organica nei terreni coltivati e del ruolo dei relativi processi fermentativi a vantaggio/svantaggio del riso e della flora infestante. È stata svolta pertanto attività di monitoraggio in aziende risicole biologiche, con sopralluoghi in campo ed interviste semi-strutturate agli agricoltori, per l'identificazione delle tecniche agronomiche più efficaci basate sull'inserimento della cover crop e la gestione della relativa biomassa in risaia.
- (B) Analisi e determinazione delle potenziali attività allelopatiche svolte da colture intercalari o prodotti di origine naturale nei confronti delle principali infestanti riscontrate nelle risaie biologiche. Sono stati svolti test in laboratorio per la verifica in ambiente controllato delle possibili interazioni allelopatiche tra cover crop e specie infestanti riscontrate nelle risaie della Lomellina.

Azione A)

Si è proceduto all'individuazione di un gruppo di aziende risicole e biologiche di fiducia nell'areale rurale della Lomellina, con selezione di risaie rappresentative che prevedevano l'impiego di colture intercalari. In seguito è stato svolto il monitoraggio delle pratiche agronomiche e delle performance associate alla strategia di controllo delle infestanti basata sull'uso della biomassa da cover crop. Grazie anche alla collaborazione con tecnici addetti al controllo e verifica delle aziende certificate biologiche sono state individuate 10 aziende di fiducia. Molte delle aziende individuate non solo si attengono ai principi dell'agricoltura biologica, ma si rifanno anche a quelli descritti nell'ambito della biodinamica e macrobiotica, adottando un'ampia e diversificata gamma di pratiche colturali e sistemi di gestione della risaia, prevalentemente mirati a ridurre l'incidenza di infestanti.

Rispetto al monitoraggio effettuato nel 2016 sulle aziende risicole biologiche, nell'annata 2017 si denota la tendenza a ridurre i sistemi di gestione che prevedono il diserbo meccanico (es. passaggi di lavorazione superficiale in asciutta, pre- e post- semina con strigliatore, o passaggi di lavorazione in acqua con rotolama in pre-semina) a favore della sperimentazione di strategie di controllo basate sull'uso di cover crop e la fermentazione dei residui associati, a prova dei buoni risultati ottenuti con questo sistema nell'annata 2016.

Le prove in azienda hanno previsto la semina del riso in asciutta su cover crop. Sono stati testati due differenti miscugli di graminacee e leguminose.

- Miscuglio 1) frumento tenero 40%, triticale 25%, pisello proteico 25%, veccia 10% per un totale di 150 kg/ha di semente.
- Miscuglio 2) veccia villosa villana (25 kg/ha) e loietto rapido (*Lolium multiflorum*, 25 kg/ha)

A maggio la biomassa è stata sdraiata con due passaggi di rullo, e su questa è stato seminato il riso. Subito dopo la semina del riso la risaia è stata sommersa per 5 giorni. Durante questo periodo è avvenuta la fermentazione della biomassa di cover crop, che se da un lato danneggia parzialmente il riso, riducendone l'investimento di piante per ettaro, dall'altro limita l'insorgenza di infestanti di vario genere. Alla fermentazione è seguito un periodo di asciutta prolungata di due settimane.

Il miscuglio 1 ha prodotto una biomassa molto rigogliosa, e conferito fertilità al suolo. Questi aspetti hanno comportato due svantaggi principali: i) la grossa quantità di biomassa ha condotto ad una fermentazione troppo spinta, limitando anche la germinazione del riso e quindi l'investimento finale, ii) l'aumentata fertilità del suolo ha favorito lo sviluppo e il vigore delle infestanti, in particolare mode delle Ciperacee. Il miscuglio 2 è risultato più efficace nel contenimento delle avventizie, sebbene si noti un'azione selettiva nei confronti del genere *Echinochloa* spp. (giavone), mentre anche in questo caso più limitata nei confronti delle Ciperacee, la cui incidenza comunque è stata più contenuta rispetto al trattamento con miscuglio 1. Con il miscuglio 1 le rese in risone sono state di 25 q/ha, mentre con il miscuglio 2 di 40 q/ha.

Nell'ottica di sviluppare una ricerca partecipata con i gruppi target direttamente interessati, sono state effettuate due riunioni plenarie con gli agricoltori ed alcuni rappresentanti delle istituzioni e delle imprese di filiera, allo scopo di creare una piattaforma dove condividere esperienze e criticità legate all'uso di cover crop. A tal riguardo la tecnica di gestione della cover crop risulta in corso di definizione, ed in particolar modo sono emersi i seguenti aspetti agronomici da approfondire:

- i) la composizione di specie del miscuglio,
 - ii) la data di semina e le varietà da impiegare (es. tardive o precoci, più o meno vigorose, etc.),
 - iii) se prevedere uno sfalcio primaverile (o il pascolamento) in modo tale da avere in campo alla semina del riso un ricaccio,
 - iv) il metodo di semina (es. a file o spaglio) e la dose ottimale,
 - v) il trattamento dei residui alla semina del riso (es. seminare sulle piante in piedi, allettate o trinciate)
 - vi) il trattamento dei residui post-semina ed il piano di fermentazione (es. lasciare le piante in piedi in modo da ridurre la fermentazione alla porzione basale della cover crop, oppure allettare o trinciare e sommergere l'intera biomassa? preferire un'intensa e unica fermentazione iniziale, o piccole fermentazioni cicliche? la durata della fermentazione va modulata in base alla temperatura e alla quantità di biomassa, all'altezza ed omogeneità del livello dell'acqua etc.).
- Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto gli agricoltori riportano metodi empirici per stabilire il momento in cui dare l'asciutta e porre fine alle fermentazioni, come descritto di seguito.

- Il colore dell'acqua di risaia è usato come indicatore per stabilire la fine della fermentazione: il colore vira dal marrone verso il verde e poi il rosso (**Figura 16**). Quest'ultimo segnala la fine della fermentazione, nel corso della quale si evidenzia lo sviluppo di formazioni batteriche e di acidi organici, la cui essenza e funzione nel processo di controllo delle infestanti sono da studiare.



Figura 16. Colore dell'acqua di risaia usato come indicatore per stabilire la fine della fermentazione

- Lo stato dei germinelli del riso è usato come indicatore per stabilire la fine della fermentazione: un coleottilo bianco segnala la germinazione in condizioni di stress limitato (**Figura 17a**), ma la tendenza del coleottilo a crescere ricurvo segnala che l'ambiente di fermentazione è divenuto eccessivamente tossico per il riso e l'urgenza di un'asciutta (**Figura 17b**).



Figura 17. Stato dei germogli di riso

Azione B)

Identificazione botanica delle infestanti della risaia e campionamento del materiale di propagazione, con la messa a punto di un protocollo di sterilizzazione

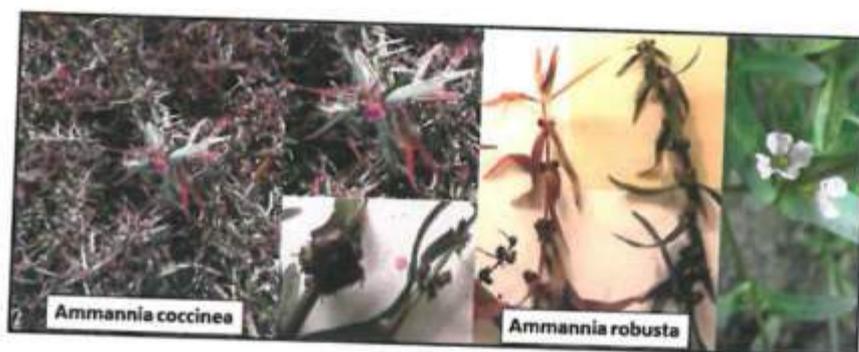
Sono state svolte delle indagini in campo con un monitoraggio aziendale ad ampia scala allo scopo di identificare le specie avventizie più frequenti, tali da poter essere considerate più o meno infestanti (**Tabella 1**). Parallelamente si è proceduto quindi all'identificazione botanica, al campionamento del materiale di propagazione, e alla messa a punto di un idoneo protocollo di

sterilizzazione dei semi, finalizzato allo svolgimento dei test di germinazione. La **Figura 18** mostra le principali specie avventizie. Di queste è stato raccolto nel corso dei sopralluoghi il materiale di propagazione, focalizzando l'attenzione in particolare sulle due specie di giavone (*Echinochloasp.*), ampiamente presenti negli ambienti umidi o inondati quale quello della risaia, piante annuali, cespitose, con fiore superiore ermafrodito e fertile. Secondariamente sono stati collezionati semi di specie di *Cyperaceae*, *Persicaria* e *Ammania*. D'altro canto, sono state escluse, dopo un primo campionamento test, le specie di *Alisma* e *Butomusumbellatus* per via della riscontrata sterilità degli organi fiorali, entrambe piante acquatiche radicate sul fondo con organi perennanti sommersi e la cui propagazione avviene affidata in loco prevalentemente ai rizomi. Per i medesimi motivi è stata esclusa dalla raccolta l'*Heteranthera*, specie acquatica perenne, con radici che la ancorano al fondo, e che si moltiplica anch'essa per via vegetativa.

La maggior parte dei semi sono stati raccolti presso i campi di Terre di Lomellina, poiché azienda che si attesta tra quelle dell'area di studio con la più lunga storia agronomica di gestione biologica della risaia (dal 2010-2011), e quindi in grado di fornire, in virtù dell'ampia biodiversità sviluppatasi, campioni realistici di popolazioni ottenute sotto il sistema biologico.

Tabella 1. Campioni di sementi raccolte da popolazioni erbacee infestanti delle risaie biologiche

ID Popolazione	Specie	Famiglia
GIM_108_a GIM_108_b GIM_108_c GIM_108_d	<i>Echinochloacrus-galli</i> e <i>oryzicola</i>	
GIM_19_a GIM_19_b GIM_89_a GIM_89_b	<i>Echinochloacrus-galli</i> (prevalente) e <i>oryzicola</i>	Poaceae
GIC_1310_a GIO_1310_bis	<i>Echinochloacrus-galli</i>	
GIO_1310_a GIO_1310_b	<i>Echinochloaoryzicola</i>	
CIM_89_a CIM_89_b	<i>Schoenoplectusmucronatus</i> (infiorescenze più immature) <i>Schoenoplectusmucronatus</i> (infiorescenze più mature)	Cyperaceae
CID_19	<i>Cyperusdifformis</i>	
PEM_510	<i>Persicaria lapathifolia</i> e <i>maculosa</i>	Polygonaceae
AMM_510	<i>Ammanniacoccinea</i> e <i>robusta</i>	Lythraceae



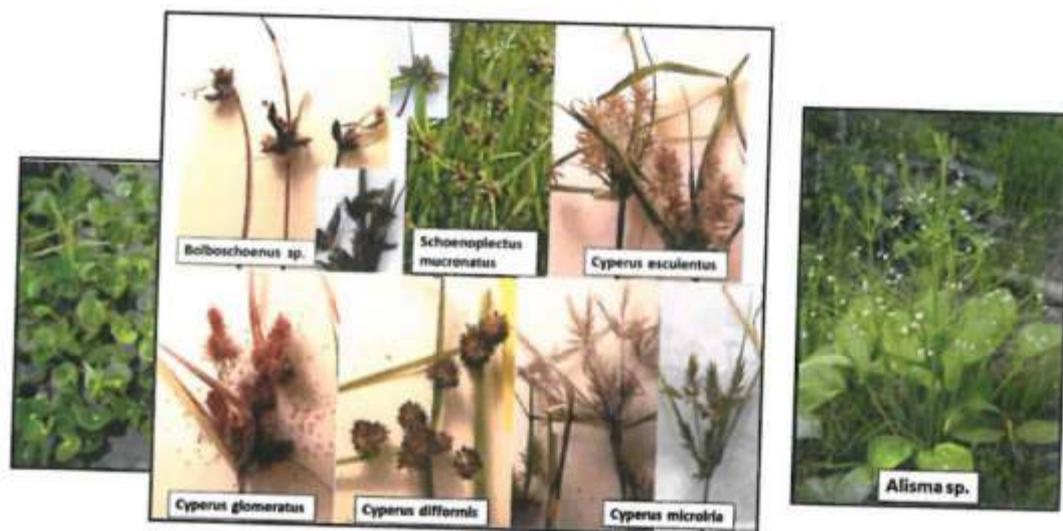


Figura 18. Erbacce infestanti delle risaie biologiche – continua

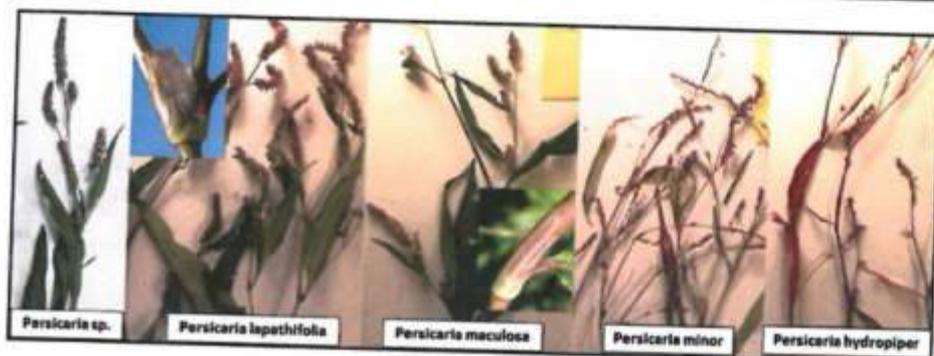


Figura 18. Erbacce infestanti delle risaie biologiche

Il materiale raccolto è stato lavorato al fine di isolare il seme dal resto della biomassa ed eliminare i semi visibilmente immaturi o vuoti. Successivamente, previa essiccazione all'aria, i semi sono stati conservati a 4°C in sacchetti di carta etichettati, all'interno di contenitori ermetici, alla presenza di un becher di Silicagel trattato a 250°C in stufa fino a variazione del colore, per l'assorbimento dell'umidità residua. Sotto-campioni sono stati ulteriormente puliti dalle glumelle e altre impurità e conservati alle medesime condizioni in fiale a chiusura ermetica. La **Figura 19** mostra il dettaglio sei semi di giavone, in riferimento alle dimensioni dei semi delle due specie.



Figura 19. Semi di *Echinochloa oryzicola* (in alto), di dimensioni maggiori (lunghezza media di circa 4 mm e diametro ≥ 2 mm), a confronto con semi di *Echinochloa crus-galli* (in basso), di dimensioni inferiori (lunghezza media di circa 3 mm e diametro < 2 mm)

Prima del loro utilizzo per i test di germinazione e sviluppo, i sotto-campioni sono stati sterilizzati, con l'obiettivo di evitare lo sviluppo di agenti biologici estranei nel substrato di crescita, sia nei trattamenti di controllo, che prevedono la presenza di Acqua Deionizzata e Sterile (da qui in avanti: H_2O_{DS}), sia per quelli da testare, che prevedono l'aggiunta di una matrice di origine organica potenzialmente allelopatica (es. il siero di scarto dell'industria lattiero-casearia ricco in lattoglobuline) (Figura 20).

Sono state testate diverse procedure di sterilizzazione, prendendo l'*Echinochloa* come campione rappresentativo delle specie con semi di maggiori dimensioni, e *Cyperusdifformis* come rappresentativo delle specie con semi piccoli.

La prima procedura testata sul giavone ha previsto i seguenti step:

- 1) Immersione in provetta dei semi in H_2O_{DS} , per circa 10 minuti, con agitazioni intervallate. La procedura ha la finalità di imbibire le cariossidi ed evitarne il successivo galleggiamento nella soluzione con candeggina.
- 2) Immersione in provetta dei semi in soluzione di H_2O_{DS} al 30% con candeggina, per circa 10 minuti, con agitazioni intervallate. È stata impiegata candeggina classica, con il 3.5% di cloro attivo, senza l'aggiunta di profumi o altri additivi.
- 3) Lavaggio dei semi, attraverso agitazioni intervallate e diluizioni progressive della soluzione con H_2O_{DS} .

Simile procedura è stata impiegata per i semi di *Cyperus difformis*. In questo caso però la soluzione dall'aumentata densità per via della presenza di candeggina, avrebbe provocato il galleggiamento dei semi, nonostante il passaggio di imbibizione (step 1), ostacolando la successiva separazione, viste le esigue dimensioni delle cariossidi. Pertanto è stato saltato lo step 1 e si è proceduto ad una variante dello step 2 e 3, avvalendosi dell'utilizzo di una pompa a vuoto per consentire il contatto tra i semi e la soluzione con candeggina ed i successivi risciacqui con H_2O_{DS} .

La procedura ha previsto i seguenti step:

- 1) Deposizione dei semi su filtro circolare di carta bibula in un imbuto di ceramica porosa posto al di sopra di una beuta collegata alla pompa a vuoto.
- 2) Immersione delle cariossidi nella soluzione con candeggina, attraverso l'uso dell'apposita pipetta, per un tempo di contatto non superiore a 3 minuti, ripetuto per 2-3 cicli successivi di immersione e risciacquo.
- 3) Lavaggio dei semi con H_2O_{DS} sul medesimo filtro circolare attraverso numerosi cicli successivi di immersione e aspirazione.

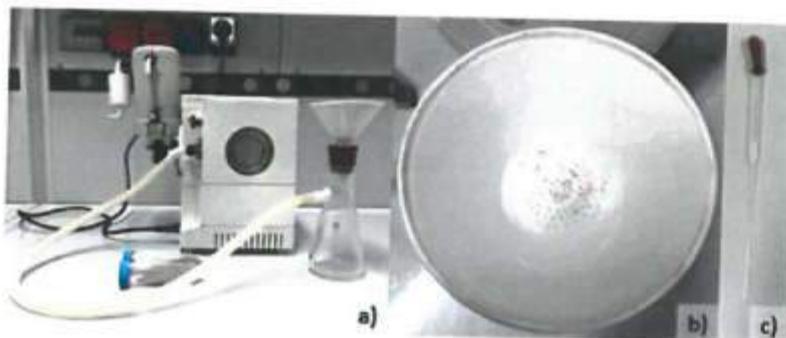


Figura 20. Sistema di sterilizzazione e lavaggio messo a punto per i semi di piccole dimensioni

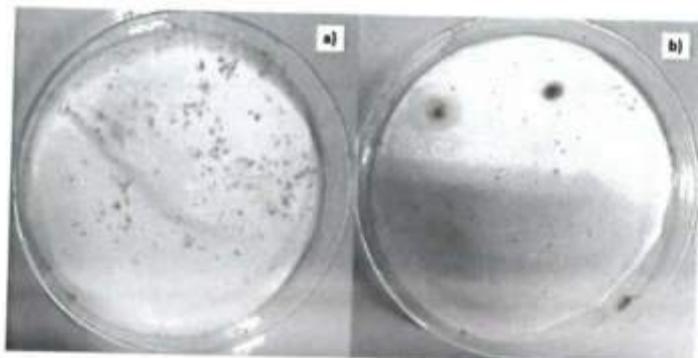


Figura 21. Test in piastra per il confronto tra la germinazione di *Cyperus difformis* sul trattamento di controllo (H_2O_{DS}) (a) e sul trattamento con siero ricco in lattoglobuline (b)

Per il *Cyperus difformis* il protocollo sopra descritto è stato giudicato adeguato ad evitare l'inquinamento delle piastre, sia sul controllo, che sul siero con lattoglobuline. La contenuta presenza di muffe su quest'ultime, infatti, ha consentito di attribuire la mancata germinazione dei semi al trattamento (Figura 21).

Il protocollo impiegato per il giavone, invece, è risultato insufficiente a garantire condizioni di sterilità tali da limitare la crescita di funghi e batteri in piastra: sui trattamenti di controllo la procedura testata ha mostrato un'efficienza rispondente a 4/7 piastre non inquinate (Fig.22 serie C); mentre sui trattamenti con siero con lattoglobuline, 7/7 piastre hanno evidenziato ampia proliferazione di funghi e batteri (Fig.22 serie L), tale da invalidare la prova, vista l'impossibilità di distinguere l'effetto inibente del siero sulla germinazione da quello esercitato dagli agenti biologici sviluppatasi sul ricco substrato.

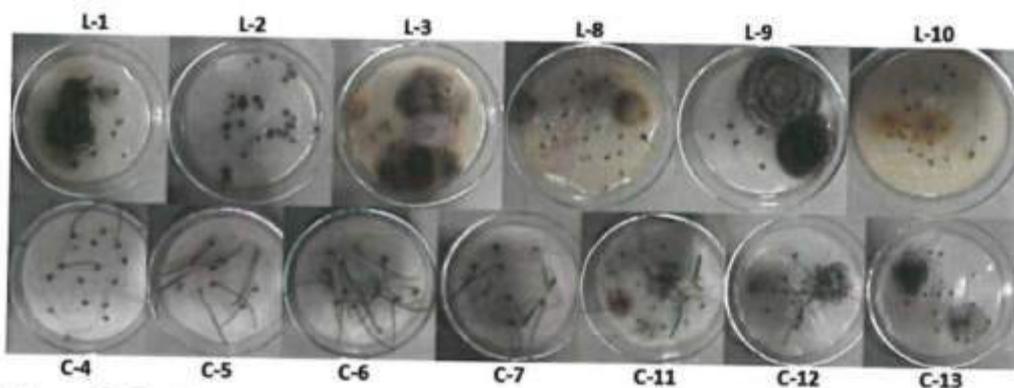


Figura 22. Test in piastra per il confronto tra la germinazione del giavone sul trattamento di controllo (H_2O_{DS} , serie C) e sul trattamento con siero ricco in lattoglobuline (serie L).

Pertanto, sono state apportate modifiche al protocollo, variando lo step 2:

2) Immersione delle cariossidi nella soluzione di H_2O_{DS} al 30% con candeggina e 3% di sapone, per circa 15 minuti, con agitazioni intervallate. Rispetto alla soluzione precedente, oltre ad aumentare il tempo di contatto, è stato aggiunto del tensioattivo (i.e. sapone) allo scopo di aumentare l'adesione sulla superficie della cariossidi e facilitare la penetrazione della soluzione negli interstizi.

Quest'ultimo protocollo è stato giudicato adeguato ad evitare l'inquinamento delle piastre, sia sul controllo (Fig.23 serie C), che sul siero con lattoglobuline (Fig.23 serie L).

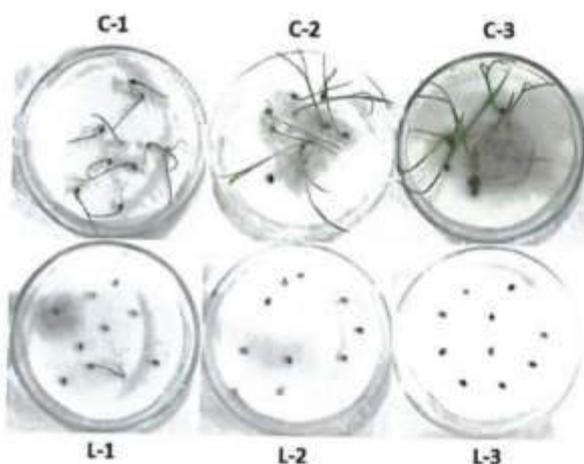


Figura 23. Test in piastra per il confronto tra la germinazione del giavone sul trattamento di controllo (H_2O_{DS} , serie C) e sul trattamento con siero ricco in lattoglobuline (serie L)

Recupero della biomassa aerea e radicale delle principali cover crops impiegate

Sulla base delle informazioni reperite dagli agricoltori nel corso degli incontri plenari, le principali cover crop impiegate, pure o in miscuglio, sono le seguenti:

- Veccia: *Vicia sativa* L.
- Trifoglio: *Trifolium incarnatum* L.
- Loiessa: *Lolium multiflorum*

In particolare, la loiessa è impiegata molto di frequente, in purezza o in associazione con le altre due leguminose, in virtù di osservazioni riportate dagli agricoltori che segnalano un possibile potere allelopatico di questa specie nei confronti di altre infestanti, ed in particolar modo rispetto al giavone. In questo contesto, a titolo puramente documentativo, si mostrano di seguito le immagini acquisite su due campi seminati con loiessa, che mostrano un'inter-fila pulita da infestanti (fig. 24a), al contrario di campi adiacenti seminati con leguminose, e un "effetto bordo" che tiene a distanza l'invasione di camomilla (fig. 24b).

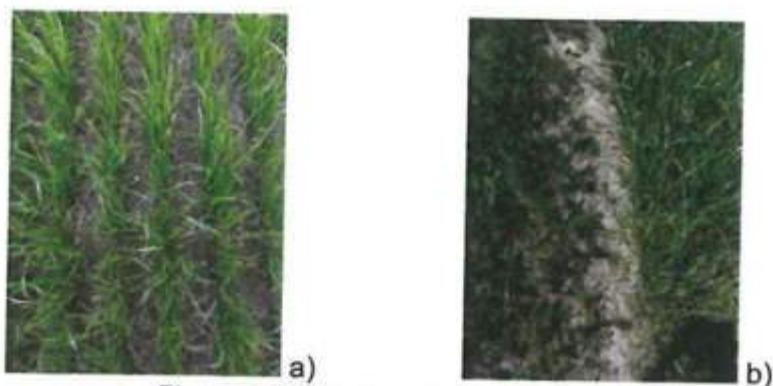


Figura 24. Campi seminati con loiessa

Grazie alla collaborazione con le aziende, per ciascuna cover crop (Figura 25: trifoglio, a; veccia b; loiessa, c), è stata reperita la semente ed allestita la coltivazione in vaso, al fine di ottenere la biomassa aerea e radicale per verificarne successivamente le potenzialità allelopatiche. La biomassa di loiessa è anche stata raccolta direttamente in campo, ove coltivata in purezza.



Figura 25. Allestimento di prove in ambiente controllato per lo studio e la verifica ex-situ: dei meccanismi allelopatici tra infestanti e cover crop e degli effetti di substrati arricchiti con prodotti funzionali di origine naturale su infestanti e riso

WP3 - SISTEMI E TECNICHE CULTURALI IN VITICOLTURA DA TAVOLA BIOLOGICO

3.1 Valutazione delle risposte vegeto-produttive e fisiologiche della varietà Sugranineteen® in relazione all'inerbimento con *Trifolium subterraneum*, e all'allettamento con roller crimper di veccia vs sovescio

Il WP 3 prevedeva come obiettivo l'individuazione di agrotecniche facilmente applicabili alla realtà colturale pugliese dell'uva da tavola in conduzione biologica, che consentissero un miglioramento della fertilità fisico-chimico e microbiologica del suolo, risparmio idrico e raggiungimento dell'equilibrio tra espressione vegetativa della chioma e produttività, con elevata qualità delle uve. L'azione di ricerca ha previsto nel 2015 il prelievo e l'analisi dei campioni di suolo su cui insiste il vigneto della varietà *Sugranineteen*® con determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche e dei parametri idrologici del suolo. La ricerca è stata realizzata in agro di Gioia del Colle (latitudine 40°47'48" N e longitudine 16°55'24" E) in un vigneto a conduzione biologica sulla varietà apirena *Sugranineteen*® (Scarlotta seedless® brand, **Figura 26**). *Sugranineteen*® è una varietà a maturazione medio tardiva (III decade di settembre) con bacca allungata di colore rosa, con peso medio bacca di 6 g senza interventi di fitoregolatori, di buona croccantezza e con valori medi di fertilità del germoglio. Il vigneto presenta forma di allevamento a Y con distanze di impianto di 3,5 x 2,0 m (1428 viti/ettaro). Il suolo presenta tessitura argillosa con pH sub-alcalino e bassa dotazione di azoto, fosforo e potassio. Al fine di uniformare la carica in gemme delle viti è stata impostata una carica omogenea sulle viti oggetto di rilievo ripartita su quattro capi a frutto. A gennaio 2015, il vigneto della varietà *Sugranineteen*® è stato suddiviso in nove parcelle con tre ripetizioni rispettivamente destinate ai seguenti trattamenti **V**= semina di parte dell'interfilare con veccia (*Vicia sativa* cv *Aitana*) e successivo sovescio al raggiungimento della maggiore sviluppo di biomassa fresca ossia alla formazione dei primi baccelli **T**= inerbimento semi-permanente di parte dell'interfilare con trifoglio sotterraneo (autoriseminante) a stasi estiva ottenuto con seme commerciale di *Trifolium subterraneum* L. spp. *brachycalycinum* cv *Antas* e pacciamatura sulla fila, ottenuta dallo sfalcio periodico, nei periodi di massima competizione idrico-nutrizionale del cotico erboso; **RC**= semina dell'interfilare con veccia (*Vicia sativa* cv *Aitana*) e successivo allettamento con passaggio del roller crimper nella stessa epoca del sovescio della tesi V, in modo da ottenere un allettamento artificiale in relazione al passaggio del rullo sagomato, con evidenti vantaggi a livello di azoto fissazione e con azione pacciamante sul suolo del vigneto. In tutte le tesi la gestione del suolo sulla fila è stata eseguita con lavorazioni meccaniche, mentre la gestione della fila è stata realizzata con lavorazioni meccaniche con attrezzo provvisto di tastatore.



Figura 26. Scarlotta seedless



Figura 27. Roller crimper su veccia in vigneto

Sulle viti di ogni tesi sono stati rilevati nel triennio i parametri vegeto-produttivi quali numero di gemme, numero di germogli e grappoli per vite, produzione per pianta e sono stati calcolati degli indici di fertilità del germoglio. Le operazioni di sovescio o di roller crimper sono state compiute, nel corso dei tre anni di ricerca, nella prima settimana di maggio, effettuando un passaggio di roller crimper sulla vecchia della tesi (RC) o procedendo al sovescio della vecchia nelle parcelle della tesi V (Figura 27). Entrambe le operazioni si sono caratterizzate per la rapidità di esecuzione e il ridotto impiego di manodopera.

Al fine di valutare gli effetti dei tre tipi di cover crops sulla dotazione idrica del suolo, nel periodo primaverile-estivo degli anni 2015, 2016 e 2017 è stato monitorato lo stato idrico dei ceppi nelle tre tesi, rilevando il potenziale idrico del fusto nelle ore centrali del giorno, mediante camera a pressione (3005 Plant Water Status Console, Soilmoisture Equipment Corp., CA, USA), su foglie, opportunamente inibite alla traspirazione (McCutchan, Shackel, 1992). Inoltre, nell'anno 2016 si è proceduto alla misurazione degli scambi gassosi del suolo con misuratore EGM-4 (Environmental Gas Monitor for CO₂, PP Systems, MA, USA) all'interno di pozzetti di misura localizzati nelle diverse tesi e ripetizioni del vigneto. In corrispondenza delle fasi fenologiche di fioritura, allegazione, inizio invaiatura e alla raccolta, sono stati misurati gli scambi gassosi per unità di superficie fogliare, mediante analizzatore portatile a raggi infrarossi (ADC Mod. LCPro SD, ADC Bioscientific LTD, Development Co., Hoddesdon, UK), su foglie bene esposte e scelte nel terzo centrale del germoglio mediano e orientate alla massima intercettazione luminosa. Inoltre sono stati calcolati due indici di uso efficiente dell'acqua (*Water Use Efficiency*) ossia la $WUE_{istantanea}$ ottenuta dal rapporto tra fotosintesi netta e traspirazione e la $WUE_{intrinseca}$ intesa come rapporto tra fotosintesi e conduttanza stomatica.

La caratterizzazione del microclima della chioma in relazione alla quantità della luce disponibile a livello dei grappoli ed al di sopra della chioma, è stata valutata misurando il rapporto *Red: Far-red* ossia eseguendo le letture a 660 e 730 nm, dato che il rapporto R:FR rappresenta un indice di ombreggiamento della chioma (per cui a maggiori valori del rapporto corrisponde minore ombreggiamento) con specifico lettore e sensore (SKR 660/730, Skye Instruments, UK).

Nel periodo vegetativo lo stato nutrizionale del vigneto, a seguito della diversa gestione del suolo, ha previsto periodiche misurazioni dell'indice del contenuto relativo in clorofilla, attraverso misure non distruttive con strumento portatile *chlorophyll meter* (SPAD 502 Minolta Corporation, Japan). Per ogni tesi sono state effettuate 12 letture su foglie sane, prive di qualsiasi lesione (5 letture per singola foglia in corrispondenza di diversi punti della stessa e utilizzando come dato il valore medio delle misure).

Ai fini della caratterizzazione del microclima dell'area vitata è stata installata inoltre in vigneto una centralina meteo WD 2900 ET, in grado di monitorare i parametri termo-igrometrici, precipitazioni, la radiazione solare, direzione e velocità del vento. Inoltre ai fini della valutazione del contenuto idrico del suolo sono state installate due centraline EM-50 (Decagon Devices Inc. Washington, USA) provviste di sensori capacitivi (10 HS) per la misura del contenuto idrico del suolo.

Alla raccolta su campioni di grappoli per singola tesi sono state determinate le caratteristiche carpometriche del grappolo, della bacca e la composizione chimica del succo. Si sono determinati i parametri fisico-meccanici della bacca (resistenza allo schiacciamento, resistenza della buccia alla penetrazione, resistenza al distacco della bacca dal pedicello) mediante penetrometro digitale (Digital Fruit Firmness tester, TR Turoni S.r.l., Forlì). Il colore della bacca è stato valutato sulla base delle coordinate colorimetriche CIELAB con lettura con colorimetro a riflettanza, sui due lati opposti di ogni acino, delle coordinate L* (luminosità), a* (misura del range di colore dal verde [-] al rosso [+]) e b* (misura del range di colore dal blu [-] al giallo [+]) e si è calcolato l'indice CIRG (*Color Index of Red Grapes*).

Successivamente alla raccolta è stata determinata su viti campione la superficie fogliare totale per ceppo, mediante area meter (LI-COR 3100). La crescita vegetativa è stata valutata nel triennio mediante il calcolo di indici di equilibrio vegeto-produttivo (peso del legno di potatura, peso medio tralcio, Indice di Ravaz). I dati sperimentali raccolti sono stati elaborati per ogni singolo anno mediante il software SYSTAT 11, utilizzando il test di Duncan per testare la significatività delle differenze tra le medie. Nelle seguenti tabelle si riportano alcuni parametri di caratterizzazione ambientale:

Tabella 2. Caratterizzazione climatica dell'area di studio

Anni	Precipitazioni (mm)	Temperatura massima (°C)	Temperatura minima (°C)	Temperatura media (°C)	Umidità relativa media (%)
2012	590,8	20,43	9,63	14,91	67,67
2013	706,4	20,48	9,55	14,94	74,53
2014	763,4	20,14	10,23	14,98	79,22
Media	686,87	20,35	9,80	14,94	73,81
2015	662,3	20,43	9,88	14,99	67,9
2016	649	25,76	6,23	15,66	74,33
2017	530,5	25,95	6,88	16	70,76
Media	613,93	24,05	7,66	15,55	71,00

Tabella 3. Analisi del suolo del vigneto oggetto della ricerca

Sabbia (> 0,05 mm) (%)	Limo (0,05-0,002 mm) (%)	Argilla (< 0,002 mm) (%)	pH	Sostanza Organica (g kg ⁻¹)	Azoto totale (g kg ⁻¹)	Fosforo disponibile (mg kg ⁻¹)	Potassio scambiabile (mg kg ⁻¹)	Capacità di campo (g 100 g ⁻¹)	Punto di appassimento (g 100 g ⁻¹)	Acqua disponibile (mm m ⁻¹)
35,80	36,80	27,40	7,64	20,38	1,17	49,13	78,00	26,20	12,44	170,00

Tabella 4. Trasmissività del film plastico di copertura del vigneto (%)

Radiazione solare totale (%)	Radiazione solare diffusa (%)	Radiazione infrarossa vicina (%)	Radiazione PAR (%)	Radiazione PAR diffusa (%)	Radiazione UV A (%)	Radiazione infrarossa lunga (%)
84,50	32,00	85,60	85,50	42,80	36,90	58,80

WP4 - SISTEMI E TECNICHE COLTURALI DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN CEREALICOLTURA

4.1 Studio dell'influenza delle semine anticipate sull'adattamento e produttività e qualità di diverse cultivar di frumento duro in coltura biologica, in rapporto ai cambiamenti climatici

Il WP4 ha come obiettivo principale l'analisi degli effetti dell'anticipo dell'epoca di semina di grano duro sull'adattamento ai cambiamenti climatici valutato a partire dalle risposte produttive della coltura. Uno dei fenomeni più frequenti legati ai cambiamenti climatici è il marcato aumento della piovosità autunnale, soprattutto in alcune aree del Paese, che rende problematiche le operazioni di semina del frumento duro fino ad impedirle.

In quattro ambienti pedoclimatici (**Figura 28**) e su otto genotipi diversificati per lunghezza del ciclo, sono state valutate le risposte adattative a sviluppi colturali in epoche non tradizionali attraverso l'analisi della potenzialità produttiva, della tolleranza alle fitopatie e delle principali caratteristiche qualitative ed igienico sanitarie della granella.



Figura 28. Ambienti della prova su frumento duro

Nella stagione 2016/17 sono state effettuate le semine anticipate a ottobre-novembre e a novembre-dicembre in epoca "normale" nei quattro ambienti pedoclimatici previsti:

- Jesi (AN) a cura di ASSAM – Agenzia per i Servizi nel Settore Agroalimentare nelle Marche – Ancona;
- Alberese (GR) a cura di Ente Terre Regionali Toscane. Centro per il Collaudo ed il Trasferimento dell'Innovazione di Grosseto;
- Roma a cura del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria. Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Roma
- Metaponto (MT) a cura del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente- Azienda "Campo 7" – Metaponto.

Relativamente ai risultati 2016-17, in **tabella 5** a Jesi si evidenziano ottime produzioni con media intorno alle 7 t/ha per tutte le tesi sperimentali anche grazie all'andamento meteo favorevole nell'areale marchigiano. Migliore risposta della semina normale (7.58 t/ha) rispetto alla anticipata (6.82), malgrado la partenza con minori nascite (258 p/mq contro le 340 dell'anticipata), handicap poi recuperato con l'accestimento (spighe finali molto simili, 414 e 407 sp/mq) per le due epoche di semina. Sostanziali equivalenze anche nello sviluppo delle piante (altezze di 101 e 100 cm), nel livello di danni da ruggine bruna, invero un po' altro (6.3 per entrambe le epoche) Alquanto contenuto in soli +5 giorni il ritardo medio della spigatura della tesi in semina normale, mentre leggermente più basso è risultato il peso ettolitrico (87.2 contro 87.7 kg/hl) e il peso 1000 cariossidi (49.0 contro 51.7 g). Più marcato negativamente l'incremento percentuale di culmi allettati (5.1 contro 1.3%) mentre tutti parametri qualitativi sono risultati migliori nella semina normale (contenuto proteico, w alveografico, SDS, colore indice di giallo, gluten index).

Per quanto riguarda le due diverse densità di semina (350 e 500 semi germinabili/mq) rese unitarie e spighe/m² sono risultate migliori per la semina più fitta, mentre molti altri parametri sono

risultati o molto simili o più favorevoli con la densità inferiore (peso unitario ed ettolitrico delle cariossidi, W alveografico e gluten index).

In questa località tutte le 8 varietà in prova hanno terminato regolarmente il ciclo biologico senza danni particolari da fauna selvatica: Svevo, Saragolla e Core, come atteso hanno evidenziato un ciclo precoce; Ramirez e Marco Aurelio medio; Dylan e Hathor medio-tardivo e Colombo tardivo. Migliori performance produttive sono state evidenziate da Ramirez (7.87 t/ha) e Saragolla (7.76 t/ha) entrambi caratterizzate da ottima resistenza al forte attacco di ruggine bruna ed elevato peso ettolitrico, anche se tenore proteico inferiore alla media campo e alta percentuale di semi bianconati. Svevo all'opposto ha fatto registrare una resa unitaria di oltre 1 t/ha inferiore alla media, ma proteina elevata e bassissima bianconatura. Marco Aurelio conferma il suo spiccato equilibrio fra produzione e qualità evidenziando rese (7.51 t/ha) comunque superiori alle medie associate ai migliori valori di W alveografico (221 J 10-4), SDS (42.9 mL), colore giallo (29.3) e gluten index (90.8).

Tabella 5. AGROCAMBIO 2016/17. Jesi (AN). Risultati di 8 cultivar.

Epoca semina 1-1-2017 2-2017	Densità semine 1-250 n/m ² 2-300 n/m ²	Varietà	Pianta per m ²	Spikeletti m ² 1/4	Altezza pianta cm	Altezza culmo cm	Spighe per m ²	Ruggine bruna 0-9	Peso HL kg/HL	Peso 1000 cc g	Prodotto (12% umidità) t/ha	Semi		Proteina grati % s.s.	W alveogr J 10	SDS mL	Colori % s.s.	Colore indice giallo	Gluten index
												Bianco %	Strani %						
1			340	18	101	1.3	414	6.3	87.7	51.7	6.82	18.3	2.7	12.1	128.3	32.7	1.9	26.1	45.8
2			258	22	100	5.1	487	6.3	87.2	49.8	7.58	11.7	2.3	12.7	144.6	26.1	2.8	24.9	68.3
1	1		219	21	99	3.0	397	6.3	87.9	51.9	7.02	15.3	2.3	12.4	148.4	36.4	2.8	26.7	69.0
2	2		338	21	102	3.4	424	6.4	87.6	48.8	7.38	14.8	2.7	12.5	124.3	33.3	1.9	26.3	65.0
		Colombo	227	28	100	9.0	455	8.2	87.4	47.8	7.12	13.7	1.9	12.4	118.0	32.0	2.0	29.8	72.0
		Core	368	16	102	2.3	484	7.9	87.5	54.8	6.92	11.3	4.1	12.7	114.5	36.2	1.9	23.1	54.9
		Dylan	312	24	103	4.2	483	8.5	88.3	58.8	7.54	18.1	1.3	11.7	81.9	33.8	1.9	28.1	54.9
		Hathor	312	25	91	8.0	347	8.2	85.0	46.4	6.81	11.5	5.2	12.6	139.3	38.9	2.1	26.2	63.8
		Marco Aurelio	249	23	101	2.2	369	8.4	87.2	51.8	7.51	12.2	2.0	12.3	221.8	42.9	2.0	29.3	90.8
		Ramirez	314	21	103	7.4	448	8.9	88.6	45.3	7.87	24.5	2.1	12.1	146.0	33.4	1.9	21.7	79.1
		Saragolla	291	16	100	8.3	356	8.3	88.0	53.1	7.76	25.0	2.3	12.3	144.3	32.9	1.9	26.7	83.9
		Svevo	328	24	103	4.2	429	8.6	87.7	53.7	6.87	3.6	1.1	13.8	124.5	31.8	1.9	27.8	45.8
1		Colombo	275	26	99	0.0	463	7.8	87.9	48.0	7.21	18.2	1.3	11.9	108.0	23.9	1.9	29.1	70.5
1		Core	471	17	102	0.0	475	7.3	87.3	59.8	5.95	12.4	6.8	13.0	111.5	29.5	1.9	23.4	41.0
1		Dylan	346	22	106	0.3	397	9.0	89.0	51.8	7.62	20.9	1.0	11.1	86.0	30.5	1.9	27.1	60.5
1		Hathor	339	24	91	0.0	718	8.5	85.3	67.0	6.98	15.7	5.6	12.2	127.0	36.4	2.1	25.7	64.8
1		Marco Aurelio	260	20	102	0.0	402	8.8	87.6	53.1	7.21	16.8	2.1	11.7	205.3	40.8	1.9	28.5	92.3
1		Ramirez	319	19	104	6.3	452	0.0	89.0	46.3	7.90	28.8	1.1	11.5	143.0	32.8	1.8	21.5	79.0
1		Saragolla	329	13	101	3.3	506	0.0	88.0	50.5	7.06	23.3	2.8	12.2	148.0	31.0	1.9	26.0	79.8
1		Svevo	309	13	102	0.0	442	8.5	87.7	55.8	7.01	4.5	1.3	13.5	124.5	30.3	1.9	27.2	38.8
2		Colombo	179	30	101	0.0	447	8.5	87.4	43.9	7.02	9.2	2.4	12.9	127.5	34.3	2.0	29.9	75.5
2		Core	260	18	102	4.5	436	8.5	87.7	53.7	7.91	10.2	1.3	12.4	117.5	31.0	1.8	22.7	51.5
2		Dylan	279	26	100	8.0	410	8.0	87.5	49.7	7.46	9.3	1.7	12.4	105.0	35.5	1.9	29.1	49.5
2		Hathor	285	26	91	0.0	378	7.8	84.7	45.8	7.04	7.4	4.8	13.0	101.5	41.0	2.1	26.7	62.3
2		Marco Aurelio	228	25	100	4.3	396	8.0	86.0	50.4	7.81	7.6	2.0	13.0	227.5	45.0	2.1	20.2	89.3
2		Ramirez	309	24	101	8.5	429	8.0	86.2	44.3	7.81	20.3	3.2	12.7	149.0	34.0	2.0	21.9	78.1
2		Saragolla	283	18	99	7.2	347	8.7	88.0	50.8	8.46	26.8	1.7	12.0	144.3	34.8	1.9	27.4	88.0
2		Svevo	270	18	104	8.2	415	8.7	87.7	51.6	7.13	2.7	1.0	13.5	124.5	31.3	1.9	27.7	52.8
1		Colombo	180	29	98	0.0	430	8.3	87.7	47.8	6.78	10.8	1.7	12.4	124.0	33.8	2.0	28.7	75.3
1		Core	311	16	100	1.5	429	7.5	87.8	56.3	6.75	11.7	6.7	12.9	121.0	32.0	1.9	23.9	45.8
1		Dylan	290	24	100	4.0	371	8.2	88.7	52.5	7.48	16.8	0.9	11.7	114.0	35.8	1.9	28.2	53.8
1		Hathor	271	24	87	0.0	322	7.8	86.0	48.2	6.44	13.3	3.0	12.3	144.3	38.0	2.0	26.6	67.5
1		Marco Aurelio	228	22	97	2.7	389	8.0	87.5	53.3	7.28	10.8	1.8	12.5	238.5	43.8	2.1	29.7	94.0
1		Ramirez	271	22	103	7.2	445	0.0	89.3	46.7	7.89	26.6	1.7	12.0	168.0	34.5	1.9	21.6	85.5
1		Saragolla	298	16	99	4.3	379	0.3	88.2	54.9	7.20	27.0	1.5	12.0	151.5	33.3	1.9	26.2	81.0
1		Svevo	287	14	104	4.0	393	8.5	88.2	55.3	6.25	3.1	1.2	13.3	127.0	32.3	2.0	27.5	49.5
2		Colombo	279	27	102	0.0	409	8.0	87.6	46.1	7.43	16.6	2.1	12.9	112.0	30.3	1.9	29.4	68.8
2		Core	420	16	104	3.0	483	8.3	87.2	53.2	7.09	10.9	1.5	12.4	108.0	28.5	1.8	22.3	46.8
2		Dylan	334	24	106	4.3	471	8.8	87.8	49.0	7.60	19.4	1.8	11.8	49.0	30.3	1.9	27.9	56.0
2		Hathor	332	26	95	0.0	371	8.5	84.1	44.7	7.18	7.8	7.4	13.0	134.0	39.8	2.1	25.9	59.5
2		Marco Aurelio	270	23	105	1.7	410	8.8	87.0	50.2	7.75	13.6	2.3	12.2	204.5	42.0	2.0	29.0	87.5
2		Ramirez	337	21	103	7.7	436	0.0	87.9	43.8	7.85	22.5	2.6	12.1	124.0	32.3	1.9	21.8	72.8
2		Saragolla	324	16	100	6.3	333	0.3	87.7	51.3	8.23	23.1	2.9	12.2	141.0	32.5	1.9	27.1	86.8
2		Svevo	374	13	102	4.3	408	8.7	87.1	52.1	5.89	4.1	0.9	13.8	122.0	31.3	1.8	27.4	42.0
Media generale			299	21	100	3.2	411	6.3	87.3	50.3	7.20	15.0	2.5	12.4	136.4	34.4	1.9	26.8	67.8

Nelle altre due località di prova dell'Italia Centrale (Alberese e Roma) i campi sono stati purtroppo fatti oggetto di ripetute scorrerie di cinghiali, ormai in gran numero e senza controllo in entrambe le Regioni. I danni sono stati però particolarmente selettivi (tabella 6) e in entrambe le località hanno di fatto risparmiato solo le varietà Hathor e Colombo evidentemente meno appetibili o caratterizzate da strutture vegetative più fastidiose per la fauna selvatica. A Roma anche Saragolla e Marco Aurelio hanno avuto attacchi meno importanti, ma questo non è accaduto ad Alberese, soprattutto in semina anticipata. Molto gravi i danni invece su Core, Ramirez, Svevo e Dylan che si è stati costretti ad escludere dall'elaborazione dei risultati in entrambe le località.

Tabella 6. AGROCAMBIO 2016/17. Alberese (GR) e Roma. Danni da selvatici sulle 8 varietà in prova.

Epoca semina 1=anz. 2=norm.	Densità semina 1=350 s/m ² 2=500 s/m ²	Varietà	danni da selvatici (%)	
			Alberese	Roma
1			69	42
2			21	29
	1		44	34
	2		45	38
		Colombo	19	33
		Core	96	42
		Dylan	34	46
		Hathor	7	7
		Marco Aurelio	39	25
		Ramirez	48	80
		Saragolla	36	14
		Svevo	79	39
1		Colombo	33	28
1		Core	100	48
1		Dylan	64	68
1		Hathor	12	5
1		Marco Aurelio	78	32
1		Ramirez	97	88
1		Saragolla	67	16
1		Svevo	100	53
2		Colombo	5	38
2		Core	93	36
2		Dylan	3	24
2		Hathor	2	8
2		Marco Aurelio	0	19
2		Ramirez	0	72
2		Saragolla	5	12
2		Svevo	58	24
Media gen			45	36

Per questo motivo saranno sintetizzati i risultati solo delle 2 o 4 varietà "superstiti" rispettivamente ad Alberese e Roma.

WP5 - VALIDAZIONI DELLE DINAMICHE DI BREVE E MEDIO-LUNGO PERIODO DEI SISTEMI E TECNICHE AGRONOMICHE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Il **WP 5** prevede la validazione delle dinamiche di breve e medio-lungo periodo dei sistemi e tecniche agronomiche di adattamento ai cambiamenti climatici. Nell'ambito del **WP 5.1** sono state programmate attività di pieno campo e di laboratorio per valutare la risposta agro-ambientale dei sistemi colturali biologici (orticoli) alle tecniche agronomiche proposte. La sperimentazione orticola biologica è condotta presso l'azienda di Metaponto, nel dispositivo sperimentale di lungo termine "MITIORG", organizzato in baule e aiuole, su cui sono state implementati i trattamenti per il progetto AGROCAMBIO. Durante il biennio di rotazione (2016-2017), il sistema è stato gestito utilizzando tecniche innovative di adattamento ai cambiamenti climatici, come previsto dalla proposta progettuale. I trattamenti studiati sono i seguenti: (i) colture di servizio agro-ecologico (ASC) e loro diversa gestione (allettamento e sovescio nelle aiuole; consociazione e interrimento superficiale nelle baule, in confronto ad un controllo senza ASC; (ii) confronto tra matrici organiche ammesse in biologico usate per la fertilizzazione di diversa origine (organo-minerale; OM e digestato anaerobico; DA), rispetto ad un trattamento di controllo non fertilizzato. I risultati dei rilievi effettuati nell'azienda sperimentale di Metaponto nell'ambito del **WP 5.1** sono stati utilizzati per valutare la risposta delle colture e del suolo ai sistemi e tecniche colturali introdotti in un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici nel breve periodo. L'obiettivo principale del **WP 5.2** è quello di stimare l'effetto di medio-lungo periodo delle tecniche agronomiche in termini di resa e di dinamica di C e N (inclusendo le emissioni di CO₂ e di N₂O nel sistema suolo-pianta-atmosfera mediante l'uso dei modelli di simulazione. Tra i vari modelli di simulazione, riconosciuti a livello internazionale, è stato scelto il modello EPIC (Environmental Policy Integrated Climate; versione DOS EPIC0810) perché permette di studiare le variazioni produttive e di simulare la dinamica del C e N del suolo in funzione degli eventi meteorologici, delle caratteristiche pedologiche e della gestione del suolo. Nello specifico, il modello simula le produzioni agricole a scala di campo, su base giornaliera e poliennale in funzione delle diverse strategie di gestione. Il modello si compone di 8 "sub-modelli", ognuno dei quali simula un determinato fenomeno o processo e sono tra loro connessi. Tali sub-modelli operano per i seguenti campi: idrologia, clima, erosione del suolo, dinamica degli elementi nutritivi nel suolo, temperatura del suolo, crescita delle piante, lavorazioni, fattori di controllo dell'ambiente di coltivazione. L'uso del modello permette di testare i fattori sperimentali messi a confronto che maggiormente influiscono sulle rese delle colture e sulla dinamica di C e N in condizioni di invarianza climatica (baseline) e di cambiamento climatico, da usare come linee guida per gli esperti e operatori tecnici del settore dell'orticoltura biologica dei sistemi agricoli mediterranei. Nell'azienda sperimentale di Metaponto, le simulazioni dei sistemi colturali orticoli, condotti nelle parcelle delle baule e delle aiuole, hanno preso in considerazione i seguenti trattamenti: tre diverse terminazioni delle ASC (roller crimper, living mulch e sovescio) e concime organo-minerale a confronto con i trattamenti controllo (no ASC con o senza concimazione organo-minerale). I dati ottenuti dalla sperimentazione in pieno campo sono stati raccolti, organizzati e utilizzati per calibrare e validare i risultati delle simulazioni. Nella presente relazione sono riportati i risultati relativi alle rese delle colture da reddito e delle dinamiche di C e N nel suolo, suddivisi per baule ed aiuole. Nell'ambito del **WP 5.3** relativo alla valutazione della sostenibilità agro-ambientale di sistemi agricoli biologici basato su indicatori facilmente rilevabili, sono state definite le tematiche da inserire nel modello di valutazione come illustrato in **tabella 7**.

Tabella 7 - Sistema gerarchico per la valutazione della sostenibilità agro-ambientale di sistemi colturali studiati in dispositivi sperimentali. P-S-I macro aree si riferiscono a indicatori di Stato, di Pressione e di Impatto come definito del sistema DPSIR proposto dalla OECD (1993) e European Environmental Agency (1995).

P-S-I macro area	Sotto area	Indicatore
Stato	Produzione	Valutazione economico
		Qualità prodotto
		Quantità prodotto
Pressione	Input energetico	Ore lavorative
		Input non rinnovabili (ad es. gasolio e lubrificante)
	Input esterni	Nr passaggi meccanici
		impatto ambientale di interventi fitofarmaci ammessi in biologico (nr interventi*impatto)
		rapporto azoto distribuito/azoto asportato
Impatto	Consumo di acqua	m3 di acqua consumata all'anno rispetto alla superficie coltivata
		Sul Suolo
	Sulla Biodiversità	
		bilancio della sostanza organica del sistema (input/output)
Sulla produzione	Sulla Biodiversità	Nr di colture / varietà /tipologie di colture nell'avvicendamento colturale o nel sistema.
		Qualità biologica del suolo (tramite osservazioni che fanno parte della prova della vanga).
	Sulla produzione	Infestanti
		Malattie/Pest
		Micotossine

Il sistema di valutazione prende una forma gerarchica che permette la valutazione della sostenibilità agro-ambientale a più livelli. Il primo livello rappresenta i tre macro-settori principali del modello di valutazione ambientale DPSIR (Drivers, Pressure, State, Impact e Response) (OECD, 1993; EEA, 1995), cioè, indicatori di Pressione, di Stato e di Impatto. Queste tre tipologie di indicatori corrispondono a 1) i fabbisogni dei sistemi coltrali in termine di input esterni e uso di risorse naturali (le Pressione), la valutazione della produzione in termini di qualità e quantità dei prodotti (lo Stato), e l'impatto sui vari sistemi ambientali suolo, acqua e biodiversità (l'Impatto). Il secondo livello declina le macro-aree del sistema DPSIR in componenti dell'agroecosistema e del sistema produttivo che ne fa parte, mentre il terzo livello consiste in indicatori che vengono calcolati in base ai dati forniti dalle dal dispositivo sperimentale studiato. In questa relazione sono stati utilizzati i dati del dispositivo MITIORG/AGROCAMBIO. In base alle tematiche potenziali definiti nella tabella, ogni dispositivo sperimentale può essere valutato in base ai dati raccolti. La valutazione così ottenuta può risultare completo se i dati ricoprono tutti gli argomenti proposti, mentre risulterà parziale se alcuni ambiti della sostenibilità sono ritenute più rilevanti di altri in un determinato contesto, o se per motivi tecnici o economici alcune informazioni non possono essere rilevate.

DESCRIZIONE DEI SINGOLI RISULTATI/INNOVAZIONI OTTENUTI NELL'ESPLETAMENTO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE

1. Contesto in cui si è svolta la prova/sperimentazione per l'ottenimento del risultato

WP2

La rotazione orticola eco-funzionale in baulature è attuata in un'azienda sperimentale del CREA a Metaponto, ovvero in un areale del sud Italia particolarmente soggetto ad eventi meteorologici estremi. In questo contesto l'agricoltura può giocare un ruolo importante nell'adattamento e nella mitigazione dei cambiamenti climatici.

WP3

Le attività previste si sono svolte nel periodo 2014-2017 in agro di Gioia del Colle (BA) in un vigneto in conduzione biologica coltivato con la varietà apirena ad uva da tavola Sugranineteen® (Scarlotta seedless® brand) allevata con sistema trasversale ad Y, con distanze di piantagione di 3,5 x 2,0 m (1428 viti ha⁻¹) e protetta con film plastico dalla fase di germogliamento sino alla raccolta commerciale. Dal punto di vista climatico il triennio è stato caratterizzato da variazioni annuali del regime termo-pluviometrico con maggiore piovosità nel corso del 2016 o notevole aridità nel 2017 che hanno influenzato le risposte vegeto-produttive della varietà Sugranineteen® (tabella 8).

Tabella 8. Precipitazioni nel periodo germogliamento-raccolta

Anno	Precipitazioni Aprile-settembre (mm)
2012	174,3
2013	110,60
2014	202
2015	204,1
2016	370,5
2017	150
Media	201,91

WP4

Le prove su frumento duro (WP4) sono state svolte in 3 località dell'Italia centrale (Jesi - AN, Alberese - GR e Roma) e in 1 località del sud peninsulare (Metaponto - MT) in aziende sperimentali a conduzione biologica. Le determinazioni analitiche sono state effettuate presso i laboratori del CREA-QCE di Roma.

WP5

Le attività del **WP 5.1**, inerenti alle determinazioni di pieno campo, sono state effettuate presso le aziende sperimentali di Metaponto e di Turi, mentre quelle relative alle determinazioni analitiche - strumentali sono state effettuate presso i laboratori del CREA-AA (Centro Agricoltura e Ambiente) di Roma. Le attività di modellistica del **WP 5.2** sono state condotte presso la sede CREA-AA di Roma e hanno interessato sia le simulazioni del periodo di sperimentazione (simulazioni di breve periodo), sia le simulazioni di lungo periodo (30 anni) considerando scenari futuri di cambiamento climatico. Le attività del **WP 5.3** inerenti le valutazioni della sostenibilità agro-ambientale di sistemi agricoli biologici basate su indicatori sintetici e facilmente rilevabili coinvolgono i responsabili dei disegni sperimentali sono coordinate dalla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa.

2. Caratteristiche del risultato

WP 2.1 Gestione del dispositivo sperimentale e valutazione delle performance agronomiche

Per meglio comprendere i risultati ottenuti nella prova di campo a Metaponto, è necessario riportare le tabelle delle singole colture susseguitesì, negli anni di prova, suddivise per aiuole e baule:

Aiuole

La **tabella 9** mostra come, nel caso del pomodoro, la ASC "veccia" abbia consentito di raggiungere una produzione areica di bacche commerciabili pari a 22.99 t/ha, un valore superiore di oltre il 65% rispetto al valore medio di campo. Tra le tipologie di terminazione quella che ha consentito di raggiungere il miglior risultato è stato il sovesciato, che ha prodotto più del 60% rispetto al valore medio. Inoltre la strategia di fertilizzazione più produttiva è risultata quella che ha previsto la somministrazione di organo-minerale ammesso in agricoltura biologica, consentendo di raggiungere una produzione di 16.00 t/ha, valore superiore del 20% circa rispetto al valore medio. Al calare della resa areica è aumentato il °Brix delle bacche, infatti, in generale, il trattamento "controllo", sia per le ASC e sia per la tipologia di terminazione, ha fatto registrare un valore superiore di circa il 10% del valore medio di campo.

Tabella 9. Risultati produttivi pomodoro 2015.

ASC	Prod. Bacche commerciabili t.q. (t/ha)	Prod. Residui colturali t.q. (t/ha)	Sostanza secca bacche (%)	°BRIX
CONTROLLO	9.47	1.04	8.60	6.35
ORZO	7.75	0.83	6.60	4.98
VECCIA	22.99	2.66	7.03	5.39
VECCIA-ORZO	15.37	2.82	8.81	6.23
<i>Media</i>	13.89	1.84	7.76	5.74
Terminazione				
ALLETTATO	8.74	1.09	7.65	5.54
CONTROLLO	9.47	1.04	8.60	6.35
SOVESCIATO	22.00	3.12	7.31	5.53
<i>Media</i>	13.40	1.75	7.85	5.81
Fertilizzazione				
CONTROLLO	11.33	1.93	7.69	5.47
DA	14.35	1.47	7.89	5.99
ORG	16.00	2.11	7.70	5.76
<i>Media</i>	13.89	1.84	7.76	5.74

La **tabella 10** mostra come, nel caso dello zucchini, ASC "MIX 2" abbia consentito di raggiungere una produzione areica di bacche commerciabili superiore di oltre il 25% rispetto al valore medio di campo. Tra le tipologie di terminazione il "SOVESCIATO" risulta essere il trattamento migliore, consentendo di raggiungere il miglior risultato (13.56 t/ha), con un valore superiore di quasi l'8% rispetto al valore medio. Tra le strategie di fertilizzazione la più produttiva si conferma la "ORG", che ha previsto la somministrazione di concime organo-minerale ammesso in agricoltura biologica, consentendo una produzione maggiore di circa l'86% rispetto al valore medio. Per quanto concerne la qualità si nota come in corrispondenza dei trattamenti più produttivi si abbiano dei valori medi di peso del singolo frutto maggiori, confermando che i trattamenti risultati meno produttivi sono stati quelli non in grado di soddisfare a pieno le esigenze nutritive delle piante, che, di conseguenza, hanno prodotto peponidi più piccoli.

Tabella 10. Risultati produttivi zucchino 2016.

ASC	Produzione commerciabile t.q. (t/ha)	Prod. Residui colturali t.q. (t/ha)	Sostanza secca zucchine (%)	Peso medio zucchina (g)
Controllo	13.14	4.93	5.28	185.44
MIX 1	9.61	3.39	5.29	168.71
MIX 2	16.52	4.76	4.87	207.92
<i>Media</i>	13.09	4.36	5.15	187.36
Terminazione				
ALLETTATO	11.09	3.36	5.10	179.14
CONTROLLO	13.14	4.93	5.28	185.44
SOVESCiato	13.56	4.84	5.24	187.05
<i>Media</i>	12.60	4.37	5.21	183.88
Fertilizzazione				
CONTROLLO	4.54	1.95	5.16	138.17
DA	9.34	3.06	5.20	171.14
ORGMIN	22.78	7.34	5.18	238.78
<i>Media</i>	12.22	4.12	5.18	182.69

Con la **tabella 11** si evidenzia come ASC MIX2 per la lattuga, che faceva registrare una ottima performance con la coltura dello zucchino, si mostra in perfetta linea con la media di campo, mentre la ASC "MIX1" ha fatto registrare un valore di produzione commerciabile di +33% rispetto al valore medio. Considerando la tipologia di terminazione sia l'"ALLETTATO" che il "SOVESCiato" raggiungono valori produttivi simili. Ottima la performance della strategia di fertilizzazione che ha previsto l'utilizzo dell'organo minerale. In termini di qualità del prodotto è da sottolineare che in tutti i casi non sono stati superati i valori imposti dalla normativa di riferimento e, considerando le ASC, il valore più basso di nitrati nella lamina fogliare è stato raggiunto dal MIX 1.

Tabella 11. Risultati produttivi lattuga 2016.

ASC	Produzione commerciabile t.q. (t/ha)	Produzione lorda t.q. (t/ha)	Sostanza secca cespo (t/ha)	SPAD	Nitrati nella lamina (mg/Kg)
CONTROLLO	9.18	15.75	8.56	36.33	478.12
MIX1	18.81	32.61	7.83	31.02	179.38
MIX2	14.52	24.48	7.97	35.21	346.82
<i>Media</i>	14.17	24.28	8.12	34.19	334.77
Terminazione					
ALLETTATO	17.40	30.19	7.64	32.39	253.70
CONTROLLO	9.18	15.75	8.56	36.33	478.12
SOVESCiato	17.34	29.33	8.35	32.48	198.18
<i>Media</i>	14.64	25.09	8.18	33.73	310.00
Fertilizzazione					
CONTROLLO	16.56	26.66	8.26	31.42	31.09
DA	15.50	27.26	7.33	34.01	122.48
ORG.MIN	18.36	32.63	8.23	34.77	734.20
<i>Media</i>	16.80	28.85	7.94	33.40	295.92

In **tabella 12** si riportano i risultati produttivi dello zucchino ottenuti nel 2017 con gli adeguamenti sperimentali anzi descritti. Si osserva come, in questo caso, si è ottenuta una produzione media di campo inferiore rispetto al 2016, probabilmente legata al particolare andamento termico pluviometrico dell'annata, che deve essere ricordata come una tra le più calde e secche degli ultimi

decenni. In generale, i trattamenti che hanno previsto la presenza delle ASC hanno raggiunto valori produttivi superiori alla media. Inoltre, la terminazione "SOVESCiato" ha consentito di raggiungere un valore produttivo superiore del 50% rispetto al valore medio di campo. La strategia di fertilizzazione che ha previsto l'utilizzo dell'organo-minerale si conferma la migliore, con un valore produttivo di quasi il 60% superiore al valore medio. Per quanto concerne la qualità, si conferma quanto esposto per il 2016, cioè che i trattamenti più produttivi hanno fatto registrare dei valori di peso medio dei peponidi superiori.

Tabella 12. Risultati produttivi zucchini 2017.

ASC	Produzione commerciabile t.q. (t/ha)	Prod. Residui colturali t.q. (t/ha)	Sostanza secca zucchine (%)	Peso medio zucchini (g)
CONTROLLO	5.85	2.67	5.98	93.43
MIX 1	10.20	4.10	5.87	116.44
MIX 2	6.55	3.22	5.65	108.11
<i>Media</i>	7.54	3.33	5.83	106.00
Terminazione				
ALLETTATO	7.00	3.04	5.56	106.23
CONTROLLO	5.85	2.67	5.98	93.43
SOVESCiato	12.95	5.34	6.27	128.54
<i>Media</i>	8.60	3.68	5.94	109.40
Fertilizzazione				
CONTROLLO	4.89	2.06	6.27	91.34
DA	5.89	3.14	5.14	88.43
ORG	12.23	4.83	6.10	135.53
<i>Media</i>	7.67	3.34	5.83	105.10

I risultati produttivi della lattuga ottenuti nel 2017, sono riportati in **tabella 13** e confermano l'ASC "MIX 1", che prevedeva la presenza della vecchia, superiore rispetto al MIX2 e controllo, facendo inoltre registrare un valore superiore del 25% rispetto alla produzione media del campo. Il trattamento "SOVESCiato" si conferma come il migliore, raggiungendo un valore di 29.17 t/ha. I trattamenti fertilizzanti organici si dimostrano in grado di supportare le produzioni, in particolare il trattamento "DA", con un +20% rispetto alla produzione media. Ottimi anche i valori di Nitrati nella lamina fogliare (comunque sempre inferiori ai limiti di legge).

Tabella 13. Risultati produttivi lattuga 2017.

ASC	Produzione commerciabile t.q. (t/ha)	Produzione lorda t.q. (t/ha)	Sostanza secca cespo (t/ha)	SPAD	Nitrati nella lamina (mg/Kg)
CONTROLLO	25.29	17.82	12.46	31.83	329.10
MIX 1	30.96	34.62	8.68	31.43	238.26
MIX 2	17.92	21.17	10.78	35.48	183.72
<i>Media</i>	24.72	24.53	10.64	32.91	250.36
Terminazione					
ALLETTATA	25.33	28.54	9.82	32.52	167.56
CONTROLLO	25.29	17.82	12.46	31.83	329.10
SOVESCiato	29.17	33.32	8.49	33.30	325.11
<i>Media</i>	26.60	26.56	10.26	32.55	273.93
Fertilizzazione					
CONTROLLO	14.87	13.73	9.43	29.67	133.23
DA	31.52	29.19	10.37	33.09	115.58
ORG.MIN	29.76	34.16	10.12	34.26	460.38
<i>Media</i>	25.38	25.69	9.98	32.34	236.40

Baule

La **tabella 14** mostra come, nell'ambito dello schema sperimentale adottato, nel 2015 il miglior risultato è stato raggiunto dalla varietà "Precoce" (TIBERIO) di finocchio. In termini di strategie fertilizzante, il trattamento "ORG", che prevede l'utilizzo di un fertilizzante organo-minerale, ha raggiunto un valore produttivo di 75.72 t/ha, superiore di circa il 19% rispetto alla media di campo.

Tabella 14. Risultati produttivi finocchio 2015.

Varietà	Produzione totale t.q. (t/ha)	Sostanza secca (%)	Nitrati (mg/Kg)
Medio tardiva	56.58	8.68	1584.46
Precoce	77.78	7.97	1590.99
<i>Media</i>	63.65	8.44	1586.64
Fertilizzazione			
CONTROLLO	53.60	8.95	865.42
DA	61.63	8.19	1590.49
ORG	75.72	8.19	2304.02
<i>Media</i>	63.65	8.44	1586.64

In **tabella 15** sono riportati i risultati produttivi del cavolo con ciclo 2015-2016. Il trattamento che ha previsto la consociazione del cavolo con il trifoglio ha consentito alla coltura di raggiungere una produzione superiore alla media di campo di circa il 25%.

Di gran lunga migliori i risultati produttivi stati ottenuti con la fertilizzazione effettuata con concime organo-minerale (ORG), in grado di supportare la produzione consentendo il raggiungimento di valori superiori di ben il 100% rispetto al valore medio di campo. I trattamenti hanno comunque consentito di mantenere bassi i livelli di nitrati nei corimbi.

Tabella 15. Risultati produttivi cavolo 2016.

ASC	Produzione corimbi t.q. (t/ha)	Produzione biomassa t.q. (t/ha)	Sostanza secca corimbi (%)	Nitrati corimbi (mg/Kg)
MEDICA	4.33	14.48	10.33	3.59
TRIFOGLIO	5.22	13.03	10.29	11.46
CONTROLLO	2.75	5.81	12.29	10.31
<i>Media</i>	4.10	11.11	10.97	8.45
Fertilizzazione				
CONTROLLO	1.78	4.27	10.78	0.00
DA	1.41	6.95	12.21	0.38
ORG	8.69	22.10	9.18	18.99
<i>Media</i>	4.25	11.11	10.78	7.93

Il trattamento "TRIFOGLIO" si è dimostrato in grado di ben supportare la produzione di pomodoro nella stessa annata agraria, come mostrato in **tabella 16**. La produzione garantita supera del 100% la media di campo, consentendo, allo stesso tempo, di mantenere un ottimo livello qualitativo (5.83 °Brix). Considerando la strategia di fertilizzazione, il trattamento "DA", che ha previsto la somministrazione di digestato anaerobico, ha consentito di raggiungere una produzione di 7.05 t/ha, pari a +25% rispetto al valore medio di produzione.

Tabella 16. Risultati produttivi pomodoro 2016.

ASC	Prod. bacche commerciabile t.q. (t/ha)	Prod. residui colturali t.q. (t/ha)	Sostanza secca bacche (%)	°Brix
MEDICA	0.17	1.57	0.07	2.06
TRIFOGLIO	10.48	5.08	0.11	5.83
CONTROLLO	4.66	2.54	0.11	5.69
<i>Media</i>	<i>5.10</i>	<i>3.06</i>	<i>0.10</i>	<i>4.53</i>
Fertilizzazione				
CONTROLLO	2.76	2.78	0.15	4.79
DA	7.05	2.39	0.07	3.79
ORG	5.49	4.02	0.08	5.84
<i>Media</i>	<i>5.10</i>	<i>3.06</i>	<i>0.10</i>	<i>4.81</i>

I risultati illustrati nella **tabella 17** mostrano l'effetto di un evento meteorico eccezionale, simulato con una inondazione artificiale del campo, effettuata nel mese di dicembre 2016. Si evidenzia come la produzione sia quasi del tutto annullata. I migliori risultati sono comunque raggiunti, in termini di strategia di fertilizzazione, utilizzando il concime organo-minerale (ORG).

Tabella 17. Risultati produttivi cavolo 2017.

ASC	Produzione corimbi t.q. (t/ha)	Produzione biomassa t.q. (t/ha)	Sostanza secca corimbi (%)	Nitrati corimbi (mg/Kg)
MEDICA	0.46	1.94	16.33	0.00
TRIFOGLIO	0.26	1.24	3.12	0.00
CONTROLLO	0.54	2.94	3.16	0.00
<i>Media</i>	<i>0.42</i>	<i>2.04</i>	<i>7.54</i>	<i>0.00</i>
Fertilizzazione				
CONTROLLO	0.00	0.00	0.00	0.00
DA	0.16	0.94	2.48	0.00
ORG	0.77	3.88	8.34	0.00
<i>Media</i>	<i>0.31</i>	<i>1.61</i>	<i>3.60</i>	<i>0.00</i>

Relativamente alla produzione del pomodoro nel 2017, la **tabella 18** mette in evidenza come l'ASC "MEDICA" consente di raggiungere un valore produttivo superiore per oltre il 50% della produzione media di campo. La strategia "ORG" si conferma quella in grado di soddisfare le esigenze nutrizionali della coltura, consentendo di raggiungere anche un buon livello qualitativo della bacca con un °Brix di 5.31.

Tabella 18. Risultati produttivi pomodoro 2017.

ASC	Prod. bacche commerciabile t.q. (t/ha)	Prod. residui colturali t.q. (t/ha)	Sostanza secca bacche (%)	°Brix
MEDICA	26.17	2.40	6.91	4.79
TRIFOGLIO	10.89	1.58	7.59	5.38
CONTROLLO	14.46	2.26	7.84	5.47
<i>Media</i>	17.17	2.08	7.45	5.21
Fertilizzazione				
CONTROLLO	5.06	0.79	8.01	5.51
DA	9.84	1.69	7.55	5.28
ORG	21.72	2.80	7.48	5.31
<i>Media</i>	12.05	1.76	7.68	5.36

Per quanto riguarda le relazioni tra le variabili geofisiche e il contenuto idrico del suolo, di seguito si riportano i risultati ottenuti.

La statistica descrittiva ha evidenziato come il contenuto idrico variava tra 11.26 e 17.37% a Luglio e tra 14.55 e 20.09% in Ottobre, mostrando condizioni più secche nella prima indagine, rispetto all'indagine di Ottobre eseguita dopo un evento piovoso registrato una settimana prima delle indagini (**Figura 29**). Le mappe mostrano un andamento spaziale simile, con i valori più elevati localizzati nella parte orientale del campo in confronto alla restante parte, dove si osservano i valori più bassi. Nella mappa di Ottobre, i valori più alti sono osservati anche nell'angolo sud-ovest.

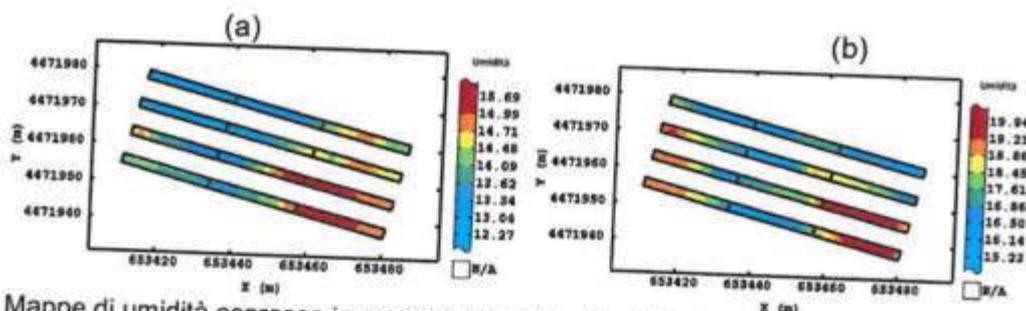


Figura 29. Mappe di umidità espressa in percentuale nella data di Luglio (a) e di Ottobre (b).

Sebbene la differenza nella quota tra le due aree (al massimo di circa 0.6m) non sia molto elevata (**Figura 30**), da una ispezione visiva delle mappe, si osserva che i valori più elevati di umidità corrispondono all'area con un lieve avvallamento, evidenziando che la sistemazione idraulica del suolo per baulatura non elimina completamente il rischio di ristagno idrico e non facilita il deflusso laterale dell'acqua in eccesso. Il coefficiente di correlazione tra la quota e il contenuto idrico risulta essere significativo ($p < 0.0001$) ma basso, indicando che la variabilità spaziale del contenuto idrico è influenzato da altre proprietà del suolo. Il confronto qualitativo tra le mappe nelle due date è confermato dall'analisi temporale e dal cross-correlogramma. I risultati indicano alta stabilità temporale con le aree con maggiore variazione caratterizzate dai più alti e più bassi valori di quota.

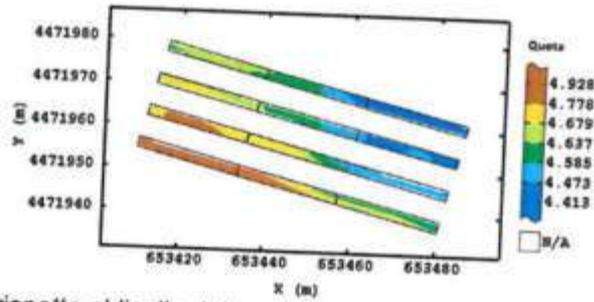


Figura 30. Mappa della quota rispetto al livello del mare. L'unità di misura è in metri.

Poiché i fattori che influenzano la distribuzione laterale e verticale dell'acqua nel suolo possono essere diversi, tramite i risultati delle indagini geofisiche si è cercato di interpretare questi fattori. Per quanto riguarda i dati di conducibilità elettrica apparente in entrambe le polarizzazioni, la statistica descrittiva mostra che i dati di EC_a registrati in Ottobre hanno valori più bassi (media, deviazione standard e coefficiente di variazione) rispetto a quelli di Luglio, indicando minore variabilità nell'indagine di Ottobre. Dalle relative mappe tematiche (Figura 31) è possibile osservare, in generale, una coerenza nelle due orientazioni implicando una continuità spaziale nel profilo del suolo almeno fino a ~ 1 m di profondità. La conducibilità elettrica apparente alle due profondità, quindi, fornisce un'indicazione dell'omogeneità del profilo di suolo in quelle variabili che influenzano i valori di EC_a (principalmente contenuto di argilla, di sostanza organica, contenuto idrico, porosità e salinità). Comunque, la correlazione tra i due valori di Ottobre risulta essere più bassa, indicando una possibile discontinuità nel profilo di suolo o una condizione disomogenea nella distribuzione dell'acqua in profondità legata agli eventi piovosi.

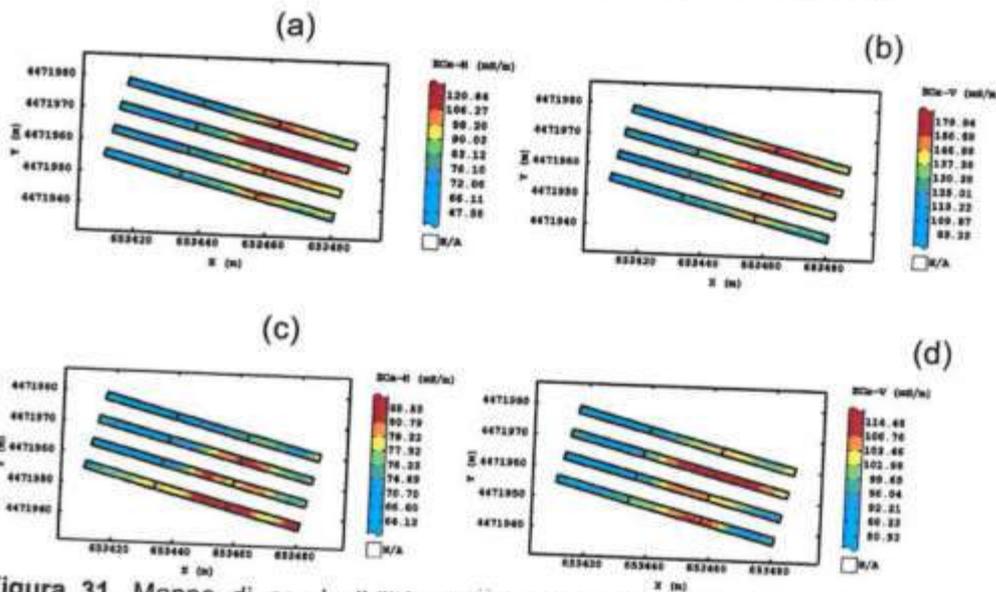


Figura 31. Mappe di conducibilità elettrica apparente (EC_a) per la data di Luglio con polarizzazione orizzontale (a) e verticale (b) e per la data di Ottobre con polarizzazione orizzontale (c) e verticale (d). L'unità di misura è milli-Simens per metro.

Nelle mappe, inoltre, si identifica l'area lungo il bordo orientale del campo caratterizzata da alti valori di EC_a e quella occidentale caratterizzata da bassi valori. La persistenza nel tempo degli alti valori di EC_a in questa parte del campo potrebbe essere attribuita a proprietà intrinseche del suolo, come caratteristiche tessiturali e topografiche, mentre le differenze tra i valori assoluti delle due variabili sono attribuibili a differenti condizioni idriche. Queste osservazioni qualitative sono state confermate dall'alta e significativa correlazione tra i valori di EC_a nelle due polarizzazioni, acquisiti nelle due date ($r=0.78$ tra i valori di EC_a-V e $r=0.60$ per EC_a-H). Le variazioni sono più elevate per la polarizzazione orizzontale poiché la principale causa di variabilità avviene principalmente in superficie. Anche in questo caso, l'analisi temporale conferma che le strutture spaziali sono simili

nelle due date, ma l'andamento leggermente asimmetrico dei cross-correlogrammi indica che i parametri che influenzano le variazioni della conducibilità sono differenti nelle due date. Dal confronto visivo, le mappe di conducibilità elettrica apparente sono molto simili alle mappe di umidità e mostrano le stesse strutture spaziali della quota. Le aree caratterizzate da valori di EC_a più elevati corrispondono alle zone più basse, in cui il contenuto di acqua del terreno tende ad essere più elevato. Questi risultati sono confermati dai coefficienti di correlazione tra EC_a e il contenuto idrico solo per la data di Luglio, mentre per Ottobre una significativa correlazione si ottiene solo per EC_a-H , ma il valore non è elevato. Una possibile ragione di questa differenza è legata alla profondità di esplorazione delle misure elettromagnetiche e il campionamento del terreno. I risultati dimostrano che le misure di EC_a sono un buon indicatore di presenza di acqua nel terreno superficiale ma, in generale, sia la topografia che le discontinuità del suolo svolgono un ruolo significativo nell'influencare spazialmente la conducibilità elettrica. L'analisi e l'interpretazione dei radargrammi e delle mappe di ampiezza potrebbero consentire l'identificazione di tali discontinuità del suolo e la loro relativa profondità.

Su tutte le sezioni radar si sono identificate quattro riflessioni interpretate, sulla base di un profilo pedologico preesistente, come interfacce del suolo. Riassumendo, possono essere riconosciuti quattro strati principali (**Figura 32**): un primo strato (R1) alla profondità da circa 0 m a 0.36 m, un secondo strato (R2) da circa 0.3 m a 1 m, un terzo strato (R3) da circa 0.67 m a 1.3 m e un quarto strato (R4) da circa 1.2 m a 1.8 m. Sotto quest'ultimo strato, si osserva un'elevata attenuazione, che potrebbe essere indicativa di presenza di acque sotterranee o di un'area più umida.

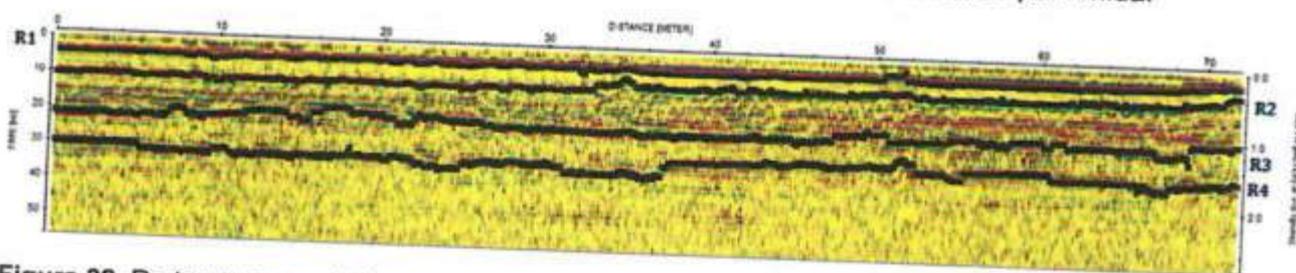


Figura 32. Radargramma relativo a un profilo acquisito con il sistema monostatico GPR con antenne da 600 MHz a Luglio.

Poiché queste riflessioni sono dovute alla microporosità, alla conducibilità idraulica e alla struttura del sottosuolo (distribuzione di materiali e stratificazione), l'ipotesi è che in condizioni idriche differenti, la profondità di questi orizzonti cambia. Pertanto, le profondità delle riflessioni sono state estratte e interpolate usando un approccio multivariato. Si riporta solo la mappa relativa alle differenze di profondità dello strato R2 nelle due date di indagine, interpretato come l'inizio dell'orizzonte con bassa permeabilità e che, quindi, potrebbe influenzare il flusso verticale di acqua (**Figura 33**). La mappa mostra un aumento della profondità dello strato R2 (valori negativi) nella parte orientale del campo, laddove i valori di umidità sono più elevati e si osserva un aumento dei valori assoluti di umidità da Luglio ad Ottobre. Una probabile spiegazione è che la quantità di acqua immagazzinata nelle aree con uno strato a bassa permeabilità più superficiale è maggiore rispetto a quella nella zona con questo strato più profondo perché l'acqua non può percolare. Le variazioni di discontinuità del terreno, quindi, potrebbero influenzare in modo significativo la distribuzione spaziale del contenuto idrico.

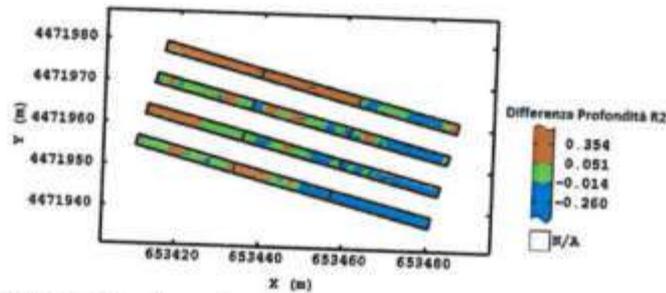


Figura 33. Mappa delle differenze tra la profondità dello strato R2 stimata a Luglio e quella stimata ad Ottobre.

Una seconda fase di analisi dei dati GPR è stata focalizzata sull'attenuazione del segnale radar e la creazione di mappe 2D di ampiezza istantanea a diversi tempi di acquisizione le quali mostrano differenze di ampiezza dell'onda riflessa. Le aree di bassa ampiezza indicano una maggiore attenuazione dell'energia radar nel suolo, mentre quelle con ampiezza elevata corrispondono alle aree di alto contrasto, come vuoti o importanti cambiamenti stratigrafici. Anche per i dati del GPR, l'analisi temporale ha messo in evidenza che le aree con maggiore variazione sono localizzate nella parte orientale del campo, come per il contenuto idrico e per la conducibilità elettrica. E, infine, i cross correlogrammi rivelano che le sorgenti di variazione nelle due date sono differenti. Questo studio ha permesso di osservare che, sebbene il range di variazione del contenuto idrico non è molto grande e nelle due date indagate si osservava una stabilità temporale, esistono differenze tra gli output geofisici. In particolare, i dati EMI e GPR sono influenzati dal contenuto idrico in condizioni secche, riproducendo l'andamento spaziale del contenuto idrico. In condizioni umide e in periodi di transizione, i risultati mostrano che l'umidità non è l'unica variabile che influenza i dati geofisici. Pertanto, per migliorare le correlazioni tra umidità e dati geofisici, la condizione idrica dovrebbe essere il più omogenea possibile entro l'area di studio per poter predire e stimare l'umidità, che è un parametro importante per le attività agronomiche.

Per quanto riguarda i risultati dell'indagine topografica, dall'analisi statistica di base per ciascuna data di indagine nelle baule si osserva che in media i valori di quota diminuiscono dalla prima baula alla terza (Tabella 19). Nel periodo prima dell'evento piovoso estremo (tra Maggio e Settembre) le differenze sono significative solo per la prima baula. I risultati, per le altre baule, indicano che nel breve periodo e senza particolari eventi termo-pluviometrici non si verificano cambiamenti di quota e le differenze potrebbero essere dovute ad errori strumentali. La diversa conduzione agronomica e in particolare la presenza di piante in consociazione permanente nella baula 1 sembra, invece, influenzare l'abbassamento della quota in questo specifico periodo di tempo e dell'anno, sebbene la differenza sia piccola (4.4 cm). Differenze statisticamente significative sono state osservate in tutte le baule, tra i dati misurati a Settembre 2016 e Febbraio 2017, rispettivamente prima e dopo l'evento meteo indotto (Tabella 19).

Tabella 19. Differenze di quota (m s.l.m.) nelle baule tra Maggio e Settembre 2016, tra Settembre e Febbraio 2017 e significatività (Test di Mann-Whitney - *differenze per $P \leq 0.05$; **per $P \leq 0.01$; ns non significative)

Date di indagine	Differenze medie (m)		
	Baula 1	Baula 2	Baula 3
Maggio - Settembre	0.044*	0.040 ns	0.021 ns
Settembre - Febbraio	0.743**	0.753*	0.765*

In generale, le tre baule hanno subito un abbassamento medio di quota di circa 75 cm da Settembre a Febbraio, in seguito all'evento indotto. In dettaglio, dal grafico di Figura 34, si può osservare che l'andamento della quota nelle tre baule sia prima che dopo l'evento meteorico indotto è in generale lo stesso: la baula 1, caratterizzata dalla presenza dell'erba medica e quindi

della consociazione permanente e presenza di copertura tutto l'anno, risulta essere sempre più alta della baula 3, caratterizzata dall'assenza di copertura vegetale in consociazione.

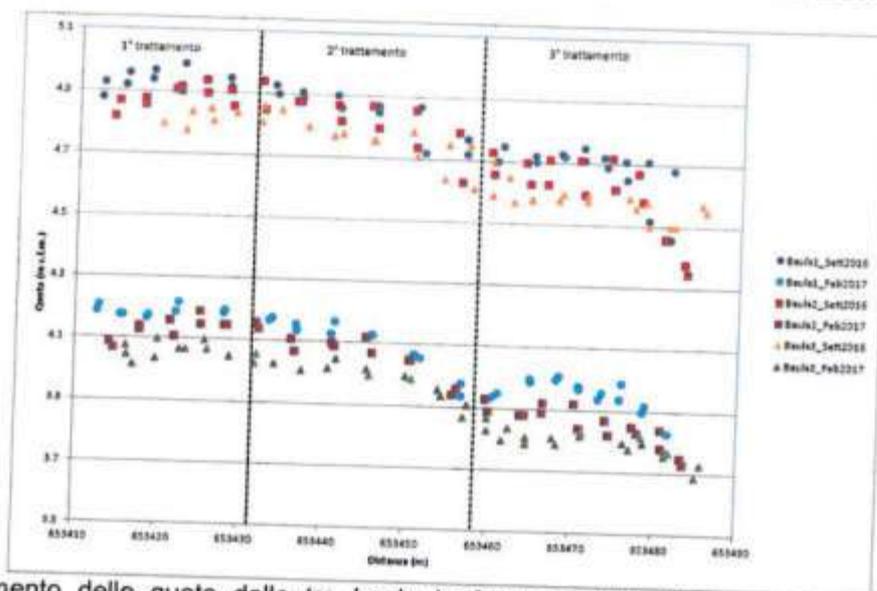


Figura 34. Andamento delle quote delle tre baule in funzione della distanza per le date pre-evento (Settembre 2016) e post evento (Febbraio 2017).

Se consideriamo i valori assoluti, a Febbraio 2017 l'altezza media della baula caratterizzata dalla consociazione permanente è più alta mediamente di 78.6 cm rispetto alla baula controllo, mentre la baula con una copertura del suolo stagionale ha fatto registrare una situazione intermedia (76.5 cm di altezza maggiore rispetto alla baula con terreno nudo). Tuttavia la baula 1 ha subito un abbassamento di quota di 2.2 cm rispetto alla baula 3. Nella baula 2 con una gestione conservativa, con consociazione stagionale (trifoglio), si è registrato un abbassamento di quota in media di 1 cm rispetto sia alla baula senza vegetazione che quella con consociazione permanente. Per verificare l'influenza del trattamento organico fertilizzante, le quote nelle tre date di indagine sono state confrontate considerando le diverse parcelle con diverso trattamento (Tabella 20). La rotazione colturale e l'evento meteorologico estremo non hanno avuto una diversificazione in termini di quota se si considerano trattamenti fertilizzanti posti a confronto: digestato anaerobico (DA), fertilizzante organico (ORG-MIN) e controllo. Più specificatamente, i dati mostrano una riduzione della media delle quote indipendentemente dal trattamento fertilizzante utilizzato. Pertanto, anche se l'apporto di sostanza organica al suolo modifica le caratteristiche fisiche dello stesso, e quindi di conseguenza anche i valori di runoff, nel caso specifico questo importante fattore agronomico non ha influenzato l'abbassamento di quota. Tale comportamento è presumibilmente da attribuirsi alla violenza dell'evento che ha superato i limiti imposti dalla tecnica colturale.

Tabella 20. Differenze della quota (m s.l.m.) nelle tre baule tra Maggio 2016 e Settembre 2016 e tra Settembre e Febbraio 2017 suddivise per trattamento e relativa significatività (Test di Mann-Whitney - *differenze per $P \leq 0.05$; **per $P \leq 0.01$; ns non significative)

	Differenze medie (m)	
	Maggio - Settembre	Settembre - Febbraio
Baula 1 CONTROLLO	0.049 ns	0.745*
Baula 1 DA	0.038*	0.744*
Baula 1 ORG-MIN	0.044*	0.739*
Baula 2 CONTROLLO	0.022 ns	0.757*
Baula 2 DA	0.065 ns	0.744*
Baula 2 ORG-MIN	0.026 ns	0.757*
Baula 3 CONTROLLO	0.018 ns	0.776*
Baula 3 DA	0.02 ns	0.766*
Baula 3 ORG-MIN	0.021 ns	0.751*

Per quanto riguarda le mappe, tutte mostrano un'area con più alti valori nella parte orientale del campo, una parte centrale con valori intermedi e nel lato occidentale un'area con bassi valori. Le strutture spaziali, quindi, non subiscono differenze a seguito dell'evento indotto e la depressione lungo il bordo orientale è sempre presente.

La mappa delle differenze di quota misurata a Settembre 2016 e quella di Febbraio 2017 (Figura 35) mostra chiaramente che in tutte le baule si verifica un abbassamento di quota (valori positivi). In particolare, la parte orientale, dove la depressione è sempre evidente, è soggetta ad una maggiore diminuzione, mentre la baula 1, caratterizzata da una consociazione permanente, mostra una diminuzione più uniforme in confronto con le altre baule. Di conseguenza, la presenza della consociazione permanente, gioca un ruolo fondamentale nella riduzione di acqua e di perdita di suolo e potrebbe assicurare una maggiore produzione.

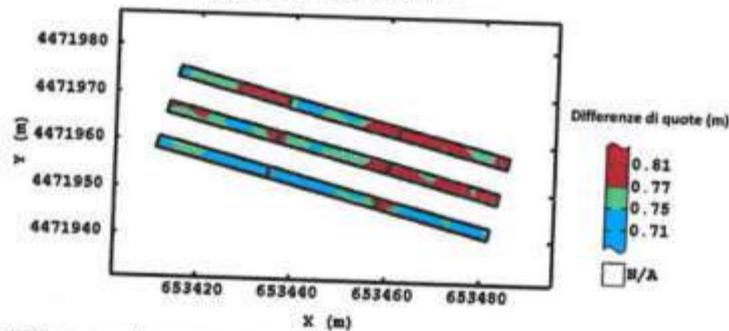


Figura 2. Mappa delle differenze di quota nelle tre baule tra Settembre 2016 e Febbraio 2017.

Per quanto riguarda le quote nelle aiuole nel periodo prima dell'evento piovoso (da Aprile ad Ottobre 2016) le differenze sono non significative, indicando che non si verificano cambiamenti nei valori di quota e le differenze possono essere dovute a errori di misura. Differenze statisticamente significative sono state osservate in tutte le aiuole, tra i dati di Ottobre 2016 (ultima data di indagine prima dell'evento meteorico indotto) e i dati registrati a Febbraio 2017 (rilievo effettuato dopo l'evento, Tabella 21).

Tabella 21. Differenze della quota (m s.l.m.) nelle aiuole tra Aprile e Luglio 2016, tra Luglio e Ottobre 2016 e tra Ottobre 2016 e Marzo 2017 e relativa significatività (Test di Mann-Whitney - *differenze per $P \leq 0.05$; **per $P \leq 0.01$; ns non significative)

Date di indagine	Differenze medie (m)			
	Aiuola 1	Aiuola 2	Aiuola 3	Aiuola 4
Aprile-Luglio	0.0086 ns	0.02 ns	0.025 ns	0.009 ns
Luglio-Ottobre	0.02 ns	-0.061 ns	-0.011 ns	0.01 ns
Ottobre-Marzo	-0.813*	-0.812*	-0.821*	-0.839*

In generale si osserva un innalzamento della quota (i valori registrati a Febbraio sono più elevati di quelli di Ottobre), con un valore medio di 80 cm. In dettaglio, dal grafico di Figura 36 si osserva che prima dell'evento (Ottobre) le quote sono distribuite uniformemente all'interno di ciascuna aiuola (si distribuiscono su una linea quasi retta) e si osserva un gradiente dall'aiuola 1 all'aiuola 4. A Marzo (dopo l'evento) l'andamento delle quote si differenzia da quello di Ottobre ed è molto simile a quello osservato per le baule, mantenendo le differenze di quote tra la prima aiuola e l'ultima. Se consideriamo i valori assoluti a Marzo, l'altezza media dell'aiuola 4 ha subito un sollevamento di 2.6 cm in più rispetto all'aiuola 1.

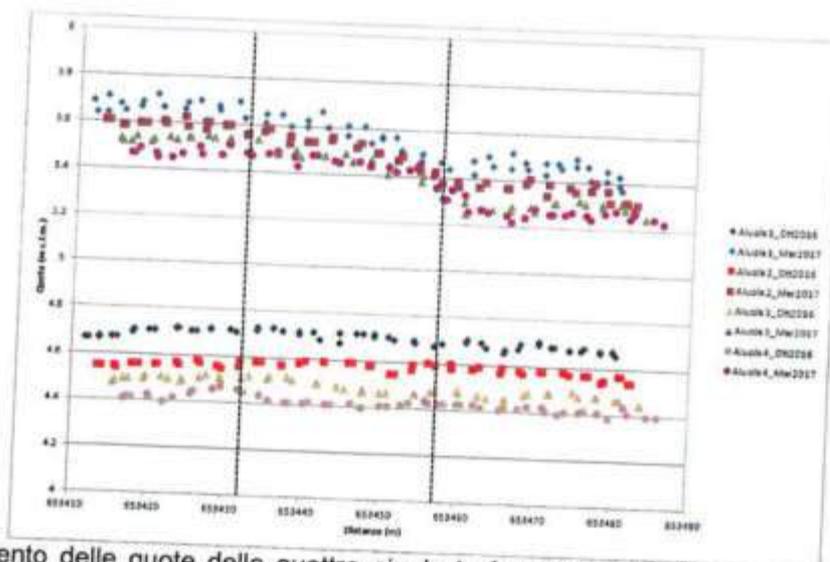


Figura 36. Andamento delle quote delle quattro aiuole in funzione della distanza per le date pre-evento (Ottobre 2016) e post evento (Marzo 2017).

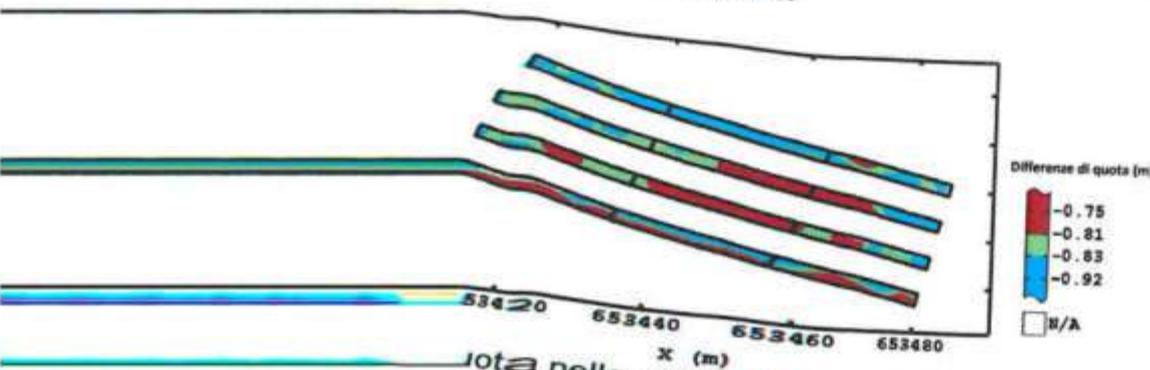
Per verificare l'influenza del trattamento organico fertilizzante, le quote nelle date pre e post evento (Ottobre 2016 e Marzo 2017) sono state confrontate considerando le diverse parcelle con diverso trattamento (Tabella 22). Anche per le aiuole, così come visto in precedenza per le baule, i diversi trattamenti fertilizzanti posti a confronto non hanno influito sulla diversificazione in termini di quota. I dati, in dettaglio, mostrano un aumento della media delle quote indipendentemente dal trattamento utilizzato.

Tabella 22. Differenze della quota (m s.l.m.) nelle aiuole tra Ottobre 2016 e Marzo 2017 suddivise per trattamento e relativa significatività (Test di Mann-Whitney - *differenze per $P \leq 0.05$; **per $P \leq 0.01$; ns non significative)

	Differenze medie (m)
	Ottobre-Marzo
Aiuola 1 CONTROLLO	
Aiuola 1 DA	-0.81*
Aiuola 1 ORG-MIN	-0.83*
Aiuola 2 CONTROLLO	-0.78*
Aiuola 2 DA	-0.82*
Aiuola 2 ORG-MIN	-0.81*
Aiuola 3 CONTROLLO	-0.79*
Aiuola 3 DA	-0.81*
Aiuola 3 ORG-MIN	-0.808*
Aiuola 4 CONTROLLO	-0.83*
Aiuola 4 DA	-0.825*
Aiuola 4 ORG-MIN	-0.85*
	-0.83*

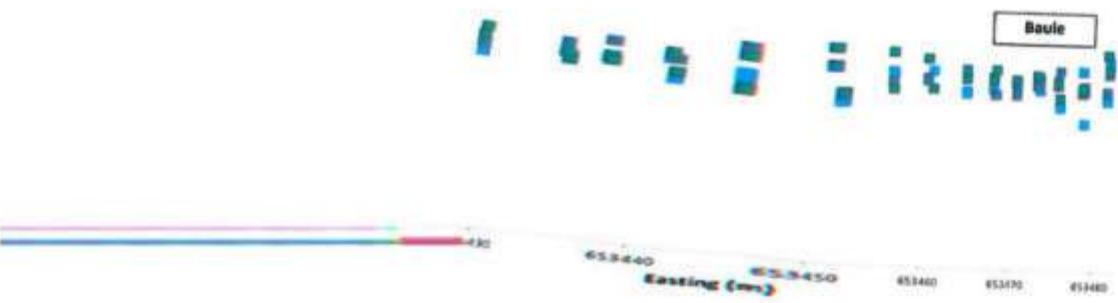
Per quanto riguarda le mappe, tutte mostrano una depressione lungo il bordo orientale del campo e i valori più elevati nel lato occidentale. Le strutture spaziali, anche in questo caso, non subiscono variazioni a seguito dell'evento indotto e significative variazioni nei valori assoluti sono osservati nella mappa di Marzo 2017. La mappa delle differenze è stata calcolata solo tra le date di Ottobre 2016 e Marzo 2017 (Figura 37). I valori negativi indicano un aumento della quota in tutte le aiuole: in particolare, la parte centrale delle aiuole 2 e 3 sono caratterizzate da un maggiore sollevamento (o accumulo di sedimenti), seguendo le linee del flusso d'acqua, come visto negli studi precedenti. Nell'aiuola 4, caratterizzata da assenza di colture agro-ecologiche, c'è un aumento della quota più

Altre aiuole dove la variabilità è più elevata. Questi risultati potrebbero indicare il suolo che avviene nelle baule 1 e 2 e gli eventi piovosi possono aver portato di sedimenti. Inoltre, si osserva che l'aiuola 4 è vicina alla baula 3, senza della consociazione permanente che potrebbe influenzare il perdita di sedimenti.



Quota nelle aiuole tra Ottobre 2016 e Marzo 2017.

La differenza di quota di ciascuna baula (Settembre 2016 - Marzo 2017) e la quota delle due aiuole a cavallo di questa (Ottobre 2016 - Marzo 2017) sono molto simili. Questo indica che il sollevamento delle aiuole, indotto dalla struttura baula - aiuola si è attenuata.



Quota baula prima e dopo l'evento estremo (Settembre 2016 - Marzo 2017) e aiuole a cavallo di questa, prima e dopo l'evento estremo.

Si osserva che l'evento meteorologico estremo indotto ha portato a un aumento della quota delle baula. La presenza della consociazione permanente e i dati mostrano una variazione della media della quota delle aiuole a confronto. Questo potrebbe influire sulla produzione del cavolo sulle baula. Nella prima e seconda baula (Figura 39). Nella terza baula, dove c'è stata una alta perdita di suolo, non c'è stata alcuna variazione della quota. Questo potrebbe essere dovuto all'allagamento del campo, che nella terza baula, caratterizzate da un allagamento di acqua, ha portato all'assenza delle leguminose e/o agli

uniforme in confronto alle altre aiuole dove la variabilità è più elevata. Questi risultati potrebbero essere dovuti all'erosione del suolo che avviene nelle baule 1 e 2 e gli eventi piovosi possono aver causato un diverso accumulo di sedimenti. Inoltre, si osserva che l'aiuola 4 è vicina alla baula 3, che è caratterizzata dall'assenza della consociazione permanente che potrebbe influenzare il bilancio idrico e determinare perdita di sedimenti.

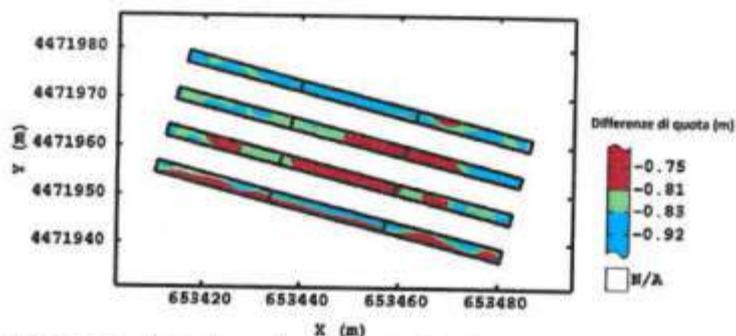


Figura 3. Mappa delle differenze di quota nelle aiuole tra Ottobre 2016 e Marzo 2017.

Nella Figura 38 sono rappresentate la differenza di quota di ciascuna baula (Settembre 2016 – Febbraio 2017) e la differenza di quota delle due aiuole a cavallo di questa (Ottobre 2016 – Marzo 2017): si osserva che l'abbassamento delle baule è all'incirca pari al sollevamento delle aiuole, indicando che dopo l'evento meteorico indotto la struttura baula - aiuola si è attenuata.

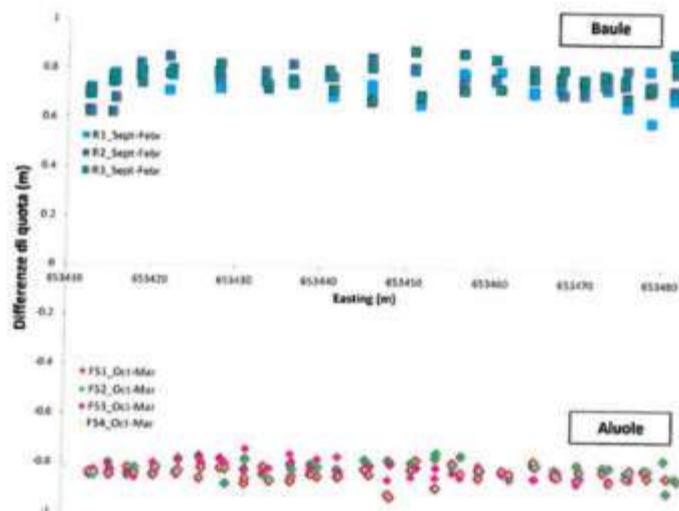


Figura 38. Differenza di quota per ciascuna baula prima e dopo l'evento estremo (Settembre 2016 – Febbraio 2017) e la differenza di quota delle due aiuole a cavallo di questa, prima e dopo l'evento estremo (Ottobre 2016 – Marzo 2017).

Riassumendo, dalle analisi svolte si evince che l'evento meteorologico estremo indotto ha cambiato la disposizione idraulica del dispositivo. La presenza della consociazione permanente sembra influenzare la perdita di quota mentre i dati mostrano una variazione della media della quota indipendentemente dai trattamenti fertilizzanti posti a confronto.

Sono stati valutati gli effetti dell'evento estremo sulla produzione del cavolo sulle baule. Produzione commerciabile è stata ottenuta solo nelle prime due baule (Figura 39). Nella terza, caratterizzata dall'assenza di pacciamatura e dalla più alta perdita di suolo, non c'è stata alcuna produzione. Questi risultati possono essere dovuti sia all'allagamento del campo, che nella terza baula dura più a lungo (3-4 giorni) in confronto alle altre baule, caratterizzate da un allagamento di un paio di giorni, che alla bassa fertilità del suolo dovuta all'assenza delle leguminose e/o agli ammendanti organici.

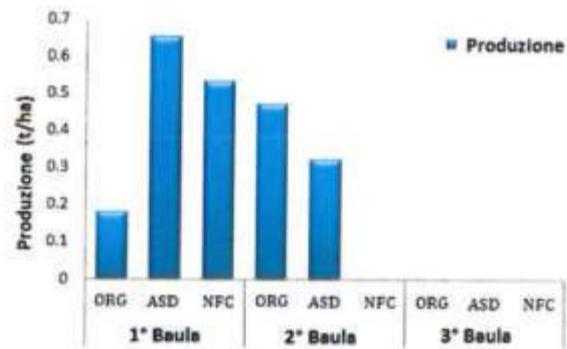


Figura 4. Valori medi della produzione commerciabile ($t\ ha^{-1}$) per ogni trattamento con i tre diversi fertilizzanti (ORG = fertilizzante organico, NFC = controllo non fertilizzato, ASD = fertilizzante anaerobico digerito) in ciascuna baula.

Poiché c'è un aumento degli eventi piovosi estremi intervallati a lunghi periodi di siccità, lo studio ha dimostrato l'alto potenziale erosivo degli eventi estremi e la significativa perdita economica per gli agricoltori.

WP 2.4 Sistemi e tecniche colturali per la cerealicoltura (risicoltura)

Le sperimentazioni sono in corso ed i risultati preliminari sulle interazioni allelopatiche tra cover crop ed infestanti della risaia non sono ancora sufficientemente supportate da repliche statistiche o da protocolli definiti nel dettaglio per poterne dare un quadro esaustivo, sia per ciò che riguarda i) le semplici prove in vaso su terra in ambiente controllato (es. crescita di specie infestanti su substrato precedentemente colonizzato da diverse specie di cover crop poi trinciate), ii) che i più complessi test che prevedono l'aggiunta degli estratti (es. acquosi e non) della biomassa di cover crop (es. aerea o radicale) a diverse concentrazioni (es. da definire) su diverse tipologie di substrati di crescita per le infestanti (es. da definire: carta bibula su piastra petri, agar, agriperlite, idroponica, etc.).

In vista delle osservazioni riportate dagli agricoltori, e dei supporti bibliografici che attribuiscono un'attività allelopatica alle cover crop del genere *Lolium* (Weston, 1996; Lehoczky et al., 2011; Javid&Anjum, 2006) le sperimentazioni iniziali si sono focalizzate sulle relazioni tra *Lolium multiflorum* e le infestanti *Echinochloa crus-galli* e *E. oryzicola*. In questo contesto, dopo la definizione del protocollo di sterilizzazione, in primis: i) è stata verificata la germinabilità dei semi di giavone (*E. oryzicola*) in piastre petri su carta bibula con l'aggiunta di acqua deionizzata e sterile, ii) e successivamente è stato studiato l'effetto limitante dovuto all'aggiunta nel substrato di crescita di concentrazioni crescenti di siero ricco in lattoglobuline (10%, 20%, 30%, 50%, 100%). L'effetto del siero è stato verificato anche per quel che riguarda le interazioni con la germinazione del riso svolgendo test analoghi su piastre petri a concentrazioni crescenti del siero nell'acqua deionizzata e sterile (10%, 20%, 30%). Di seguito si riportano i risultati.

- ✓ La germinabilità dei semi di giavone collezionati in campo (*E. oryzicola*) si attesta buona, tra l'81 e il 100% dei semi germinati; mentre quella della semente di riso (varietà Rosa Marchetti) risulta del 100% (Figura 40).
- ✓ La percentuale di germinazione dei semi di giavone all'aggiunta del siero a concentrazione 100% e 50% nel substrato di crescita mostra una drastica riduzione, passando da una media del 93% di semi germinati ad un intervallo di 3-8%.

Alla luce di questi risultati, si è deciso di procedere nella sperimentazione impiegando concentrazioni inferiori di siero ($\leq 30\%$): al 30% (L30), al 20% (L20) e al 10% (L10).

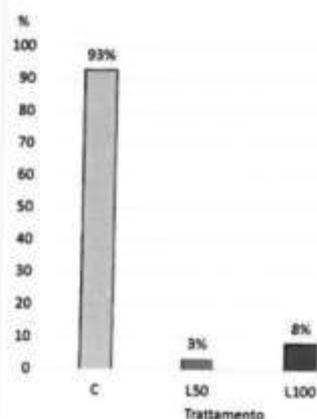


Figura 40. Percentuale di germinazione dei semi di giavone (*Echinochloa oryzicola*) nel trattamento di controllo (C:100% acqua deionizzata e sterile), e nei due trattamenti con siero ricco in lattoglobuline (L50: al 50% in soluzione; L100: al 100% in soluzione)

- ✓ A concentrazioni minori l'effetto delle lattoglobuline non è stato tale da influenzare e compromettere la germinazione, ma si è evidenziato un effetto osservabile sullo sviluppo delle plantule, sia di giavone che di riso, con una tendenza al decremento nell'accumulo di biomassa al crescere della concentrazione di siero in soluzione.
- ✓ L'effetto tossico delle lattoglobuline è risultato più marcato ed evidente per il riso rispetto al giavone, dato che ha indotto a non proseguire ulteriori indagini sul potenziale ruolo del siero nelle strategie di controllo delle infestanti.

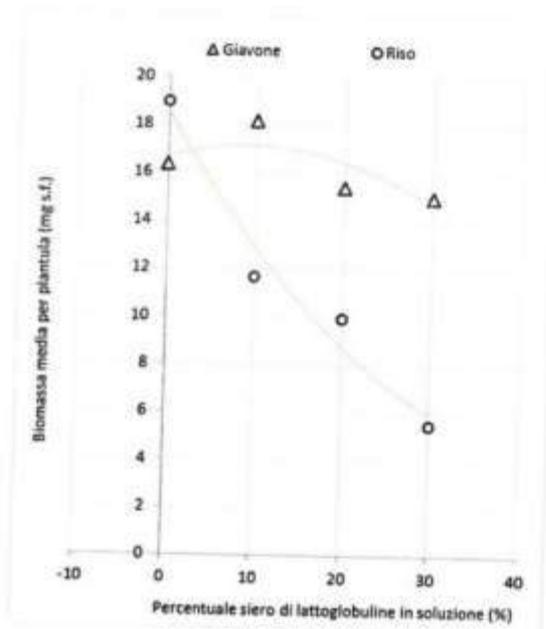


Figura 41. Accrescimento in biomassa di plantule di giavone (*Echinochloa Oryzicola*) e riso a concentrazioni crescenti di siero con lattoglobuline nella soluzione di crescita (10%, 20% e 30%)

Per il giavone la riduzione di biomassa associata ad incrementi costanti di siero (+10%) è contenuta e non sempre presente. Il maggior impatto si verifica al passaggio dal 10% al 20% di concentrazione di siero, con un decremento associato nell'accumulo di biomassa del 15%. Mentre una concentrazione del 10% rispetto al controllo non comporta decrementi di biomassa.

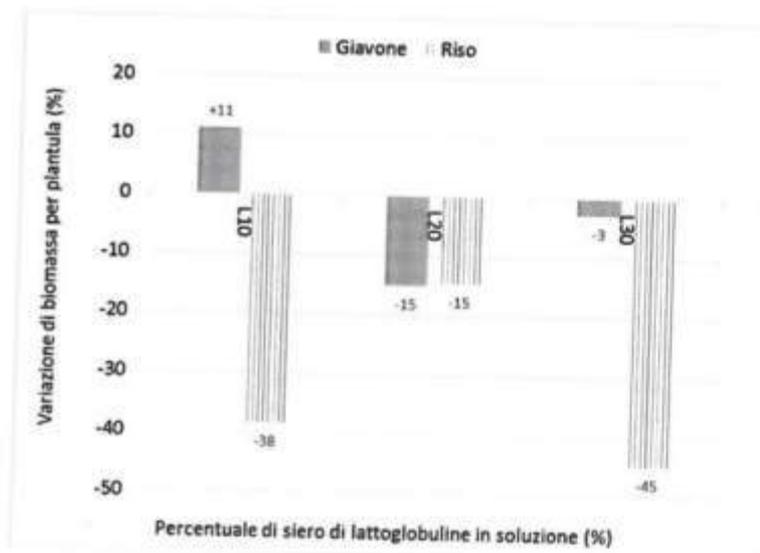


Figura 42. Variazione percentuale della biomassa accumulata (media per piantola), rispetto all'aggiunta di concentrazioni crescenti di siero con lattoglobuline (L10: 10%, L20: 20%, L30: 30%) alla soluzione di controllo (100% acqua deionizzata e sterile).

- ✓ Per il riso l'impatto del siero è più evidente con una riduzione del 38% nell'accumulo di biomassa già ad una concentrazione del 10% rispetto al controllo. Al passaggio dal 10% al 20% di concentrazione di siero invece la riduzione di crescita delle plantule è meno osservabile, mentre una nuova importante riduzione del 45% di biomassa si nota al passaggio dal 20% al 30% di concentrazione di siero (**Figura 43**).

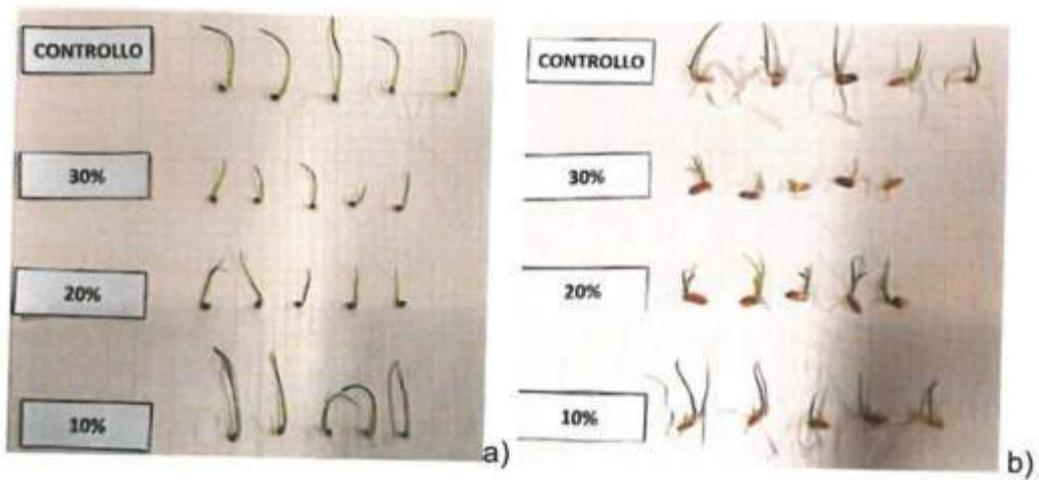


Figura 43. Immagini delle plantule di giavone (a) e riso (b) soggette ai diversi trattamenti.

WP3

I dati relativi al **primo anno** di attività (2015) hanno evidenziato in termini di scambi gassosi fogliari valori di assimilazione fotosintetica statisticamente maggiori nella tesi V2 (allettamento della vecchia con roller crimper) nella fase fenologica della vite di fioritura (prima decade di maggio) e in post-allegagione (terza decade di giugno). L'indice fogliare SPAD ha presentato valori statisticamente non diversi nei rilievi eseguiti in fase di crescita attiva dei germogli e fioritura mentre nel rilievo di luglio (tre mesi dall'operazione di sovescio o rullatura con roller-crimper), si è riscontrata una riduzione significativa dell'indice nelle tesi V e RC probabilmente in relazione alla temporanea immobilizzazione temporanea di azoto nel suolo (**Figura 44**). Successivamente l'indice SPAD è aumentato in modo significativo nelle due tesi sino all'invaiaitura e sino alla fase di maturazione per la sola tesi RC.

Lo stato idrico delle viti espresso dal potenziale idrico xilematico non ha evidenziato differenze tra le tesi collocandosi su una soglia di stress idrico nullo o lieve, in relazione alla ridotta competizione idrica esercitata sia dal trifoglio sotterraneo che dalla vecchia in stato di disseccamento. La diversa gestione del suolo non ha determinato variazioni del peso grappolo e bacca alla raccolta ma ha agito solo sui diametri polare ed equatoriale (rispettivamente maggiori nella tesi RC) (**Figure 46-47**). Non si sono invece rilevati effetti della gestione del suolo sui parametri chimici del succo quali grado rifrattometrico, acidità titolabile e pH.

Tra le caratteristiche fisiche dell'acino le uve della tesi RC hanno evidenziato valori maggiori della resistenza al distacco dell'acino dal pedicello (+29%) valori simili di firmness della polpa e maggiori valori di firmness della buccia (+11%) nella tesi con vecchia sovesciata. Il colore della buccia ha mostrato differenze significative con uve più scure legate al minore valore della coordinata colorimetrica L* e incremento del parametro a* ossia dell'indice di rosso nelle tesi V e RC e conseguente incremento del parametro caratterizzante le uve a colorazione rosa-rosso, ossia l'indice CIRG con uve più colorate. Per quanto riguarda la produzione per vite valori simili di produzione sono stati ottenuti nelle tesi con trifoglio sotterraneo (T) e vecchia gestita con roller-crimper (RC) mentre la tesi con vecchia sovesciata ha presentato una riduzione della produzione del 14% (V). Lo sviluppo vegetativo inteso come vigoria ed espresso da parametri quali il peso del legno di potatura dell'anno, il peso medio del tralcio e l'area fogliare per vite, non si è differenziato statisticamente tra le tre tesi.

I dati del primo anno hanno indicato pertanto un miglioramento della performance fotosintetica nelle viti della tesi RC sino alla fase di post-allegagione (**Figura 48**), che si è tradotto in un incremento significativo dei diametri della bacca alla raccolta, un aumento delle proprietà reologiche dell'acino e dei parametri legati a una maggiore colorazione rossa della bacca (coordinata a* e indice CIRG).

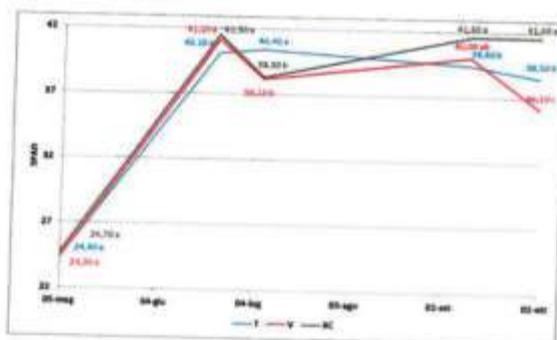


Figura 44. Andamento indice fogliare SPAD in Scarlotta seedless - anno 2015

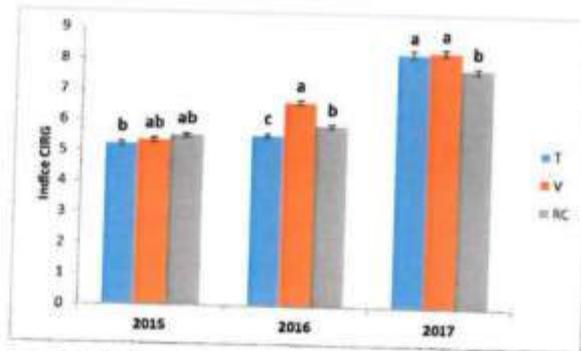


Figura 45. Valore dell'indice CIRG in Scarlotta seedless

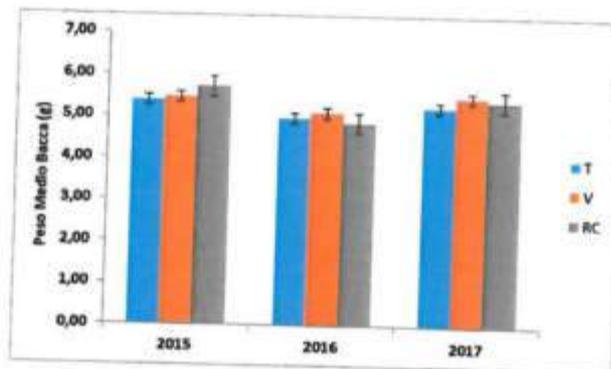


Figura 46. Peso medio della bacca in Scarlotta seedless

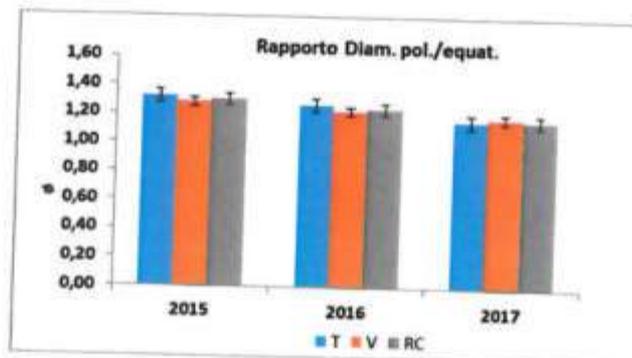


Figura 47. Rapporto diametrale dell'acino di Scarlotta seedless

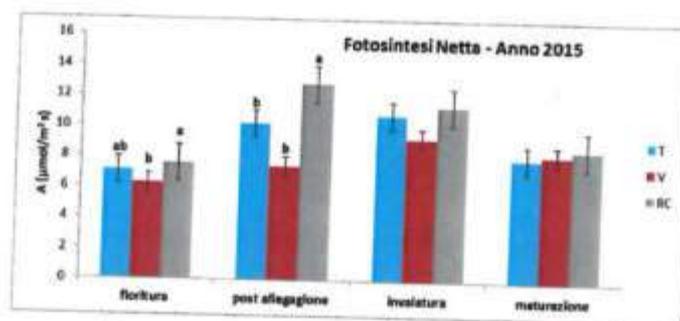


Figura 48. Fotosintesi Netta – anno 2015

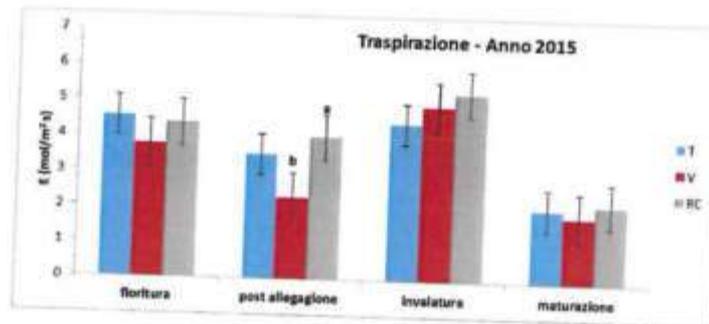


Figura 49. Traspirazione – anno 2015

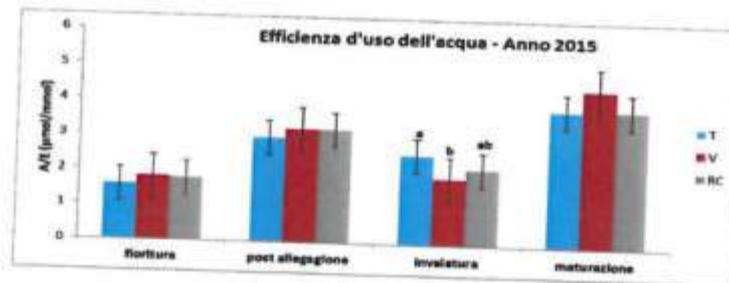


Figura 50. Efficienza d'uso dell'acqua – anno 2015

Nel **secondo anno** di attività (2016) i dati di funzionalità fogliare hanno evidenziato valori di simili di assimilazione fotosintetica, traspirazione e *water use efficiency* nelle tesi a confronto nei rilievi eseguiti in fioritura, chiusura grappolo, invaiatura e raccolta (Figure 51-53). I rilievi eseguiti nella fase di crescita attiva del germoglio (aprile) e post-allegagione (terza decade di giugno) hanno espresso valori minori di assimilazione fotosintetica nelle tesi con vecchia, probabilmente in relazione a una minore disponibilità temporanea di azoto.

La diversa gestione del suolo non ha influenzato la fertilità del germoglio che si è attestata sui valori medi della varietà. Anche nel secondo anno di attività lo stato idrico delle viti, espresso dal potenziale idrico xilematico, non ha evidenziato differenze tra le tesi, con valori indicativi di stress idrico nullo o lieve. La diversa gestione del suolo non ha determinato variazioni del peso grappolo, peso bacca e del diametro polare e dei parametri chimici del succo. La tesi con il sovescio della vecchia (V) ha determinato un incremento del diametro equatoriale dell'acino (+4%) rispetto alle altre due tesi. Nessuna differenza è stata riscontrata riguardo agli indici reologici della bacca (resistenza al distacco della bacca dal pedicello, resistenza alla penetrazione della buccia, firmness).

In relazione al colore della bacca sono emerse differenze significative per l'indice CIRG con il valore più alto (indicativo di una maggiore colorazione della bacca), nella tesi V, ossia la tesi con vecchia sovesciata. Dal punto di vista delle rese per vite non si sono riscontrate differenze statistiche tra le tre tesi a confronto (in media 24 kg/vite). I parametri vegetativi (peso del legno di potatura, peso medio del tralcio e area fogliare per vite), non si sono differenziati statisticamente tra le tre tesi.

I risultati del secondo anno hanno confermato un'influenza delle diverse tecniche di gestione del suolo sui parametri di funzionalità fogliare nella fase di attiva crescita dei germogli e in post allegagione senza nessun effetto comunque sui parametri carpometrici e compositivi della bacca. Gli effetti più evidenti si sono tradotti invece in un incremento del colore della bacca nella tesi nella tesi V, ossia la tesi con vecchia sovesciata.

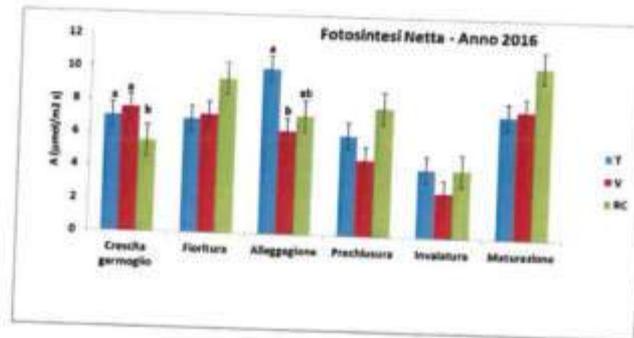


Figura 51. Fotosintesi Netta – anno 2016

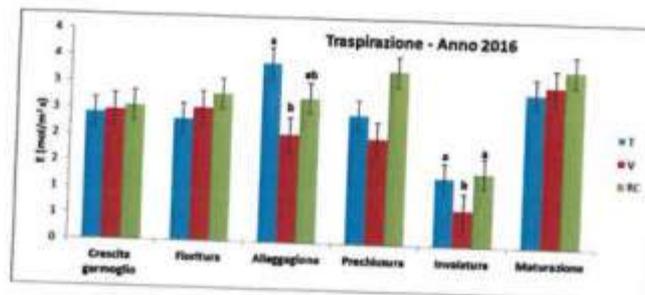


Figura 52. Traspirazione – anno 2016

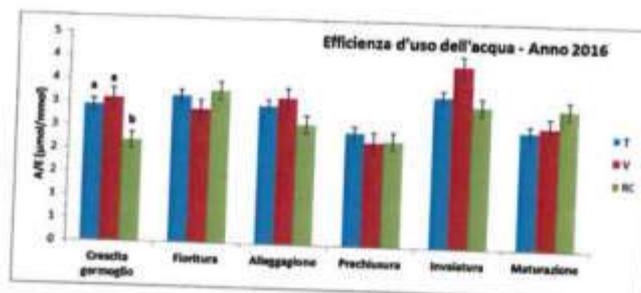


Figura 53. Efficienza d'uso dell'acqua – anno 2016

I dati relativi al **terzo anno** di attività (2017) non hanno evidenziato differenze significative dei parametri di funzionalità fogliare (assimilazione netta, traspirazione fogliare, conduttanza stomatica, water use efficiency) dalla fase di crescita attiva dei germogli sino alla maturazione (Figure 54-56). Anche per l'indice fogliare SPAD non sono emerse differenze tra le tesi nei rilievi eseguiti dalla fase di crescita attiva dei germogli sino alla maturazione.

Lo stato idrico delle viti espresso dal potenziale idrico xilematico non ha evidenziato differenze tra le tesi collocandosi su una soglia di stress idrico lieve. Alla maturazione non sono state riscontrate differenze su peso grappolo, peso bacca, diametri, indici reologici ma solo un incremento dei diametri della bacca nella tesi RC (vecchia soggetta a roller crimper).

La diversa gestione dell'interfilare non ha determinato variazioni del grado rifrattometrico delle uve, acidità titolabile e pH del succo. Il colore della buccia ha mostrato invece differenze significative con valori dell'indice CIRG maggiori (uve più colorate) nella tesi V (vecchia sovesciata).

Per quanto riguarda la produzione per vite non sono emerse differenze tra le tre tesi. In relazione agli effetti degli inerbimenti sul suolo le analisi del suolo effettuate all'inizio della ricerca e al termine del triennio hanno evidenziato un incremento del contenuto di azoto totale (+12%) e di sostanza organica (+33%) del suolo.

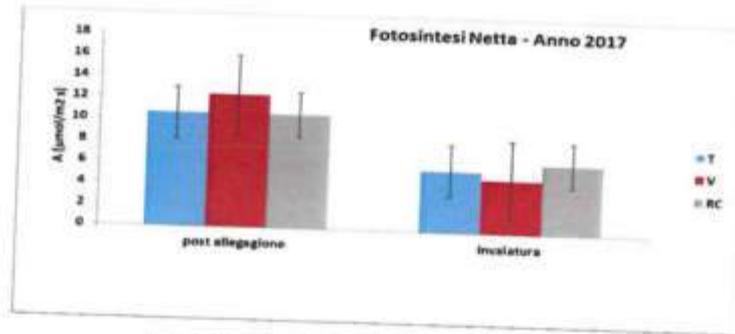


Figura 54. Fotosintesi Netta – anno 2017

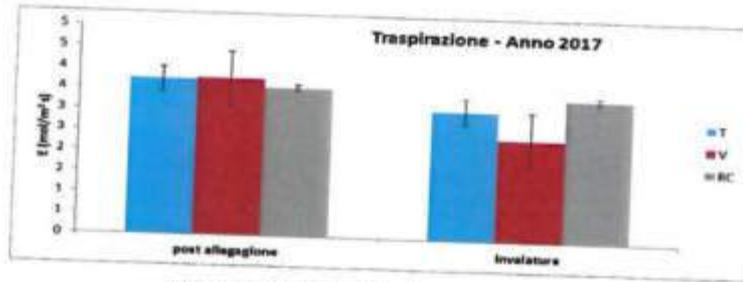


Figura 55. Traspirazione – anno 2017

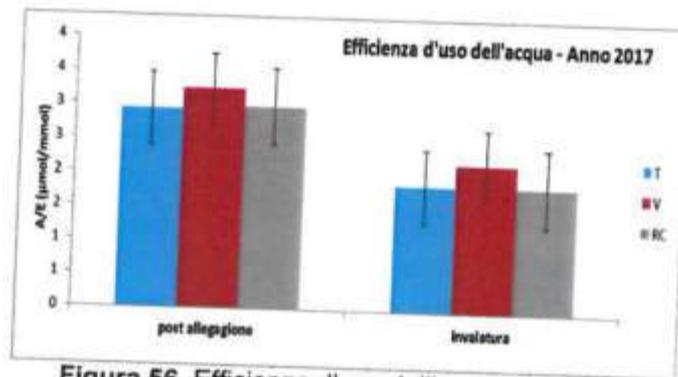


Figura 56. Efficienza d'uso dell'acqua – anno 2017

WP4

Per il **WP4** sono di seguito sintetizzati i risultati solo delle 2 o 4 varietà "superstiti" rispettivamente ad Alberese (**Tab. 23**) e Roma (**Tab. 24**).

Ad Alberese, a causa dell'andamento stagionale complessivamente non favorevole la resa media è stata di 2.25 t/ha soprattutto a causa di un dimezzamento del numero di spighe/m² (220) rispetto a Jesi e di un minor riempimento delle cariossidi (42.1 g x 1000 semi). In semina anticipata si è registrato un leggero incremento produttivo (2.39 t/ha contro i 2.11 dell'epoca normale) dovuto soprattutto ad un maggior numero di spighe a m² (240 contro 201) e anche un peso ettolitrico più elevato (81.3 kg/hl rispetto ad 80.4 della semina normale). Gli altri parametri qualitativi invece sono risultati simili o migliori in semina normale, in particolare: proteine 14.3% s.s rispetto ad 11.6% s.s.; w alveografico 222 J 10-4 contro 115; SDS 45 ml contro 29; colore indice di giallo 28.3 contro 26.0. Leggermente più produttivo l'investimento meno fitto di 350 s/m² (2.32 t/ha contro 2.18) ma con gli altri parametri sostanzialmente simili.

Tra le 2 varietà "superstiti" al danneggiamento dei cinghiali, non si sono avuti importanti scostamenti produttivi, anche se la più tardiva (Colombo) ha evidenziato una qualità superiore (w alveografico 218 J 10-4 contro 119; colore indice di giallo 28.3 contro 26.0; gluten index 96 contro 64).

Tabella 23. Alberese (GR) 2016/17. Risultati di 2 cultivar.

Epoca semina	Densità semina	Varietà	Spigatura BS da 1/4	Altezza punta cm	Peso HL kg/ha	Peso 1000 car. g	Spighe per m ² n°	danni da selvatici %	Produr. (13% smil.) t/ha corretta	Proteine gran. % s.s.	W alveogr. J 10 ⁴	SDS mL	Ceneri % s.s.	Colore Indice giallo	Gluten Index
1	1=350 s/m ²		17	74	81.3	42.2	240	23	2.39	11.6	115	29	1.8	26.0	82
2	2=500 s/m ²		28	70	80.4	41.9	201	3	2.11	14.3	222	45	1.7	28.3	78
		1	23	72	80.9	42.3	207	14	2.32	13.0	177	36	1.8	27.9	75
		2	23	71	80.8	41.8	233	12	2.18	12.8	160	38	1.8	26.4	85
		Colombo	24	72	80.8	40.4	219	19	2.20	13.0	218	36	1.8	28.3	96
		Hathor	21	71	80.8	43.7	222	7	2.30	12.8	119	38	1.7	26.0	64
1		Colombo	17	75	81.1	39.8	258	33	2.37	11.8	152	30	1.9	26.1	96
1		Hathor	17	73	81.5	44.5	222	12	2.41	11.4	79	29	1.8	25.9	69
2		Colombo	31	70	80.6	40.9	181	5	2.02	14.3	285	42	1.7	30.5	97
2		Hathor	26	69	80.1	43.0	221	2	2.19	14.3	160	47	1.7	26.2	60
		1	24	73	80.9	40.1	211	20	2.21	13.2	214	36	1.8	29.6	96
		1	22	71	80.8	44.5	204	8	2.42	12.8	141	37	1.7	26.2	55
		2	24	72	80.7	40.6	228	18	2.18	12.8	223	37	1.8	27.0	97
		2	21	70	80.9	43.0	239	6	2.18	12.9	98	39	1.7	25.9	74
Media generale			23	72	80.8	42.1	220	13	2.25	12.9	169	37	1.8	27.2	80

Ancor più scarsi i risultati registrati a Roma nel 2017 a causa di una serie di circostanze sfavorevoli legate ad un andamento meteorologico alquanto avverso che ha determinato scarse nascite (fittezza media 3.6 su una scala 0-9), scarso sviluppo vegetativo (altezza media di 74 cm), forti inerbimenti senza riuscire a far entrare l'erpice strigliatore nei campi saturi di umidità, cattivo accostamento e quindi pochissime piante m² alla raccolta (126) di cui ben il 50% sterili. Con questi pessimi risultati medi risulta aleatorio evidenziare una sorta di graduatoria fra le tesi sperimentali anche se una resa lievemente migliore si è avuta con la semina anticipata (0.63 t/ha rispetto a 0.42) grazie ad un maggior riempimento delle cariossidi (peso dei 1000 semi 57.8 g contro 50.0) e per la cultivar tardiva Colombo (0.70 t/ha) per una percentuale minore di sterilità.

Tabella 24. Roma 2016/17. Risultati di 4 cultivar.

Epoca semina 1-100 2-200	Densità semina 1-300 a/m² 2-500 a/m²	Varietà	Fittone g	Pianta per m² n	Spighe per m² n	Altezza pianta cm	Peso HL kg/ha	Peso 1000 car. g	Indice di selezione %	Prodotto (13% umid.) t/ha corretta	Pianta per m² raccolta				Proteine gran. % s.s.	SDS mL	Ceneri % s.s.
											n	ferti		n			
												n	%				
1			3,5	285	22	81	76,3	57,8	19	0,63	110	53	49	69	15,8	40	2,1
2			3,7	188	30	68	74,9	59,8	19	0,42	141	53	51	47	15,7	43	2,1
1	1		3,8	182	26	74	75,4	53,4	17	0,54	152	55	49	55	16,0	42	2,1
2	2		3,4	212	26	75	75,8	54,4	21	0,51	109	51	51	51	15,5	41	2,1
		Colombo	2,3	147	31	77	77,9	54,4	31	0,70	87	48	55	39	15,2	36	2,0
		Harbor	4,7	248	26	76	75,3	55,5	7	0,65	131	75	57	56	15,4	44	2,1
		Marco Aurelio	2,5	147	25	73	73,9	54,6	25	0,41	93	45	49	47	16,5	47	2,2
		Saragolla	4,8	253	26	71	75,5	51,3	14	0,34	193	42	38	71	15,9	38	2,1
1		Colombo	2,8	180	29	81	78,0	57,7	25	0,96	98	62	65	36	15,3	33	2,0
1		Harbor	3,8	228	25	83	75,3	58,1	5	0,64	120	62	53	57	14,9	42	2,1
1		Marco Aurelio	3,0	162	21	79	74,9	60,3	32	0,56	111	53	48	38	17,2	47	2,1
1		Saragolla	4,2	252	15	80	77,0	55,3	16	0,36	113	33	28	87	15,9	37	2,2
2		Colombo	1,8	114	34	73	77,7	51,3	38	0,44	75	35	46	41	13,1	38	2,0
2		Harbor	5,5	252	29	89	75,3	52,9	8	0,66	142	88	61	54	16,0	47	2,1
2		Marco Aurelio	2,0	132	30	68	72,9	48,9	19	0,28	75	38	30	37	13,8	48	2,2
2		Saragolla	5,5	254	26	82	73,9	46,9	12	0,32	275	51	47	84	15,9	29	2,0
1	1	Colombo	2,3	129	31	77	77,4	52,7	29	0,85	99	57	57	42	15,7	36	2,0
1	1	Harbor	5,0	225	26	73	74,4	54,9	10	0,59	126	72	38	54	15,6	44	2,2
1	1	Marco Aurelio	2,8	154	25	73	74,6	55,8	15	0,37	104	51	50	53	16,6	48	2,2
1	1	Saragolla	4,8	219	20	71	75,2	50,1	15	0,35	278	38	30	73	16,0	29	2,1
2	2	Colombo	2,3	165	31	78	78,4	56,1	33	0,55	74	39	54	35	14,8	36	2,0
2	2	Harbor	4,3	255	26	77	76,2	56,1	3	0,71	136	78	56	58	15,2	44	2,1
2	2	Marco Aurelio	2,2	141	25	73	73,1	53,4	36	0,45	82	40	47	42	16,5	47	2,1
2	2	Saragolla	4,8	287	21	71	75,7	52,1	13	0,33	108	47	46	68	15,7	37	2,1
Media generale			3,8	197	26	74	75,6	53,8	19	0,52	126	53	50	53	15,7	41	2,1

Anche nella prova di Metaponto (Tab. 25) lo sfavorevole andamento climatico della stagione colturale 2016-17 ha determinato modesti risultati produttivi (media 1.39 t/ha) e qualitativi (media tenore proteico 10.3 % s.s.; SDS 28.7 mL). Leggermente migliori le risposte della semina normale e di alcune varietà come Marco Aurelio, ma indipendentemente dal livello di precocità.

Tabella 25. Metaponto (MT) 2016-17. Risultati di 8 cultivar.

Epoca semina 1-100 2-200	Densità semina 1-300 a/m² 2-500 a/m²	Varietà	Altezza pianta cm	Peso 1000 car. g	Culmi per m² n	Spighe per m² n	Prodotto (13% umid.) t/ha	Proteine gran. % s.s.	SDS mL	Ceneri % s.s.
1			70	44,6	413	398	1,30	9,5	27,5	2,0
2			64	46,8	465	401	1,48	11,1	29,9	2,1
		Colombo	69	45,1	296	292	1,13	10,8	27,5	2,1
		Corc	68	49,7	454	442	1,33	10,1	25,8	1,9
		Dylan	66	49,8	288	271	1,47	10,4	28,3	1,9
		Harbor	68	42,6	450	425	1,23	10,5	30,0	2,0
		Marco Aurelio	78	46,8	558	554	2,09	9,8	33,0	2,1
		Ramirez	70	41,3	404	400	1,41	10,0	27,5	2,0
		Saragolla	65	43,7	442	432	1,49	9,9	27,8	2,0
		Svevo	63	44,3	379	379	1,01	11,0	29,8	2,1
1		Colombo	68	46,9	317	308	1,01	10,1	27,5	2,1
1		Corc	73	46,7	500	492	1,38	9,3	24,5	1,9
1		Dylan	65	47,4	258	225	0,85	10,0	26,5	1,9
1		Harbor	65	42,2	392	358	1,03	10,4	29,5	2,0
1		Marco Aurelio	77	45,6	492	483	1,71	8,6	33,0	2,1
1		Ramirez	77	40,9	435	425	1,46	8,7	25,0	1,9
1		Saragolla	66	42,6	475	458	1,82	9,1	25,5	2,0
1		Svevo	72	44,7	433	433	1,15	9,9	28,5	2,1
2		Colombo	70	43,3	275	275	1,24	11,4	27,5	2,2
2		Corc	63	52,6	408	392	1,27	10,9	27,0	2,0
2		Dylan	68	50,6	317	317	2,09	10,7	30,0	1,9
2		Harbor	70	43,0	508	492	1,45	10,5	30,5	2,0
2		Marco Aurelio	80	48,0	625	625	2,46	11,0	33,0	2,1
2		Ramirez	63	41,6	375	375	1,36	11,3	30,0	2,1
2		Saragolla	62	44,7	408	408	1,16	10,7	30,0	2,1
2		Svevo	55	43,9	325	325	0,86	12,1	31,0	2,1
Media generale			68	45,3	409	399	1,39	10,3	28,7	2,0

BIENNIO 2016-2017

In Tab. 26 sono sintetizzate le significatività risultanti dall'analisi statistica del biennio relativa ad alcuni caratteri in studio. Con due stagioni climaticamente molto diverse fra loro, non desta sorpresa la forte significatività dell'anno per tutti i caratteri in ogni località e le relative interazioni con l'epoca di semina e le varietà. Anche l'epoca di semina e le varietà e loro interazioni hanno evidenziato diffuse differenze statisticamente significative, mentre quasi mai l'effetto delle diverse densità di semina sia come fattore principale che nelle diverse combinazioni con le altre tesi ha determinato differenze significative.

Tabella 26. Biennio 2016-2017. Significatività statistica dell'ANOVA per località.

Fattori	Jesi (AN)					Roma					Aberese (GR)				
	Spigatura	Altezza	Peso HL	Peso 1000 car	Prod.	Spigatura	Altezza	Peso HL	Peso 1000 car	Prod.	Spigatura	Altezza	Peso HL	Peso 1000 car	Prod.
Epoca di semina	***	*	**	ns	**	***	***	ns	***	***	***	ns	***	*	*
Anno	***	*	***	*	***	***	***	ns	***	***	***	ns	***	*	*
Epoca x Anno	**	ns	***	ns	ns	**	***	**	***	ns	***	***	***	***	***
Densità	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	***	***	***
Epoca x Densità	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anno x Densità	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Epoca x Anno x Densità	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Varietà	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	**	***	**
Epoca x Varietà	**	**	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns
Anno x Varietà	**	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns
Epoca x Anno x Varietà	ns	**	***	*	*	***	**	***	***	*	***	ns	ns	ns	ns
Densità x Varietà	ns	***	*	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	*	ns
Epoca x Densità x Varietà	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Anno x Densità x Varietà	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Epoca x Anno x Densità x Varietà	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	***	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CP %	5.9	2.8	0.9	4.1	7.7	1.8	5.0	1.4	3.2	18.3	4.1	4.5	1.2	2.8	10.0

* **, *** differenze significative, rispettivamente, per $p \leq 0.05$, 0.01 e 0.001 ; ns=differenze non significative.

Come sintesi finale del biennio di prove a Jesi (Tab. 27) possono farsi diverse considerazioni:

- Con la semina in epoca normale la resa produttiva e il peso ettolitrico della granella sono risultati significativamente migliori, ma anche le risposte ottenute con la semina anticipata possono ritenersi di sicuro interesse, considerando tra l'altro che le differenze di spigatura tra le due tesi sono state minime, mediamente inferiori ai 6 giorni.
- Nel secondo anno di prova si sono avuti i risultati significativamente più alti per quasi tutti i caratteri.
- Scarse invece le differenze significative fra le due fittesse di semina.
- Viceversa numerose e forti sono emerse le differenze significative fra le cultivar comuni sperimentate nel biennio per tutti i caratteri sottoposti ad analisi della varianza.
- La significatività delle interazioni fra i fattori principali ha infine evidenziato le migliori combinazioni possibili tra le diverse tesi sperimentali, confermando che, seppur limitatamente al biennio studiato, con un'attenta scelta della cultivar in questo areale più favorito è possibile puntare a risultati produttivi e qualitativi di rilievo.

Tabella 27. Biennio 2016-2017 Jesi (AN). Principali risultati di 6 cultivar comuni.

Epoca di semina	Anno	Declinà di semina	Varietà	Fitezza piante/mq n.	Spigatura da 1 mar n. gg	Allett. 0-9	Ruggine bronca 0-9	Altezza pianta cm	Umidità %	Peso HL kg/ha	Proteina granella % s.s.	Peso 1000 car g	Produs. t/ha	Spighe a racc. n./mq	Semi Strem %	Semi Bianc %
1 Aut.				290	50.0	1.4	5.8	100	11.8	82.9	11.4	48.1	6.54	417	8	43
2 Norm.				276	55.7	2.8	5.1	97	11.3	83.8	11.8	47.5	6.98	399	4	29
1 Aut.	1 2016			282	51.5	1.0	5.2	97	13.4	79.3	11.4	46.6	6.09	416	9	54
2 2017				284	54.2	3.2	5.6	100	9.6	87.4	11.8	49.0	7.44	400	3	18
1 Aut.	1 2016			268	47.6	1.1	5.8	99	13.6	78.1	11.6	46.0	5.82	435	14	63
1 Aut.	2 2017			313	52.4	1.7	5.7	100	9.9	87.8	11.3	50.3	7.27	400	3	22
2 Norm.	1 2016			297	55.4	0.9	4.6	96	13.3	80.6	11.3	47.2	6.36	397	5	45
2 Norm.	2 2017			255	56.1	4.7	5.5	99	9.4	87.1	12.3	47.8	7.60	401	3	13
	1 350			345	52.7	1.5	5.2	97	11.6	83.8	11.4	49.2	6.66	397	5	39
	2 500			321	53.0	2.6	5.6	100	11.5	83.0	11.8	46.5	6.86	420	8	33
			1 Colombo	259	57.9	0.0	7.9	98	11.4	83.7	11.8	45.2	6.41	426	6	34
			2 Dylan	291	55.2	2.4	8.7	103	11.7	84.6	10.8	48.7	6.89	476	3	38
			3 Hathor	311	57.8	0.0	7.2	89	11.5	80.6	12.3	44.1	5.87	324	18	15
			4 Marco Aurelio	258	53.1	1.1	8.5	102	11.6	83.4	11.6	52.8	6.92	404	3	33
			5 Ramirez	295	49.9	5.8	0.0	104	11.5	84.6	11.3	44.8	7.39	430	3	49
			6 Saragolla	286	43.5	3.3	0.2	97	11.5	83.3	11.7	51.3	7.09	389	4	47
1 Aut.			1 Colombo	281	54.5	0.0	8.3	98	11.8	83.4	11.6	44.6	6.54	460	8	42
1 Aut.			2 Dylan	298	52.8	0.6	8.8	105	11.9	84.6	10.2	48.7	6.79	517	3	52
1 Aut.			3 Hathor	324	57.1	0.0	8.7	89	11.7	79.9	12.0	43.5	5.54	293	28	19
1 Aut.			4 Marco Aurelio	256	50.0	0.0	8.7	104	11.6	83.6	11.3	54.6	6.86	420	2	47
1 Aut.			5 Ramirez	289	46.8	5.2	0.0	104	11.8	84.0	11.2	44.6	7.41	418	3	56
1 Aut.			6 Saragolla	295	38.9	2.6	0.0	97	11.7	82.3	12.2	52.9	6.13	395	6	40
2 Norm.			1 Colombo	238	61.3	0.0	7.4	97	11.1	84.1	12.0	45.9	6.28	391	4	26
2 Norm.			2 Dylan	283	57.6	4.2	8.5	100	11.4	84.5	11.3	48.7	6.99	434	3	23
2 Norm.			3 Hathor	298	58.4	0.0	5.8	88	11.3	81.4	12.5	44.7	6.20	355	8	11
2 Norm.			4 M. Aurelio	259	56.2	2.2	8.4	99	11.5	83.3	12.0	51.1	6.98	387	3	20
2 Norm.			5 Ramirez	302	53.0	6.3	0.0	103	11.2	85.3	11.8	45.0	7.36	440	3	42
2 Norm.			6 Saragolla	276	48.0	3.9	0.3	97	11.3	84.3	11.3	49.7	8.05	382	3	54
1 2016			1 Colombo	292	56.8	0.0	7.6	95	13.3	79.8	11.6	43.5	5.71	297	10	54
1 2016			2 Dylan	269	55.5	0.6	8.8	102	13.6	80.9	10.3	46.6	6.24	548	4	57
1 2016			3 Hathor	309	56.7	0.0	6.3	87	13.5	76.3	12.3	41.8	4.93	301	30	18
1 2016			4 Marco Aurelio	267	52.6	0.0	8.7	102	13.6	79.7	11.3	53.9	6.33	409	3	54
1 2016			5 Ramirez	277	47.4	4.1	0.0	104	13.3	80.7	11.3	44.4	6.90	420	4	75
1 2016			6 Saragolla	280	40.2	1.2	0.0	94	13.4	78.6	11.9	49.4	6.42	421	6	69
2 2017			1 Colombo	227	58.9	0.0	8.2	100	9.6	87.6	12.0	47.0	7.12	455	2	14
2 2017			2 Dylan	312	54.8	4.2	8.5	109	9.7	88.3	11.2	50.8	7.54	401	2	18
2 2017			3 Hathor	312	58.8	0.0	8.2	91	9.5	83.0	12.2	46.4	6.81	347	6	12
2 2017			4 Marco Aurelio	249	53.6	2.2	8.4	101	9.6	87.2	12.0	51.8	7.51	399	2	12
2 2017			5 Ramirez	314	52.4	7.4	0.0	109	9.7	88.6	11.7	45.3	7.87	440	3	25
2 2017			6 Saragolla	291	46.9	5.3	0.3	100	9.7	88.0	11.6	51.1	7.76	356	2	25
1 Aut.	1 2016		1 Colombo	287	52.5	0.0	8.8	97	13.7	78.8	11.6	41.2	5.87	458	14	65
1 Aut.	1 2016		2 Dylan	250	52.8	0.8	8.7	108	13.9	80.2	10.1	45.5	5.95	637	5	77
1 Aut.	1 2016		3 Hathor	308	53.8	0.0	8.8	88	13.6	74.4	12.5	40.0	4.50	268	49	22
1 Aut.	1 2016		4 Marco Aurelio	243	49.2	0.0	8.5	106	13.4	79.5	11.3	56.1	6.51	439	2	76
1 Aut.	1 2016		5 Ramirez	259	44.0	4.0	0.0	105	13.5	79.0	11.3	43.0	6.88	383	5	83
1 Aut.	1 2016		6 Saragolla	261	33.5	1.7	0.0	93	13.6	76.5	12.7	50.3	5.20	424	8	57
1 Aut.	2 2017		1 Colombo	275	56.5	0.0	7.8	99	9.8	87.9	11.5	48.0	7.21	463	2	18
1 Aut.	2 2017		2 Dylan	346	52.7	0.3	9.0	106	10.0	89.0	10.3	51.8	7.62	397	1	27
1 Aut.	2 2017		3 Hathor	339	60.3	0.0	8.5	91	9.8	85.3	11.6	47.0	6.58	318	6	16
1 Aut.	2 2017		4 M. Aurelio	269	50.8	0.0	8.8	102	9.9	87.6	11.3	53.1	7.22	402	3	17
1 Aut.	2 2017		5 Ramirez	319	49.7	6.3	0.0	104	10.0	89.0	11.1	46.3	7.93	453	2	29
1 Aut.	2 2017		6 Saragolla	329	48.3	3.5	0.0	101	9.9	88.0	11.7	55.5	7.06	366	3	23
2 Norm.	1 2016		1 Colombo	297	61.2	0.0	6.3	93	13.0	80.8	11.5	45.8	5.54	336	6	43
2 Norm.	1 2016		2 Dylan	287	58.2	0.3	9.0	100	13.3	81.6	10.6	47.8	6.53	459	3	37
2 Norm.	1 2016		3 Hathor	311	59.5	0.0	3.7	85	13.3	78.2	12.1	43.6	5.37	334	10	14
2 Norm.	1 2016		4 Marco Aurelio	291	56.0	0.0	8.8	98	13.8	79.8	11.3	51.8	6.15	378	4	31
2 Norm.	1 2016		5 Ramirez	295	50.8	4.2	0.0	104	13.0	82.4	11.3	45.8	6.92	458	3	63
2 Norm.	1 2016		6 Saragolla	299	46.8	0.7	0.0	95	13.1	80.6	11.0	48.6	7.63	419	5	80
2 Norm.	2 2017		1 Colombo	179	61.3	0.0	8.5	101	9.3	87.4	12.4	45.9	7.03	447	3	9
2 Norm.	2 2017		2 Dylan	279	57.0	8.0	8.0	100	9.4	87.5	12.1	49.7	7.46	410	2	9
2 Norm.	2 2017		3 Hathor	285	57.3	0.0	7.8	91	9.2	84.7	12.8	45.8	7.04	376	5	7
2 Norm.	2 2017		4 M. Aurelio	228	56.3	4.3	8.0	100	9.3	86.9	12.7	50.4	7.81	396	2	8
2 Norm.	2 2017		5 Ramirez	309	55.2	8.5	0.0	101	9.4	88.2	12.4	44.3	7.81	428	4	20
2 Norm.	2 2017		6 Saragolla	253	49.2	7.2	0.7	99	9.6	88.0	11.5	50.8	8.46	347	2	27
MEDIE GENERALI				283	52.9	2.1	5.4	98	11.5	83.4	11.6	47.8	6.76	408	6	36

Dall'analisi dei risultati del biennio nelle altre località di prova - Alberese (Tab. 28); Roma (Tab 29) e Metaponto (Tab 30) - seppur in un ambito pedoclimatico più difficile (e a volte critico) si possono trarre analoghe conclusioni che, per quanto da verificare in un arco temporale necessariamente più ampio, portano a considerare l'anticipo dell'epoca di semina come scelta tecnica non pregiudizievole sia per le rese che per la qualità dei seminati di frumento duro anche in ambito biologico, potendo così eventualmente cautelarsi dal rischio sempre più diffuso di trovarsi nell'impossibilità di seminare a causa dei terreni saturi e impraticabili ai mezzi meccanici per le sempre più frequenti forti e prolungate piogge autunnali.

Tabella 28. Biennio 2016-2017 Alberese (GR). Principali risultati di 2 cultivar comuni.

Epoca di semina	Anno	Densità di semina	Varietà	Spigetture da 1 mar n. PE	Altezza pianta cm	Umidità %	Peso HL kg/ha	Peso 1000 car g	Prodotto t/ha
1 Aut.				47,0	77,8	11,6	77,9	39,7	2,86
2 Norm.				51,4	79,7	12,1	78,6	41,1	3,18
1 2016				30,8	86,0	13,6	75,7	36,7	3,79
2 2017				53,7	71,6	10,1	80,8	42,1	2,25
1 Aut. 1 2016				46,2	82,0	13,1	74,5	37,2	3,33
1 Aut. 2 2017				47,9	73,7	10,1	81,7	42,2	2,79
2 Norm. 1 2016				55,3	89,9	14,0	76,8	40,3	4,26
2 Norm. 2 2017				59,4	69,5	10,1	80,4	41,9	2,11
1 350				52,3	78,7	11,9	78,2	40,5	3,06
2 500				52,1	78,9	11,8	78,3	40,3	2,99
			1 Colombo	52,1	78,8	12,0	78,7	39,5	3,15
			2 Hathor	52,3	78,8	11,6	77,8	41,3	2,89
1 Aut.			1 Colombo	45,3	77,6	11,9	78,3	38,7	3,05
1 Aut.			2 Hathor	48,8	78,0	11,3	77,4	40,7	2,67
2 Norm.			1 Colombo	58,9	79,9	12,2	79,1	40,3	3,26
2 Norm.			2 Hathor	51,8	78,5	11,9	78,2	42,0	3,11
1 2016			1 Colombo	49,3	85,2	14,0	76,6	38,5	4,11
1 2016			2 Hathor	52,2	86,8	13,1	74,8	39,0	3,48
2 2017			1 Colombo	54,9	72,7	10,1	80,8	40,4	2,20
2 2017			2 Hathor	52,4	70,8	10,1	80,8	43,7	2,30
1 Aut. 1 2016			1 Colombo	43,0	80,5	13,6	75,6	37,5	3,73
1 Aut. 1 2016			2 Hathor	49,3	83,5	12,6	73,4	36,9	2,92
1 Aut. 2 2017			1 Colombo	47,7	74,8	10,1	81,1	39,8	2,37
1 Aut. 2 2017			2 Hathor	48,2	72,6	10,1	81,5	44,5	2,41
2 Norm. 1 2016			1 Colombo	55,7	89,8	14,4	77,5	39,6	4,49
2 Norm. 1 2016			2 Hathor	55,0	90,0	13,7	76,2	41,0	4,03
2 Norm. 2 2017			1 Colombo	62,2	69,9	10,1	80,6	40,9	2,03
2 Norm. 2 2017			2 Hathor	56,7	69,1	10,1	80,1	43,0	2,19
MEDIE GENERALI				52,2	78,8	11,8	78,2	40,4	3,02

Tabella 29. Biennio 2016-2017 Roma. Principali risultati di 4 cultivar comuni

Epoca di semina	Anno	Densità di semina	Varietà	Fittone piante/m ²	Spigetture da 1 mar n. PE	Altezza pianta cm	Peso HL kg/ha	Peso 1000 car g	Prodotto t/ha
1 Aut.				273	48,1	85,4	76,0	49,4	2,23
2 Norm.				226	56,6	78,7	75,8	47,4	1,97
1 2016				303	48,1	88,7	76,2	42,9	3,69
2 2017				192	57,7	74,4	73,6	33,9	0,32
1 Aut. 1 2016				341	45,8	90,0	73,6	41,1	3,85
1 Aut. 2 2017				205	52,6	80,8	76,3	37,8	0,63
2 Norm. 1 2016				265	52,5	89,4	76,7	44,8	3,32
2 Norm. 2 2017				188	60,7	68,0	74,9	30,0	0,42
1 350				233	52,9	81,9	75,7	48,0	2,06
2 500				265	52,0	82,2	76,1	48,9	2,16
			1 Colombo	222	58,0	84,5	78,1	49,3	2,27
			2 Hathor	276	55,0	81,1	74,9	48,6	2,00
			3 Marco Aurelio	223	52,8	84,0	75,7	38,2	2,36
			4 Sotopalla	278	45,7	78,5	74,8	44,5	1,80
1 Aut.			1 Colombo	270	54,9	80,8	77,2	47,7	2,55
1 Aut.			2 Hathor	283	51,8	84,4	74,6	48,2	2,10
1 Aut.			3 Marco Aurelio	246	48,8	88,5	77,1	36,3	2,67
1 Aut.			4 Sotopalla	295	41,9	81,8	74,8	45,5	1,67
2 Norm.			1 Colombo	175	61,2	82,2	79,3	50,9	1,98
2 Norm.			2 Hathor	269	58,2	77,8	75,2	48,9	1,90
2 Norm.			3 Marco Aurelio	200	56,8	79,7	74,3	46,2	2,06
2 Norm.			4 Sotopalla	261	50,4	75,3	74,7	43,3	1,93
1 2016			1 Colombo	297	53,8	91,7	78,4	44,3	3,83
1 2016			2 Hathor	312	53,0	86,4	74,6	41,6	3,35
1 2016			3 Marco Aurelio	299	49,5	94,8	77,6	47,8	4,32
1 2016			4 Sotopalla	303	59,9	81,8	74,1	37,9	3,26
2 2017			1 Colombo	147	62,3	77,3	77,9	34,4	0,70
2 2017			2 Hathor	240	56,9	75,8	75,3	35,5	0,65
2 2017			3 Marco Aurelio	147	56,1	73,2	73,9	34,6	0,41
2 2017			4 Sotopalla	233	51,4	71,3	75,5	31,1	0,34
1 Aut. 1 2016			1 Colombo	359	50,3	92,3	76,4	37,8	4,15
1 Aut. 1 2016			2 Hathor	339	50,0	86,3	74,0	38,4	3,56
1 Aut. 1 2016			3 Marco Aurelio	330	46,0	97,8	79,4	32,3	4,77
1 Aut. 1 2016			4 Sotopalla	377	56,0	83,1	73,7	35,7	2,98
1 Aut. 2 2017			1 Colombo	180	59,5	81,3	78,0	37,7	0,96
1 Aut. 2 2017			2 Hathor	228	51,3	82,5	75,3	38,1	0,64
1 Aut. 2 2017			3 Marco Aurelio	162	51,7	78,8	74,9	40,3	0,36
1 Aut. 2 2017			4 Sotopalla	232	45,8	80,7	77,0	35,1	0,36
2 Norm. 1 2016			1 Colombo	276	57,3	91,0	80,4	30,7	3,31
2 Norm. 1 2016			2 Hathor	286	56,0	86,5	75,2	44,9	3,14
2 Norm. 1 2016			3 Marco Aurelio	289	53,0	91,8	73,8	43,4	3,87
2 Norm. 1 2016			4 Sotopalla	269	41,8	88,2	75,6	40,1	3,55
2 Norm. 2 2017			1 Colombo	114	65,0	73,3	77,7	31,1	0,44
2 Norm. 2 2017			2 Hathor	252	60,3	89,0	75,3	32,9	0,86
2 Norm. 2 2017			3 M Aurelio	132	60,5	67,5	72,9	48,9	0,26
2 Norm. 2 2017			4 Sotopalla	254	57,0	62,3	73,9	46,9	0,32
MEDIE GENERALI				250	52,9	82,6	75,9	48,4	2,11

Tabella 30. Biennio 2016-2017. Metaponto (MT). Principali risultati di 8 cultivar comuni (1 sola densità di semina: d2=500semi germ./m²).

Anno	Epoca di semina	Varietà	Altezza pianta cm	Peso 1000 car g	Prod. t/ha	Spighe a racc. n./mq
1 2016			92.7	36.9	3.02	647
2 2017			68.4	45.3	1.39	399
	1 Ant.		81.3	39.8	1.78	518
	2 Norm.		79.8	42.4	2.63	529
1 2016	1 Ant.		92.3	34.9	2.26	638
1 2016	2 Norm.		93.2	38.8	3.79	657
2 2017	1 Ant.		70.4	44.6	1.30	398
2 2017	2 Norm.		66.4	46.0	1.48	401
		1 Colombo	77.5	39.3	1.78	496
		2 Core	83.2	43.2	2.05	571
		3 Dylan	80.7	45.4	2.87	434
		4 Hathor	76.6	36.9	1.86	510
		5 Marco Aurelio	88.9	46.2	2.88	558
		6 Ramirez	81.2	37.8	2.51	565
		7 Saragolla	76.2	39.8	1.97	514
		8 Svevo	80.3	40.1	1.75	537
	1 Ant.	1 Colombo	77.5	39.9	1.70	492
	1 Ant.	2 Core	86.7	38.6	1.27	617
	1 Ant.	3 Dylan	79.0	43.3	2.24	429
	1 Ant.	4 Hathor	73.7	35.0	1.39	446
	1 Ant.	5 Marco Aurelio	87.4	45.6	2.49	512
	1 Ant.	6 Ramirez	85.0	38.4	2.09	546
	1 Ant.	7 Saragolla	77.5	38.2	1.77	542
	1 Ant.	8 Svevo	83.9	39.3	1.30	558
	2 Norm.	1 Colombo	77.5	38.8	1.86	500
	2 Norm.	2 Core	79.7	47.9	2.82	525
	2 Norm.	3 Dylan	82.4	47.4	3.50	440
	2 Norm.	4 Hathor	79.5	38.7	2.34	575
	2 Norm.	5 Marco Aurelio	90.5	46.9	3.28	604
	2 Norm.	6 Ramirez	77.4	37.2	2.93	583
	2 Norm.	7 Saragolla	74.9	41.4	2.16	487
	2 Norm.	8 Svevo	76.7	40.9	2.20	517
2016		1 Colombo	86.0	33.6	2.44	700
2016		2 Core	98.3	36.8	2.77	700
2016		3 Dylan	95.9	41.7	4.27	598
2016		4 Hathor	85.7	31.1	2.50	596
2016		5 Marco Aurelio	99.4	45.7	3.68	563
2016		6 Ramirez	92.4	34.3	3.61	729
2016		7 Saragolla	87.4	35.9	2.44	596
2016		8 Svevo	97.0	35.9	2.49	696
2017		1 Colombo	69.0	45.1	1.13	292
2017		2 Core	68.0	49.7	1.33	442
2017		3 Dylan	65.5	49.0	1.47	271
2017		4 Hathor	67.5	42.6	1.23	425
2017		5 Marco Aurelio	78.5	46.8	2.09	554
2017		6 Ramirez	70.0	41.3	1.41	400
2017		7 Saragolla	65.0	43.7	1.49	433
2017		8 Svevo	63.5	44.3	1.01	379
MEIE GENERALI			80.6	41.1	2.21	523

4.2 Studio dell'influenza delle semine anticipate sulla possibile contaminazione da micotossine in grano duro biologico in rapporto ai cambiamenti climatici.

Patologie fungine

Sono stati elaborati i dati fitopatologici ottenuti dai rilievi pervenuti dalle diverse località di prova, al fine di comprendere l'influenza delle semine anticipate sullo sviluppo delle patologie fungine del frumento duro, in rapporto ai cambiamenti climatici. Le condizioni meteorologiche verificatesi nel biennio hanno permesso la comparsa e la diffusione di varie malattie, tra cui: la ruggine gialla, la ruggine bruna, la ruggine nera, il complesso della septoriosi e la fusariosi della spiga.

Ruggine gialla

Nel campo di Roma la ruggine gialla (agente causale *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) è stata la patologia prevalente nel periodo in esame. Nell'annata agraria 2015-16 i rilievi hanno evidenziato la presenza della malattia sui genotipi saggiate nelle prove sia in *semina anticipata* sia in *semina normale*. Gli attacchi di maggiore entità sono stati osservati, con il progredire delle infezioni, sulla *semina normale* e sono state riscontrate severità anche del 70-80% sulla foglia a bandiera. Per

quanto riguarda il comportamento delle cultivar, tra di esse le migliori sono risultate Dylan e Hathor, mentre le infezioni più consistenti sono state rilevate su Colombo, Core e Saragolla. Anche nella seconda annata agraria la presenza e la prevalenza della ruggine gialla è stata registrata sui genotipi in prova, tuttavia tra le cultivar sono state rilevate differenze di attacco, anche consistenti, sulla foglia a bandiera. Le infezioni di maggiore entità sono state osservate su: Core, Marco Aurelio e Saragolla, mentre Dylan e Ramirez sono risultati i genotipi più resistenti. Sembrano confermati nei due anni di prova il miglior comportamento di Dylan e la maggiore suscettibilità di Core e Saragolla nei confronti della malattia.

Ruggine bruna

Nel campo di Roma, nella prima annata agraria la ruggine bruna (causata da *Puccinia triticina*) è stata registrata in maniera contenuta sui genotipi della prova in *semina anticipata*, mentre in *semina normale* i rilievi fitopatologici hanno evidenziato su alcune cultivar (Colombo, Core, Dylan, Marco Aurelio e Svevo) severità di attacco anche del 50-60% sulla foglia a bandiera. La varietà Saragolla, invece, ha mostrato un buon comportamento nei confronti della malattia.

Nella seconda annata agraria la ruggine bruna non ha rappresentato un problema per la coltura e solo le cultivar Core e Svevo hanno mostrato una moderata suscettibilità.

Nel campo di Jesi, nella primavera del 2017, sono state rilevate infezioni di ruggine bruna su entrambe le prove (in *semina anticipata* e in *semina normale*) e la maggior parte dei genotipi ha subito attacchi elevati, a eccezione delle cultivar Ramirez e Saragolla sulle quali è stata riscontrata l'assenza o solo la presenza in tracce della malattia.

Ruggine nera

Tale malattia sta creando una particolare preoccupazione per il rischio di epidemie che potrebbero verificarsi in Italia e nei Paesi limitrofi, a causa della comparsa in Sicilia di una nuova razza molto aggressiva. I rilievi effettuati nel campo di Roma nell'annata 2016-17 ne hanno evidenziato la presenza sui culmi e, in taluni casi, anche sulle spighe delle varietà in *semina normale*. *Puccinia graminis* f.sp. *tritici*, agente causale della malattia, esige temperature più elevate rispetto a quelle necessarie per lo sviluppo delle altre ruggini e, probabilmente per tale motivo, i genotipi della *semina anticipata* sono sfuggiti o sono stati attaccati da tale patologia in forma lieve. Solo la cultivar tardiva Dylan ha subito infezioni consistenti anche nella prima prova, e ciò sembrerebbe avvalorare quanto è stato ipotizzato. Assenza o presenza soltanto in tracce di ruggine nera è stata, invece, registrata su Core.

Complesso della septoriosi

A Roma il complesso della septoriosi (agenti causali *Zymoseptoria triticeae* *Parastagonospora nodorum*) è stato rilevato essenzialmente nella prima annata agraria e infezioni leggermente maggiori sono state osservate nella prova in *semina normale*.

A Metaponto i rilievi fitopatologici hanno evidenziato nell'annata agraria 2015-16 la presenza del complesso della septoriosi e gli attacchi di maggiore entità sono stati osservati nella prova in *semina anticipata*. Tutte le varietà hanno mostrato una forte suscettibilità al patogeno, seppur con una lieve migliore risposta di Marco Aurelio in entrambe le epoche di semina.

Anche nell'annata agraria 2016-17 la malattia è stata rilevata a Metaponto, tuttavia le infezioni sono state decisamente più contenute rispetto all'annata precedente, infatti gli attacchi hanno raggiunto al massimo il 30% sulla foglia a bandiera delle varietà sia in *semina anticipata* sia in *semina normale*.

Fusariosi della spiga

Nel campo di Roma è stata osservata solo la presenza sporadica di fusariosi della spiga (agenti causali diverse specie di *Fusarium*) che si è manifestata nella fase finale del ciclo colturale del frumento solamente nel primo anno del biennio. In taluni casi la fusariosi ha attaccato le spighe delle varietà già precedentemente colpite dalla ruggine gialla. L'osservazione di campo ha trovato conferma grazie alle analisi microscopiche, infatti, gli agenti eziologici della fusariosi sono stati identificati insieme alle spore di *P. striiformis* sulle spighe di alcune varietà che presentavano evidenti sintomi di ruggine gialla.

Anche a Metaponto nello stesso anno è stata rilevata la presenza di fusariosi della spiga su alcune varietà in semina anticipata.

Assenti o presenti solo in forma lieve e sporadica le altre malattie.

In generale non sembra che la densità di semina abbia influenzato in modo significativo lo sviluppo delle malattie presenti in campo.

Analisi di laboratorio

Nel caso di sintomatologie di difficile riconoscimento in campo, le analisi di laboratorio effettuate sui campioni di materiale infetto hanno permesso il riconoscimento dei vari patogeni. Sui campioni analizzati sono state identificate le principali specie fungine: *Zymoseptoria tritici*, *Parastagonospora nodorum*, *Puccinia striiformis*, *Puccinia graminis*, *Alternaria* spp., *Helminthosporium* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Epicoccum nigrum* e *Stemphylium botryosum*.

Micotossine

Dal punto di vista meteorologico entrambe le annate agrarie del biennio 2015-2016 e 2016-2017 rappresentano una progressione verso cambiamenti climatici già evidenti e con caratteristiche più marcate nell'ultimo dei due anni cui si riferisce l'attività progettuale.

Già l'andamento della prima annata 2015-2016 non ha presentato caratteristiche favorevoli alla contaminazione dei raccolti. Infatti, le precipitazioni sono state generalmente inferiori alle medie pluriennali, soprattutto nell'areale centrale. In generale, sia l'inverno sostanzialmente mite sia le piogge che, pur non abbondanti, hanno assicurato l'apporto idrico necessario alle colture, hanno favorito un generale anticipo della fase di spigatura. In particolare, durante il periodo primaverile, i fenomeni piovosi si sono verificati prevalentemente all'inizio della stagione con una probabile mancata esposizione delle colture in fioritura ad elevati tassi di umidità, una condizione ambientale favorevole allo sviluppo della fusariosi della spiga [1]. Tale andamento stagionale può aver dunque contribuito, anche se in linea molto generale, allo scarso grado di diffusione della fitopatologia, e al conseguente minore accumulo di fusariotossine come il deossinivalenolo, ma anche dei funghi produttori di tossine T-2 e HT-2 [2].

In tale contesto si inquadra anche l'andamento meteorologico dell'annata agraria successiva (2016-2017) che è stato caratterizzato dal protrarsi di situazioni di prolungata siccità, iniziata all'inizio dell'inverno e proseguita fino al mese di maggio successivo, tanto che la primavera 2017 è stata la seconda più calda (+ 1,9°C) e la terza più secca (quasi -50%), rispetto alla media del periodo di riferimento (1971-2000), dal 1800 ad oggi mentre il semestre dicembre 2016 - maggio 2017 è risultato essere il quinto più secco (-30% circa) rispetto al medesimo periodo dal 1800 ad oggi [3].

I campioni provenienti dai campi di Alberese (GR), Jesi (AN), Roma e Metaponto (MT), relativi a 3 varietà di frumento duro con diversa durata del ciclo vegetativo (Dylan, medio-tardivo; Marco Aurelio, medio e Saragolla, medio-precoce) sono stati prelevati dalle parcelle con densità di semina di 500 semi/m², relative a due epoche di semina e a due repliche (in totale 4 campi x 3 varietà x 2 epoche di semina x 2 repliche). Tuttavia, a differenza dell'annata precedente, per motivi di scarsa disponibilità di materiale in alcune repliche, le analisi di *screening* per le micotossine d'interesse sono state eseguite sul campione globale ottenuto dalla miscelazione dei campioni di granella relativi alle singole repliche (totale analizzati = 24 campioni). Lo sfarinato integrale (granulometria < 1 mm) ottenuto utilizzando il mulino Cyclotec 1093(FOSS) è stato utilizzato per l'analisi di screening, in singolo, con metodo immunoenzimatico per la determinazione delle concentrazioni di deossinivalenolo (DON), della somma delle tossine T-2 e HT-2 (T2+HT2) e dell'alternariolo (AOH) con l'impiego, rispettivamente, di: Ridascreen® DON (R-Biopharm), con limite di rivelabilità (LOD) nel campione di 18,5 µg/kg, Veratox® T-2/HT-2 (Neogen), con limite di rivelabilità(LOQ) di 25,0 µg/kg, e Alternariol Plate Kit (Beacon Analytical Systems), con limite di quantificazione 22,5 µg/kg, quest'ultimo utilizzato con modifiche minori.

Le analisi relative al deossinivalenolo e all'alternariolo sono state eseguite con semipreparatore automatico (BRIO, SEAC – RADIM) e fotometro Sirio-S Microplate Reader (SEAC, Radim Group). I risultati sono stati ottenuti previa elaborazione dei dati con il software RIDA® Soft Win software

(R-Biopharm AG). L'analisi statistica dei dati (Test t di Student e ANOVA), è stata effettuata con l'uso del programma PAST Analysis Software. I risultati relativi all'annata agraria 2016-2017 hanno evidenziato la scarsa presenza di DON nei campioni analizzati, con un'incidenza del 25% sul totale dei campioni risultati positivi all'analisi della micotossina, e in entrambe le condizioni di semina, marcatamente inferiore all'incidenza totale dell'anno precedente (67%). Per quanto riguarda, invece le tossine T-2 e HT-2, analizzate come somma delle due tossine (T2+HT2), ne è stata rilevata una maggiore diffusione nei campioni provenienti dalla semina anticipata (42%) rispetto alla normale (17%), a fronte di una scarsa presenza nei campioni del raccolto 2016 (8% per la semina normale e assenza di micotossine in quella anticipata). A differenza delle micotossine tricoteceniche la presenza di alternariolo è stata rilevata in modo piuttosto uniforme sia in relazione all'annata che al tipo di semina effettuato, con un valore pressoché costante in tutti i campioni analizzati e compreso fra il 55 e il 63%, a conferma, evidentemente, delle diverse condizioni richieste per lo sviluppo dei rispettivi funghi produttori e/o per la potenzialità di sintesi e accumulo dei metaboliti secondari (Fig. 57).

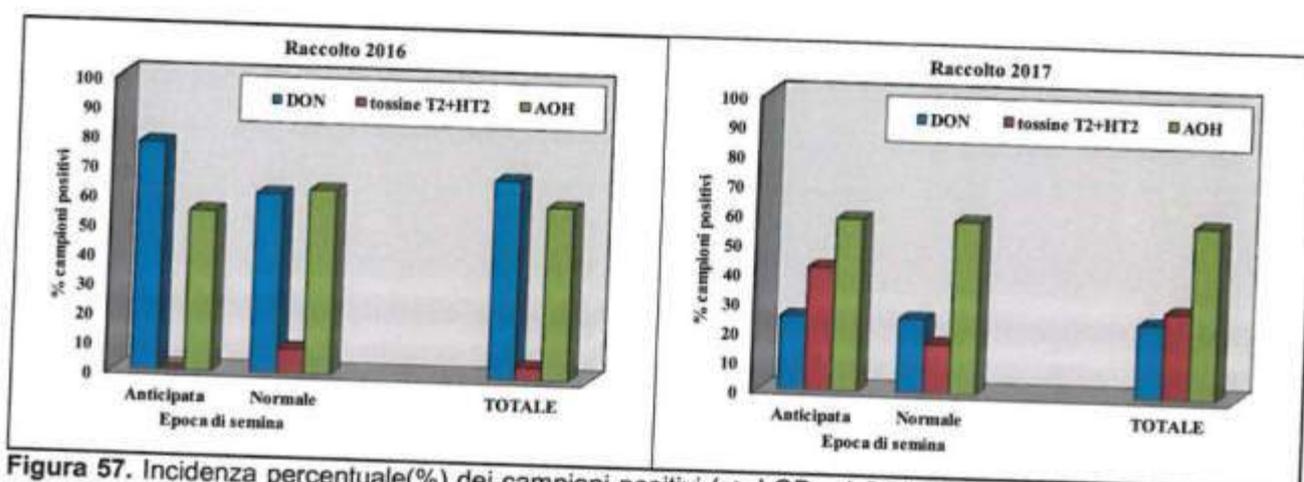


Figura 57. Incidenza percentuale(%) dei campioni positivi ($c > LOD$ o LOQ) all'analisi delle micotossine, sul totale dei campioni analizzati, relativa ai due tipi di semina effettuati nel biennio ($n=46$, raccolto 2016; $n=24$, raccolto 2017; DON = deossinivalenolo, AOH = alternariolo; c = concentrazione nel campione ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Come si evince dalla figura 58, la differenza fra le due annate riguardo alla presenza di DON nei campioni esaminati, già evidente dall'andamento dell'incidenza percentuale dei campioni positivi come sopra detto, risulta ancora più marcata dall'analisi dei dati di concentrazione della micotossina, pur in una condizione, per entrambi gli anni, di livelli di concentrazione che in nessun caso superano i $200 \mu\text{g}/\text{kg}$, ad eccezione di un solo campione (varietà Saragolla, semina normale, località Metaponto: $1553 \mu\text{g}/\text{kg}$) non considerato nell'ambito della elaborazione dei dati complessivi. Pertanto, il livello generale di contaminazione da DON in entrambi gli anni si è rivelato di gran lunga inferiore al limite normato di $1750 \mu\text{g}/\text{kg}$ pur tenendo conto dell'incertezza di misura [4,5].

Le differenze di concentrazione del DON sono risultate tuttavia statisticamente non significative ($p > 0,05$) fra le varietà nell'ambito di ciascuna epoca di semina, fra le due epoche di semina e, nell'ambito di ciascuna epoca di semina, fra le diverse località, mentre quest'ultimo fattore ha dimostrato avere un'influenza significativa ($p < 0,05$) sulla capacità di accumulo di micotossina in rapporto alle differenti varietà, ad eccezione della varietà Dylan riguardo alla semina anticipata. Infatti, dall'analisi della varianza bifattoriale è risultata significativa ($p < 0,01$) l'interazione fra i fattori località e varietà ma non significativa l'interazione fra quest'ultimo fattore (varietà) e epoca di semina. Inoltre, dal confronto fra i fattori semina e località solo quest'ultimo è risultato avere un'influenza significativa ($p > 0,05$).

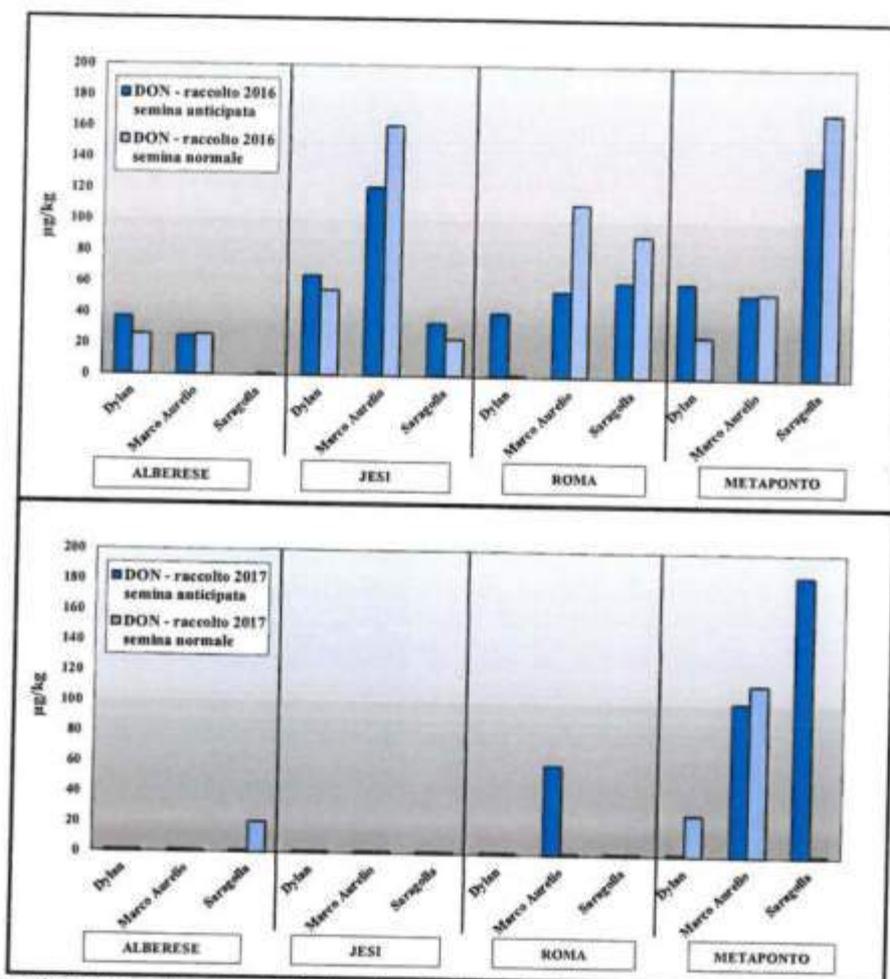


Figura 58. Contaminazione da deossinivalenolo (DON) relativa al biennio (n=45, raccolto 2016; n=24, raccolto 2017).

Le particolari caratteristiche meteorologiche di entrambe le annate hanno avuto una ricaduta anche in merito alla presenza delle tossine T-2 e HT-2, analizzate come somma delle due tossine, che è risultata di fatto trascurabile sia come diffusione che come valori di concentrazione nei campioni, tranne poche eccezioni (Fig. 59). Infatti, mentre riguardo al raccolto 2016 (4% di incidenza totale dei campioni positivi) sono state rilevate concentrazioni pari a 72 µg/kg (località: Jesi; varietà: Saragolla) e di 47 µg/kg (località: Metaponto; varietà: Marco Aurelio), entrambe riferite all'epoca di semina normale, per quanto riguarda il raccolto 2017 la diffusione della micotossina si è rivelata molto più eterogenea. In particolare, soltanto nelle prove del campo di Jesi (areale Centro-adriatico) è stata evidenziata una marcata diffusione fra i campioni analizzati (83% di incidenza di campioni positivi) con un massimo di concentrazione di 164 µg/kg (varietà: Marco Aurelio; epoca di semina: anticipata). Un altro aspetto d'interesse riguarda il livello più marcatamente elevato di concentrazione della somma delle tossine T-2 e HT-2 rilevato nei campioni appartenenti alle prove di semina anticipata rispetto alla semina normale, delineando una tendenza non in linea con quanto riscontrato per il DON nell'annata precedente (raccolto 2016) per il quale, come sopra detto, non ci sono state differenze significative in tal senso fra le due epoche di semina.

Per quanto riguarda lo *screening* relativo all'alternariolo (AOH), per il quale si è proceduto previa ottimizzazione della metodica in uso con verifica su tutti i campioni del biennio, i risultati ottenuti sono da considerarsi come approccio preliminare allo studio sulla presenza di tale micotossina nei campioni in esame, in attesa di ulteriori riscontri e approfondimenti in merito. I risultati ottenuti hanno evidenziato che, a fronte di una larga diffusione dell'alternariolo nei campioni provenienti dalle diverse condizioni di prova, il livello medio di contaminazione relativo al raccolto 2016 è stato di 76 µg/kg contro 34 µg/kg del raccolto 2017.

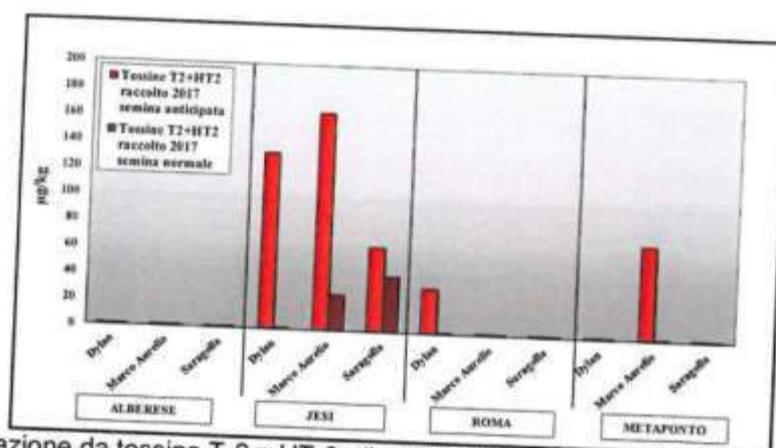


Figura 59. Contaminazione da tossine T-2 e HT-2, rilevata come somma delle due tossine (T2+HT2) relativa al raccolto 2017(n=24).

Da una valutazione d'insieme dei risultati dell'attività progettuale del biennio 2015-2016 e 2016-2017 emerge ancora una volta l'importanza del fattore ambientale sull'accumulo di micotossine nelle derrate cerealicole come, nel caso specifico, la granella di frumento duro. Tale considerazione è quanto mai evidente in un contesto generale di cambiamenti climatici che negli ultimi anni stanno sempre più procedendo verso temperature miti anche nei mesi normalmente "freddi" e scarsità di precipitazioni.

WP 5.1

Di seguito sono riportati i principali risultati ottenuti relativamente alla valutazione degli effetti delle diverse pratiche agronomiche sulla fertilità di breve periodo nei due anni di rotazione colturale 2016-2017 sul dispositivo MITIORG di Metaponto.

Carbonio organico del suolo

Nelle Figure 60 (a-b) e 61 (a-b) è riportato l'andamento del carbonio organico (TOC) del suolo (0-25 cm), nelle baule e nelle aiuole, rispettivamente, misurato ad inizio e fine ciclo di ogni coltura da reddito nei due anni di rotazione.

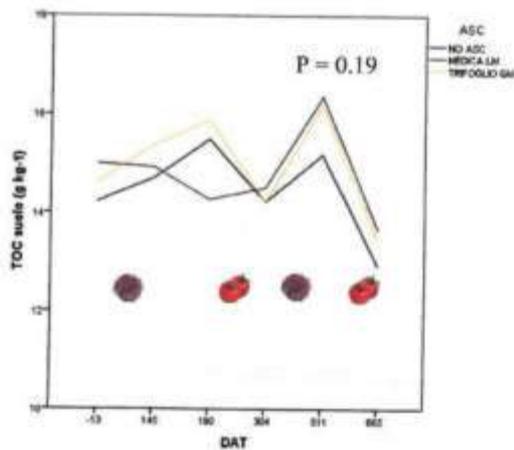


Figura 60 a - Andamento del carbonio organico del suolo nei due anni di avvicendamento colturale delle BAULE: Effetto ASC.

Note: DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

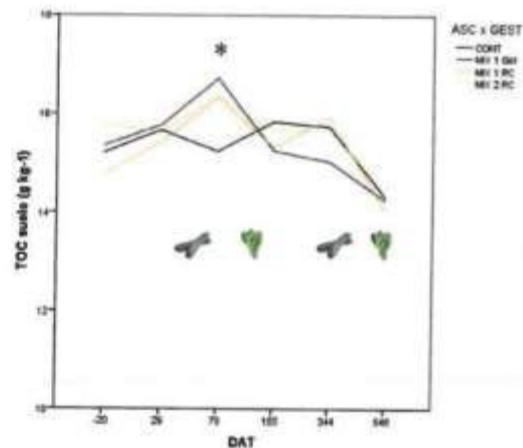


Figura 61 a - Andamento del carbonio organico del suolo nei due anni di avvicendamento colturale delle AIUOLE: Effetto ASC e loro terminazione.

Note: * significatività al livello di probabilità $P \leq 0.05$. DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

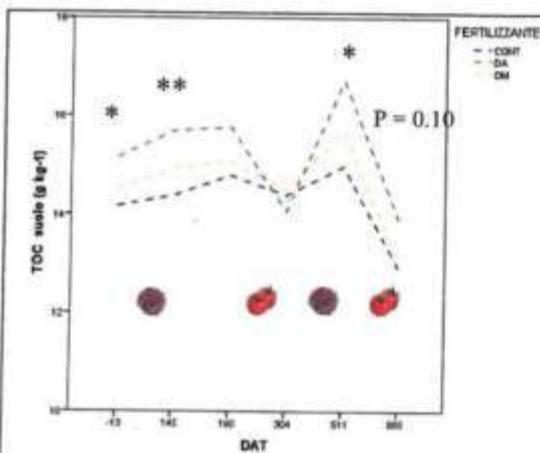


Figura 60 b - Andamento del carbonio organico del suolo nei due anni di avvicendamento colturale delle BAULE: Effetto Fertilizzazione.

Note: * significatività al livello di probabilità $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$. DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

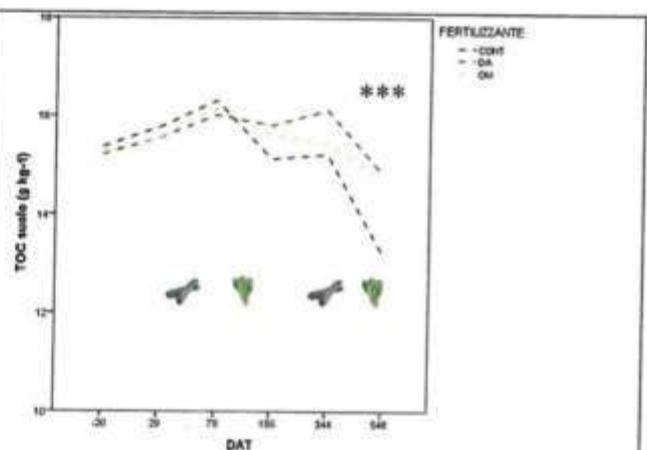


Figura 61 b - Andamento del carbonio organico del suolo nei due anni di avvicendamento colturale delle AIUOLE: Effetto Fertilizzazione.

Note: *** significatività al livello di probabilità $P \leq 0.001$. DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

Nelle baule (Fig. 60 (a-b)) è chiaramente osservabile un decremento del carbonio organico nel suolo alla raccolta del pomodoro, quindi verso la fine delle stagioni estive (DAT= 304 e 665). Le elevate temperature unite all'umidità del suolo irrigato rendono ideali le condizioni per un aumento della velocità di mineralizzazione. La diminuzione del TOC è risultata significativamente più marcata alla fine del secondo anno di rotazione rispetto al primo (- 9.31% alla raccolta del secondo

anno di pomodoro rispetto al valore medio iniziale). Questo effetto potrebbe essere attribuibile alle differenti condizioni climatiche dei due anni, in particolare, nel 2017, sono state registrate temperature estive medie più elevate che nel 2016 (fino a 2.1°C in più nel mese di agosto 2017 rispetto allo stesso mese nel 2016, dati non mostrati). Per quanto riguarda l'effetto ASC, a partire dal secondo anno di rotazione, i trattamenti che prevedono l'introduzione della coltura di servizio (erba medica e trifoglio in consociazione al cavolo) si differenziano, come trend, per un più elevato contenuto di C organico del suolo rispetto al controllo (Fig. 60 a). Allo stesso modo, è possibile osservare valori di TOC del suolo significativamente più elevati nelle tesi fertilizzate rispetto al controllo (Fig. 60 b), l'incremento è particolarmente evidente nelle tesi con digestato anaerobico (DA). Come atteso quindi, è possibile affermare che le strategie di "intensificazione agroecologica", che nel nostro caso prevedono l'introduzione di colture di servizio in sinergia alla distribuzione di fertilizzanti/ammendanti organici, hanno promosso la sostanza organica nel suolo.

Nelle aiuole (Fig. 61 (a-b)), si osserva un valore medio di TOC nel suolo nei due anni di rotazione più elevato che nelle baule (15.3 e 14.6 g kg⁻¹ di suolo nelle aiuole e nelle baule, rispettivamente). In effetti, le differenti lavorazioni del suolo per la preparazione dei due sistemi potrebbero incidere sui processi di mineralizzazione della sostanza organica e, pertanto, sul suo contenuto medio nel suolo. Così come per la rotazione sulle baule, anche nel sistema aiuole si osserva una diminuzione significativa del carbonio organico nel suolo alla fine dei due anni di rotazione (-8.18% alla raccolta del secondo anno di lattuga rispetto al valore medio iniziale). In questo caso la presenza delle colture di servizio, indipendentemente dalla strategia di terminazione, non ha mostrato effetti di incremento di TOC rispetto al controllo senza ASC, se non in un'unica fase (fine della raccolta del primo anno di zucchini). Al contrario, è evidente l'effetto della fertilizzazione in particolare dal secondo anno di rotazione, quando i tre trattamenti (Cont, DA e OM) iniziano a differenziarsi in maniera significativa. In effetti è possibile osservare come, nel secondo anno di rotazione, i trattamenti fertilizzati abbiano mantenuto livelli significativamente più elevati di TOC rispetto al controllo. Pertanto, il decremento del valore medio di carbonio organico nei due anni di rotazione sembrerebbe attribuibile esclusivamente al contributo del controllo, per il quale si registra una significativa diminuzione del 13.80% di TOC rispetto al valore medio misurato ad inizio rotazione (DAT=-13).

Azoto totale del suolo

Nelle **Figure 62 (a-b)** e **63 (a-b)** è riportato l'andamento dell'azoto totale (Nt) nel suolo (0-25 cm) nelle baule e nelle aiuole, rispettivamente, misurato ad inizio e fine ciclo di ogni coltura da reddito nei due anni di rotazione.

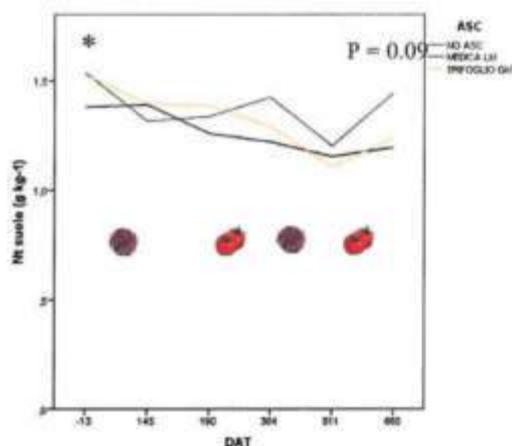


Figura 62 a - Andamento dell'azoto totale del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle BAULE: Effetto ASC.

Note: * significatività al livello di probabilità $P \leq 0.05$. DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

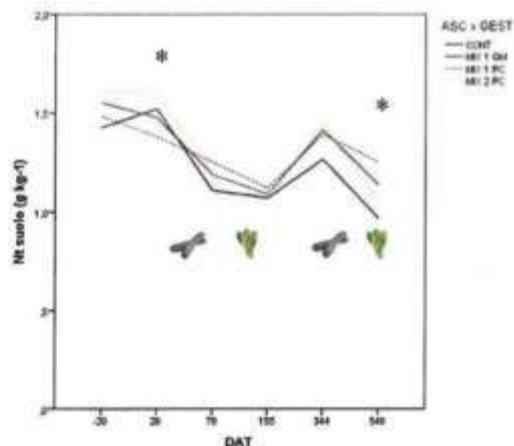


Figura 63 a - Andamento dell'azoto totale del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle AIUOLE: Effetto ASC e loro terminazione.

Note: * significatività al livello di probabilità $P \leq 0.05$. DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

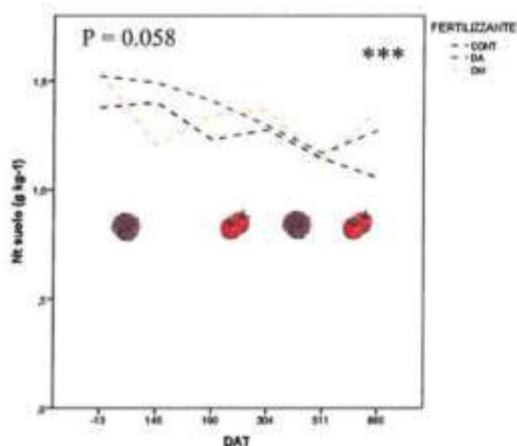


Figura 62 b - Andamento dell'azoto totale del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle BAULE: Effetto Fertilizzazione.

Note: *** significatività al livello di probabilità $P \leq 0.001$. DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

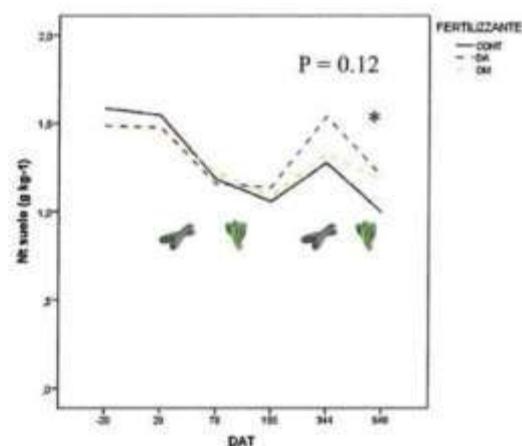


Figura 63 b - Andamento dell'azoto totale del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle AIUOLE: Effetto Fertilizzazione.

Note: * Significatività al livello di probabilità $P \leq 0.05$. DAT, giorni dal trapianto della prima coltura in rotazione.

Nelle baule (**Fig. 62 a-b**), similmente a quanto rilevato per il TOC, è possibile osservare un trend decrescente dell'azoto totale nel suolo, con un valore finale medio pari a -16.67% del valore medio iniziale. Tuttavia, il trattamento con medica (**Fig. 62a**), a partire dal secondo anno di rotazione, si differenzia significativamente rispetto al controllo e al trattamento con trifoglio per valori maggiori di Nt, con un valore medio misurato alla fine della rotazione simile al valore iniziale. Allo stesso modo, unicamente alla fine della rotazione, si osservano valori di Nt del suolo significativamente più elevati nelle tesi fertilizzate rispetto al controllo (**Fig. 62b**).

Nelle aiuole (**Fig. 63 a-b**), contrariamente all'andamento del TOC, il valore medio dell' Nt è risultato significativamente inferiore rispetto alle baule (1.25 e 1.32 g kg⁻¹ di suolo nelle aiuole e nelle baule,

rispettivamente), con conseguenti valori medi di rapporto C/N del suolo superiori nelle aiuole rispetto alle baule nelle diverse fasi della rotazione. Così come per la rotazione sulle baule, anche nel sistema aiuole, in maniera più marcata, si osserva una diminuzione significativa dell'azoto totale nel suolo alla fine dei due anni di rotazione (-27,39% alla raccolta del secondo anno di lattuga rispetto al valore medio iniziale). La presenza delle colture di servizio, indipendentemente dalla strategia di terminazione, ha determinato un incremento dell'Nt rispetto al controllo senza ASC, a partire dal secondo anno di rotazione (Fig. 63a). Lo stesso trend si è osservato rispetto al fattore fertilizzazione, in particolare per il trattamento con DA (Fig. 63 b).

Azoto minerale nel suolo

Nelle Figure 64 (a-b) e 65 (a-b) è riportato l'andamento dell'azoto minerale (N min, $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$) nel suolo (0-25cm) nelle baule e nelle aiuole, rispettivamente, misurato in diverse fasi durante i cicli delle colture da reddito, nei due anni di rotazione.

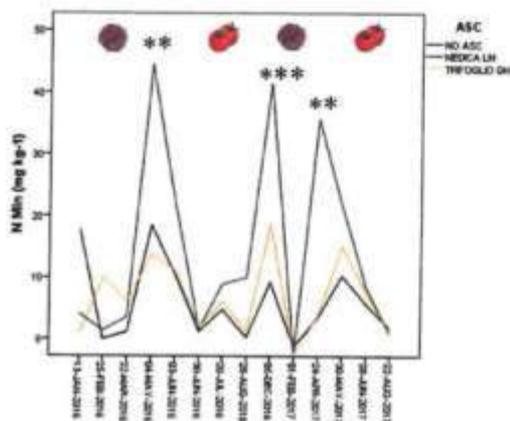


Figura 64 a - Andamento dell'azoto minerale (N min) del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle BAULE: Effetto ASC.
Note: ** Significatività al livello di probabilità $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$.

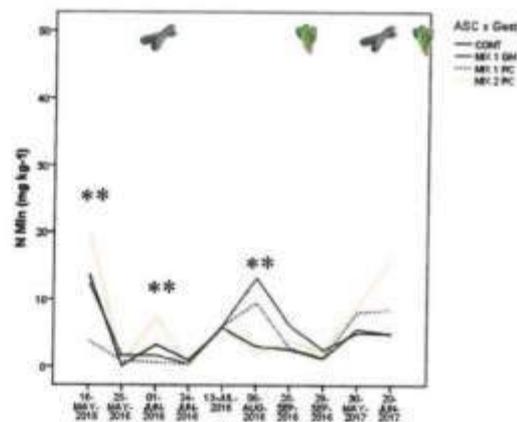


Figura 65 a - Andamento dell'azoto minerale (N min) del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle AIUOLE: Effetto ASC e loro terminazione.
Note: ** Significatività al livello di probabilità $P \leq 0.01$.

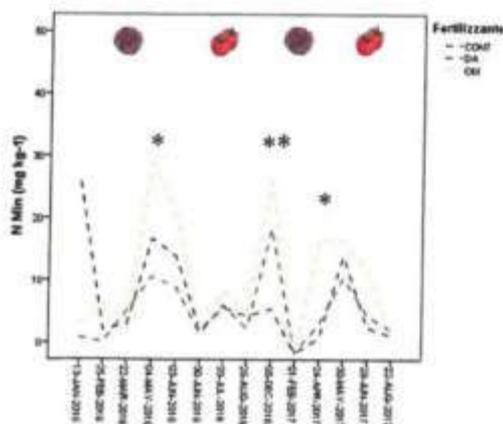


Figura 64 b - Andamento dell'azoto minerale (N min) del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle BAULE: Effetto Fertilizzazione.
Note: * Significatività al livello di probabilità $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$.

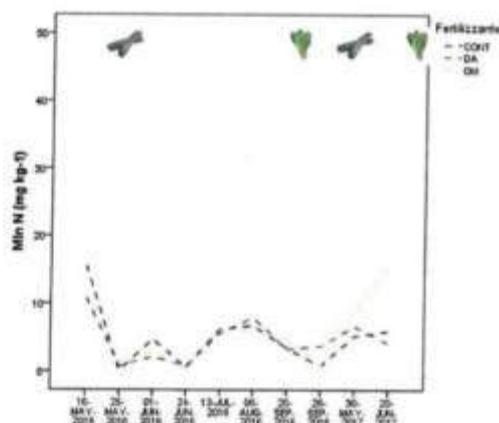


Figura 65 b - Andamento dell'azoto minerale (N min) del suolo nei due anni di avvicendamento culturale delle AIUOLE: Effetto Fertilizzazione.

Nelle baule (**Fig. 64 a-b**), nelle fasi successive allo sfalcio di medica e trifoglio (maggio 2016, dicembre 2016 e maggio 2017) e alla distribuzione dei fertilizzanti nel suolo (maggio 2016, ottobre 2016 e maggio 2017), si osservano incrementi marcati dei valori medi di N min nel suolo rispetto alle misure precedenti. Relativamente all'effetto ASC (**Fig. 64 a**), l'incremento è maggiormente evidente nel trattamento con medica, per il quale, nei due anni di rotazione, il sistema ha prodotto una quantità di biomassa significativamente superiore a quella del trifoglio (dati non mostrati). Tuttavia, i conseguenti picchi di azoto disponibile nel suolo in corrispondenza della fase di trapianto della coltura estiva, non risultano sincroni con le reali necessità nutritive della coltura stessa, che possiamo considerare in fasi fenologiche più avanzate (quali l'allegagione e l'invaiaitura), con conseguente rischio di perdita di azoto per lisciviazione. Allo stesso modo, l'effetto della fertilizzazione nelle fasi successive alla distribuzione dei materiali ha comportato valori medi significativamente superiori nei trattamenti fertilizzati rispetto al controllo nelle fasi successive alla distribuzione, in particolare, come atteso, nei trattamenti fertilizzati con il materiale organico commerciale (OM), caratterizzato da un rapporto C/N più basso del DA (C/N = 10.2 e 16.1 per OM e DA, rispettivamente).

Nelle aiuole (**Fig. 65 a-b**), i valori medi di N min nel suolo rimangono più bassi, durante tutto il periodo monitorato, rispetto a quelli nelle baule. In effetti un lieve effetto dell'input di N derivante dalle biomasse delle ASC (**Fig. 65 a**) (mix con 80% di leguminosa, percentuale in peso del seme), terminate poco prima del trapianto dello zucchini, rispetto al controllo, è osservabile soltanto alla raccolta del primo anno di zucchini e agli inizi del suo ciclo nel secondo anno (risultati non completi per la restante rotazione, in fase di elaborazione). Per quanto riguarda l'effetto del fattore fertilizzazione invece, non sono osservabili discostamenti dall'andamento del controllo per entrambi i materiali utilizzati. Questo andamento è in accordo con i valori di carbonio organico e di rapporto C/N del suolo, più elevati nelle aiuole rispetto alle baule, meno favorevoli alla mineralizzazione.

WP 5.2: Di seguito sono riportati i principali risultati ottenuti relativamente alla valutazione degli effetti delle diverse pratiche agronomiche sull'andamento delle rese e sulla dinamica di C e N dei suoli sia nel breve periodo, sia nello scenario di cambiamento climatico, ottenuti dalle simulazioni con EPIC0810 per le colture e trattamenti nelle aiuole e nelle baule, impostate nel dispositivo sperimentale MITIORG di Metaponto. Data l'elevata complessità del dispositivo sperimentale, per le simulazioni di breve periodo e di lungo periodo con scenari futuri di cambiamento climatico, sono state selezionate tre tesi per il dispositivo baule (B1-B3) e quattro per il dispositivo aiuole (A1-A4).

Le tesi selezionate per le baule sono state:

- B1: Rotazione delle colture da reddito (cavolo-finocchio-cavolo-pomodoro-cavolo-pomodoro), in assenza di concimazione e di ASC (trattamento controllo sia per ASC sia per concimazione).
- B2: Rotazione delle colture da reddito, in assenza di ASC e in presenza di concimazione organo-minerale ammessa in biologico (pollina).
- B3: Rotazione delle colture da reddito, in presenza di ASC (trifoglio) usata come living mulch (pacciamatura) e in presenza della concimazione organo-minerale.

Le tesi selezionate per le aiuole sono state:

- A1: Rotazione delle colture da reddito (pomodoro-zucchini-lattuga-zucchini-lattuga), in assenza di concimazione e di ASC (trattamento controllo sia per ASC sia per concimazione).
- A2: Rotazione delle colture da reddito, in assenza di ASC e in presenza di concimazione organo-minerale ammessa in biologico (pollina).
- A3: Rotazione delle colture da reddito, in presenza di ASC (mix 80% veccia e 20% avena) usata come sovescio (green manure per le colture da reddito) e in presenza della concimazione organo-minerale.
- A4: Rotazione delle colture da reddito, in presenza di ASC (mix 80% veccia e 20% avena) da allettare al suolo tramite la terminazione con la tecnica del roller crimper e in presenza della concimazione organo-minerale.

di raccolta. Per il corretto funzionamento del modello, dopo l'operazione di raccolta, viene inserita l'operazione di "kill" che arresta definitivamente lo sviluppo della coltura. Sia per quanto riguarda le baule, sia per quanto riguarda le aiuole, il modello è stato calibrato tenendo conto delle rese delle colture da reddito nel trattamento controllo e della produzione di biomassa delle ASC nei trattamenti A3 e A4. La calibrazione del modello permette di modificare i parametri più significativi entro intervalli ragionevoli per ottenere risultati delle simulazioni realistici e coerenti con i dati osservati di pieno campo disponibili. I principali parametri usati per le calibrazioni sono riconducibili alla resa delle colture, al contenuto degli elementi nutritivi del suolo, al carbonio organico del suolo e al contenuto di acqua nel suolo. Dal confronto dei dati misurati con quelli stimati si è provveduto a modificare i valori dei parametri colturali tenendo conto delle reali caratteristiche delle colture impiegate rispetto ai valori impostati in modo predefinito dal modello. In prima istanza è stata impostata la reale densità di piante e, successivamente sono stati modificati altri valori dei parametri legati allo sviluppo della coltura (come ad esempio temperatura massima e minima, indice di raccolta, LAI). Ultimata la calibrazione, sono state eseguite le simulazioni per i trattamenti considerati sul dispositivo baule e aiuole, sia nel breve, sia nel lungo periodo. Completate le simulazioni, gli output relativi alle rese e ai principali parametri del suolo, sono stati validati per determinare l'accuratezza dei risultati confrontandoli con i dati misurati. Il coefficiente di regressione (r^2), il coefficiente di correlazione (r) e l'errore quadratico medio (RMSE) sono stati usati per validare il modello.

Nel periodo di sperimentazione 2014-2017, le simulazioni dei trattamenti considerati per aiuole e baule nel dispositivo del progetto AGROCAMBIO, forniscono risposte produttive diverse a seconda dell'anno e della coltura in rotazione. Nella **figura 67 (a,b,c)** sono riportati i confronti produttivi tra le rese stimate dal modello e le rese misurate nei trattamenti considerati (gestione terminazione ASC, concimazione e trattamento controllo) nel dispositivo baule, mentre nella **figura 68 (a,b,c)** sono riportati i confronti produttivi delle rese nelle aiuole. In tutte le figure, l'andamento delle rese è rappresentato dalla linea nera continua. La linea tratteggiata rappresenta la bisettrice (1:1 cioè un'unità d'incremento del valore simulato, corrisponde ad un'unità di incremento del valore misurato). La vicinanza della linea di tendenza con la bisettrice mostra la bontà della simulazione delle rese rispetto ai valori ottenuti dai dati misurati ed è stata calcolata dal coefficiente di correlazione. Nel caso delle baule, i coefficienti di correlazione delle rese delle colture in rotazione sono: cavolo ($r = 0.99$ con $P < 0.05$; RMSE = 0.29), finocchio ($r = 0.98$ con $P < 0.05$; RMSE = 0.68) e pomodoro ($r = 0.97$ con $P < 0.05$; RMSE = 0.37).

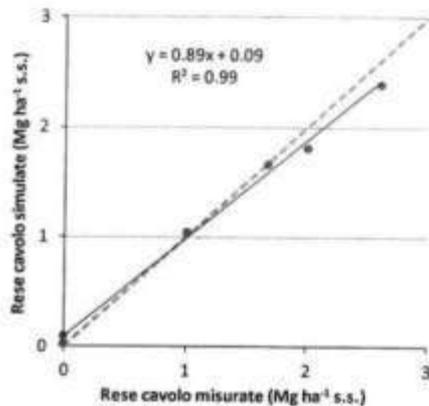


Figura 67 a – Confronto tra le rese del cavolo misurate e simulate (Mg ha^{-1}), espresse in sostanza secca, negli anni di avvicendamento colturale delle BAULE

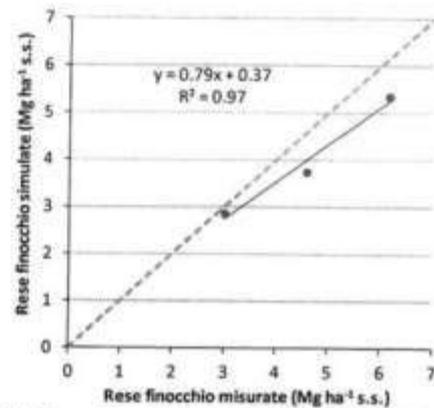


Figura 67 b – Confronto tra le rese del finocchio misurate e simulate (Mg ha^{-1}), espresse in sostanza secca, negli anni di avvicendamento colturale delle BAULE

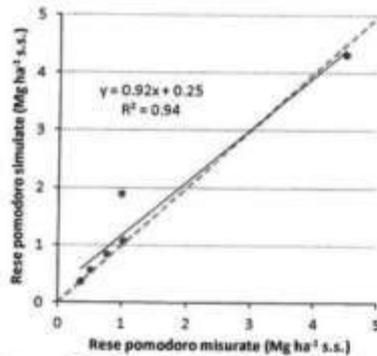


Figura 67 c – Confronto tra le rese del pomodoro misurate e simulate (Mg ha^{-1}), espresse in sostanza secca, negli anni di avvicendamento colturale delle BAULE

Esaminando l'andamento delle rese delle colture in rotazione mediante il confronto tra i dati misurati e quelli simulati, si osserva che le rese simulate del cavolo (prima coltura ad aprire la rotazione delle baule nella sperimentazione MITIORG) sono del 22% inferiori rispetto ai dati misurati. Ciò escludendo i dati delle parcelle controllo del secondo e terzo anno dato che riportano rese nulle. La simulazione che ha riportato la minore variazione percentuale rispetto al dato misurato è quella relativa al trattamento controllo (B1) nel primo anno di rotazione pari all'1% inferiore rispetto al dato misurato. Il modello è stato in grado di simulare in modo accurato anche le rese del trattamento B2 pari al 3% inferiore rispetto ai dati misurati. Il trattamento B3 ha riportato la maggiore variabilità nei tre anni considerati. La simulazione delle rese è stata più accurata nel primo ciclo di cavolo rispetto agli altri due, dove le rese simulate sono risultate quasi il doppio inferiori rispetto a quelle misurate. Nel caso del finocchio (seconda coltura in rotazione), le simulazioni, considerando tutti i trattamenti nel complesso, sottostimano le rese del 12% rispetto al dato misurato per i tre trattamenti considerati. In questo caso, il modello EPIC riesce a simulare con maggiore accuratezza il trattamento B3 (combinazione tra concimazione organo-minerale e ASC usata come pacciamatura verde per le colture da reddito), la cui variazione di resa rispetto ai dati misurati è del 5% inferiore rispetto al dato misurato. Per il pomodoro, i valori delle rese stimate, indipendentemente dai trattamenti considerati, sono il 17% superiori rispetto ai valori delle rese misurate. Il modello EPIC è riuscito a simulare con maggiore accuratezza il trattamento B1 (controllo) rispetto agli altri due (-3% vs. +28% come media tra B2 e B3). Il trattamento che ha riportato la minore accuratezza nella simulazione delle rese è stato il B3 per il pomodoro del secondo ciclo di rotazione, poiché la resa simulata è stata quasi doppia rispetto a quella misurata.

Nel caso delle aiuole, i coefficienti di correlazione delle rese delle colture in rotazione sono: pomodoro ($r = 0.99$ con $P < 0.05$; $RMSE = 0.07$), zucchino ($r = 0.86$ con $P < 0.05$; $RMSE = 0.27$) e lattuga ($r = 0.95$ con $P < 0.05$; $RMSE = 0.43$).

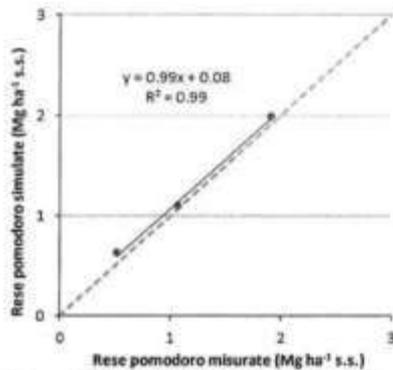


Figura 68 a – Confronto tra le rese del pomodoro misurate e simulate ($Mg\ ha^{-1}$), espresse in sostanza secca, nell'avvicendamento colturale delle AIUOLE

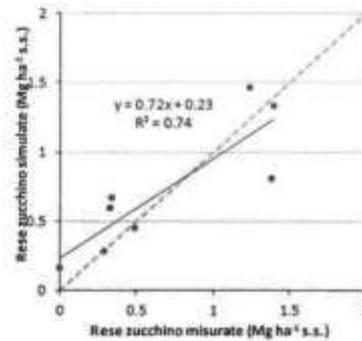


Figura 68 b – Confronto tra le rese dello zucchino misurate e simulate ($Mg\ ha^{-1}$), espresse in sostanza secca, negli anni di avvicendamento colturale delle AIUOLE

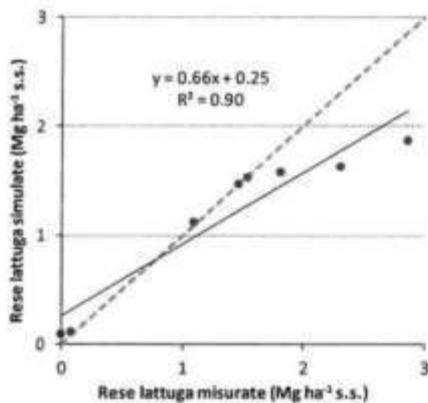


Figura 68 c – Confronto tra le rese della lattuga misurate e simulate ($Mg\ ha^{-1}$), espresse in sostanza secca, negli anni di avvicendamento colturale delle AIUOLE

Analizzando nel dettaglio l'andamento delle rese delle colture in rotazione, dal confronto dei dati simulati e misurati, indipendentemente dal trattamento considerato, si osserva che, nel caso del pomodoro coltivato nelle aiuole (prima coltura ad aprire la rotazione della sperimentazione MITIORG), le simulazioni sovrastimano le rese del 8% rispetto al dato misurato nei trattamenti considerati. Per il pomodoro, i trattamenti che il modello EPIC è riuscito a simulare con maggiore accuratezza sono stati il trattamento A2 (concimato con concime organo-minerale) e A4 (combinazione tra concimazione organo-minerale e mix di ASC seguita dall'operazione di roller crimper) le cui variazioni di resa rispetto ai dati misurati sono del 3%, seguiti dal trattamento A3 (combinazione tra concimazione organo-minerale e mix di ASC usato come sovescio) e A1 (trattamento controllo; no concimazione, no ASC), le cui variazioni di resa sono stati del 4% (1.99 vs. 1.91) e 22% (0.63 vs 0.56), rispettivamente. Per quanto riguarda lo zucchino (seconda coltura in rotazione e presente nel secondo e terzo anno della rotazione), le simulazioni, complessivamente, sovrastimano le rese del 20% rispetto al dato misurato nei trattamenti considerati. La simulazione che ha riportato la minore variazione percentuale rispetto al dato misurato è quella relativa al trattamento controllo (A1) nel secondo anno di rotazione pari al 3% inferiore rispetto al dato misurato. Il modello è stato in grado di simulare in modo accurato sia la resa molto bassa osservata nelle parcelle controllo del secondo anno di rotazione ($250\ kg\ ha^{-1}$ di sostanza secca vs. $290\ kg\ ha^{-1}$ di sostanza secca), sia quelle del trattamento A3 con ASC allettate con roller crimper riportando una riduzione dell'8% rispetto al dato misurato ($450\ kg\ ha^{-1}$ di sostanza secca vs. $490\ kg\ ha^{-1}$ di sostanza secca). Nel caso dello zucchino il modello non è stato

in grado di simulare in modo accurato le rese misurate nel trattamento A2 del secondo anno e A3 del primo anno dato che l'aumento delle rese simulate è quasi il doppio di quello delle rese misurate. Nel caso della lattuga (terza coltura in rotazione che segue lo zucchini ed è presente nel secondo e terzo anno di rotazione), le simulazioni, considerando tutti i trattamenti nel complesso, sovrastimano le rese del 3% rispetto al dato misurato per i quattro trattamenti considerati. Anche in questo caso, nei due anni considerati, il modello EPIC riesce a simulare con maggiore accuratezza il trattamento concimato senza ASC (A2), la cui variazione di resa rispetto ai dati misurati è in media del 2% superiore rispetto al dato misurato. Maggiori differenze si sono osservate nelle simulazioni relative al secondo anno di ciclo colturale della lattuga per i due trattamenti A2 e A3 dove le ASC vengono allestite con roller crimper o usate come sovescio. In media, le simulazioni delle rese per i due trattamenti riportano una riduzione delle rese rispetto al dato misurato pari a circa la metà. Per quanto riguarda le proprietà fisico-chimiche del suolo (densità apparente e dinamica del carbonio e dell'azoto) i risultati ottenuti dalle simulazioni di breve periodo presentano variazioni più o meno accentuate a seconda dei trattamenti considerati. Nel caso della densità apparente, sia per i trattamenti delle baule, sia per quelli delle aiuole i valori annuali rimangono stabili nel periodo di sperimentazione considerato. Di contro, il contenuto di carbonio organico nel suolo e la dinamica dell'azoto variano a seconda dei trattamenti e della combinazione colturale. Nel periodo di sperimentazione, il contenuto di carbonio nelle aiuole nei trattamenti con ASC è superiore del 2% rispetto allo stock di carbonio nel trattamento controllo. Per quanto riguarda le emissioni di C medie annue, i trattamenti che presentano i valori più alti sono quelli con ASC (pari a 139 kg ha^{-1}), seguito dal trattamento con concimazione organo-minerale senza ASC (117 kg ha^{-1}) e dal trattamento controllo (100 kg ha^{-1}). Nel caso delle baule, il contenuto di carbonio nel trattamento con ASC non presenta differenze rispetto al controllo. Entrambi i trattamenti presentano un contenuto di carbonio organico leggermente inferiore rispetto al trattamento concimato senza ASC (riduzione pari a -1 t ha^{-1}). Le emissioni di C medie annue sui dispositivi delle baule seguono lo stesso andamento di quelle simulate per i trattamenti nelle aiuole anche se i valori di emissione sono inferiori rispetto a quelli delle aiuole. Il trattamento che presenta i valori più alti è quello con ASC (pari a 93 kg ha^{-1}), seguito dal trattamento con concimazione organo-minerale senza ASC (48 kg ha^{-1}) e dal trattamento controllo (31 kg ha^{-1}). Per quanto riguarda la valutazione della dinamica dell'azoto dei diversi trattamenti, tra gli output del modello sono stati selezionati i seguenti parametri: percolazione dei nitrati, azoto volatilizzato, ed emissioni di protossido di azoto. Nei trattamenti delle aiuole, la percolazione dei nitrati nei trattamenti con ASC è minore del 25% rispetto a quella simulata per i trattamenti controllo e con concimazione organo-minerale. Comportamento opposto è simulato per l'azoto volatilizzato. Nel trattamento con ASC la volatilizzazione è il 27% maggiore rispetto a quella simulata per i trattamenti controllo e con concimazione organo-minerale. Le emissioni medie annue di protossido di azoto, simulate dal modello sono maggiori nei trattamenti con concimazione organo-minerale, con o senza ASC, rispetto al trattamento controllo (7 kg ha^{-1}). Nelle baule, la percolazione dei nitrati nel trattamento controllo è inferiore del 20% rispetto a quella simulata nel trattamento con ASC e quello con concimazione organo-minerale. Similmente anche la volatilizzazione segue lo stesso andamento, riportando una diminuzione della volatilizzazione del 40% nel trattamento controllo rispetto a quello con ASC e concimazione organo-minerale. Le emissioni medie annue di protossido di azoto, simulate dal modello sono inferiori del 60% nel trattamento controllo, rispetto a quelle simulate nei trattamenti con ASC e concimazione organo-minerale.

Simulazioni di lungo periodo: Per il secondo obiettivo del **WP5.2** il modello EPIC è stato usato per fare le simulazioni di lungo periodo (30 anni), considerando gli scenari futuri di cambiamento climatico che interesseranno l'aria di studio. Anche la valutazione di lungo periodo, basata sulle simulazioni con gli scenari di cambiamento climatico, ha tenuto conto dell'andamento delle rese delle colture da reddito e della dinamica di carbonio e azoto del suolo (variazioni degli stock di carbonio, emissioni di CO_2 , variazione della densità apparente, lisciviazione dei nitrati ed emissioni di N_2O). I risultati ottenuti dalle simulazioni di lungo periodo sono di cruciale importanza in quanto nell'ultimo report dell'IPCC (2013), il bacino Mediterraneo è stato individuato come zona vulnerabile ai cambiamenti climatici che si verificheranno nei prossimi decenni. La regione è caratterizzata da un'elevata variabilità interannuale e stagionale delle piogge e delle temperature (periodo autunno-primaverile con maggiore concentrazione di eventi piovosi e periodo estivo

caratterizzato da siccità e alte temperature). Pertanto, sono state ipotizzate variazioni delle precipitazioni (eventi piovosi estremi, distribuzione e intensità) e delle temperature (aumento temperatura minima e massima) che possono avere effetti negativi sul settore agricolo e sulla sicurezza alimentare perché possono ridurre la quantità e la qualità delle produzioni. La modellizzazione deterministica della crescita delle colture rappresenta un importante strumento importante per analizzare gli impatti dei cambiamenti climatici sulla produzione agricola. Le variazioni climatiche attuali sono misurabili e quantificabili, grazie alle osservazioni dirette e al confronto con le serie storiche di lungo periodo, di contro, gli scenari futuri dei cambiamenti climatici presentano incertezze. Tuttavia, la maggior parte degli studi condotti nel bacino del Mediterraneo prevede una maggiore frequenza di eventi estremi con temperature massime superiori a 40 ° C e precipitazioni con alta intensità, mal distribuita. Per le simulazioni di lungo periodo dei sistemi ortivi considerati, sono stati selezionati tre scenari climatici, presenti e futuri (proiezioni a due tempi, TP), generati dal General Circulation Models (GCM) che produce un dataset giornaliero aggiornato di dati meteorologici con una griglia di 25x25 km.

I dati sono disponibili sul sito web MARS-AGRI4CAST (<http://agri4cast.jrc.ec.europa.eu/DataPortal/Index.aspx?o=d>). Gli scenari climatici sono: (1) METO-HC (METO); (2) DMI-HIRHAM5-ECHAM5 (ECHAM); e (3) ETHZ-CLM-HadCM3Q0 (ETHZ). In termini di temperatura dell'aria superficiale annuale, la simulazione futura ETHZ presenta innalzamenti di temperatura e aumento delle precipitazioni rispetto alla situazione attuale. Il clima ETHZ è stato selezionato per le simulazioni ed è stato usato per sia per la simulazione della baseline, sia per la proiezione futura, in entrambi i casi in un arco temporale di 30 anni.

La proiezione della baseline (BL) è centrata al "2000" e rappresenta il clima medio per il periodo 1985-2014, mentre la proiezione per le previsioni climatiche future è centrata al "2030" e rappresenta i cambiamenti climatici medi per il periodo 2015-2044 (CC). Le concentrazioni di CO₂ nell'atmosfera, per i periodi considerati, sono state impostate in 400 ppm per la BL e di 450 ppm per i CC. In **tabella 33** è riportata la sintesi del clima medio mensile prodotto dal modello EPIC relativa alla baseline ETHZ (1985-2014).

Tabella 33 – Sintesi dei dati climatici medi mensili prodotti dal modello EPIC, relativi allo scenario climatico futuro ETHZ (1985-2015) e riferiti all'azienda sperimentale di Metaponto.

Parametri	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Giorni piovosi (n)	7.03	5.90	6.00	7.27	4.07	1.50	0.40	1.17	3.87	6.20	7.20	9.33
Pioggia (mm)	38.27	42.69	32.92	32.98	18.66	4.98	1.27	4.35	36.45	54.98	50.94	59.04
Prob. giorni piov. dopo giorni siccit.	0.19	0.17	0.15	0.18	0.10	0.04	0.01	0.03	0.11	0.16	0.22	0.28
Prob. giorni piov. dopo giorni piov.	0.36	0.36	0.36	0.43	0.34	0.20	0.17	0.17	0.27	0.38	0.31	0.36
Umidità relativa	0.78	0.77	0.76	0.74	0.69	0.64	0.63	0.63	0.68	0.73	0.77	0.80
Dev. St. T min (°C)	3.26	2.46	2.69	2.28	3.12	2.06	1.78	1.72	2.61	2.87	3.89	3.48
Dev. St. T max (°C)	3.07	2.86	3.14	2.81	3.73	2.63	2.34	2.28	3.25	3.10	3.89	3.15
Dev. St. pioggia (mm)	4.07	6.19	4.34	3.08	2.60	3.21	1.93	2.33	10.66	7.89	5.84	5.27
Skewness coeff. pioggia	2.62	1.86	1.60	1.51	0.74	3.10	1.60	0.92	2.74	1.66	1.09	2.08
T min (°C)	4.43	5.16	7.06	9.79	13.75	17.51	19.54	19.40	16.35	11.94	8.19	5.14
T max (°C)	11.16	12.66	15.08	17.95	22.41	26.77	28.72	28.63	24.96	19.96	15.39	11.62

In **tabella 34** è riportata la sintesi del clima medio mensile prodotto dal modello EPIC relativa allo scenario climatico futuro (2015-2044).

Tabella 34 – Sintesi dei dati climatici medi mensili prodotti dal modello EPIC, relativi allo scenario climatico futuro ETHZ (2015-2044) e riferiti all'azienda sperimentale di Metaponto.

Parametri	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Giorni piovosi (n)	5.87	7.67	7.67	5.13	3.33	3.60	0.27	0.83	3.93	7.00	5.80	5.73
Pioggia (mm)	35.32	55.54	34.50	28.59	18.51	20.52	1.14	4.36	37.90	72.43	53.10	41.63
Prob. giorni piov. dopo giorni siccit.	0.16	0.24	0.19	0.16	0.07	0.06	0.01	0.03	0.09	0.18	0.15	0.15
Prob. giorni piov. dopo giorni piov.	0.30	0.35	0.44	0.24	0.44	0.54	0.25	0.08	0.39	0.39	0.36	0.35
Umidità relativa	0.77	0.78	0.76	0.73	0.68	0.65	0.61	0.62	0.67	0.73	0.78	0.79
Dev. St. T min (°C)	2.67	2.77	2.68	2.22	2.97	2.38	1.87	1.67	2.26	3.02	3.30	3.07
Dev. St. T max (°C)	2.44	3.11	3.30	2.75	3.63	3.34	2.60	2.08	2.84	3.35	3.16	2.84
Dev. St. pioggia (mm)	5.03	5.80	2.57	3.74	3.53	5.06	3.48	7.00	9.40	8.98	8.40	5.90
Skewness coeff. pioggia	1.81	1.80	1.04	1.04	2.49	1.97	1.33	3.53	1.90	1.51	1.91	1.76
T min (°C)	5.77	6.31	7.67	10.21	14.72	18.42	20.99	20.51	17.71	13.82	9.04	6.30
T max (°C)	12.43	13.49	15.43	18.72	23.60	27.61	30.51	29.81	26.44	21.42	16.24	12.84

Per entrambe le simulazioni BL e CC, sono stati selezionati i seguenti output: andamento delle rese, variazione del contenuto di carbonio organico del suolo, variazione dell'azoto minerale e densità apparente. Per ogni trattamento, le simulazioni sono state fatte sia per BL, sia per il corrispondente scenario di clima futuro CC. In entrambe le simulazioni, i dati di input del suolo e i valori dei parametri sono gli stessi al fine di calcolare le variazioni relative degli output tra lo scenario CC e la situazione BL, usata come controllo. Per quanto riguarda le aiuole, la simulazione CC del trattamento controllo rispetto alla BL, presenta un aumento delle emissioni di CO₂, della volatilizzazione dell'ammoniaca e nitrificazione dell'azoto. Nel caso del trattamento con concimazione organo-minerale senza ASC, si riduce leggermente il contenuto di carbonio organico di suolo rispetto allo scenario BL e diminuiscono le emissioni di protossido di azoto. Nel caso dei trattamenti con ASC si osservano aumenti delle emissioni di CO₂ e di protossido di azoto. Per quanto riguarda le baule, il trattamento controllo presenta una lieve riduzione del contenuto di carbonio nel suolo e una stabilità nelle oscillazioni annuali delle emissioni, mentre il trattamento con ASC, usate come pacciamatura verde, presenta un lieve aumento nel contenuto di carbonio organico, una riduzione della nitrificazione e un lieve aumento delle emissioni di protossido di azoto.

WP5.3: Per valutare la sostenibilità dei sistemi in orticoltura biologica, è stato sviluppato un modello, DEXi-AgroCambio, basato sui software Excel e DEXi, che permette la valutazione delle tesi messe a confronto nella prova di lungo periodo MITIORG, presso l'Azienda Sperimentale di Metaponto (CREA-AA), con l'obiettivo di valutare la capacità di adattamento di vari sistemi ortivi biologici al cambiamento climatico puntando sulla combinazione sinergica di diversi tipi di sistemazioni idrauliche, rotazioni, colture di servizio agro-ecologico (Agro-ecological Service Crops – ASC) e tecniche agronomiche. Il modello è stato testato sui dati del 2015 del cavolfiore viola e del pomodoro (Diacono et al., 2017). Nel cavolfiore viola sono state confrontate 3 modalità di semina della ASC (*Medicago polymorpha* L.) (semina della ASC anticipata, semina della ASC in contemporanea e assenza di ASC) con 4 tipologie di fertilizzazione. Un'analisi del consumo energetico è stata eseguita su tre sistemi di gestione dell'ASC e i dati sono stati usati come input per il modello di valutazione della sostenibilità. Nel pomodoro sono stati messi a confronto tre trattamenti: 4 tipologie di ASC (veccia, orzo, veccia+orzo e assenza di ASC), due tipologie di devitalizzazione (incorporazione della ASC, devitalizzazione con 'roller-crimper') e 3 tipologie di fertilizzazione. Un'analisi del consumo energetico è stata eseguita sui sistemi di gestione della ASC e questi dati sono serviti come input nel modello per la valutazione della sostenibilità. Nella **tabella 35** è stata riportata la struttura gerarchica del sistema di valutazione. Questo modello specifico è stato sviluppato per il dispositivo MITIORG in base ai dati disponibili, partendo dal

sistema ottimale presentato nella tabella iniziale. Il livello più alto indica la sostenibilità globale di ciascun sistema o di ciascuna tesi. Visto la diversità dei sistemi a confronto, la sostenibilità è calcolata rispetto ai valori ottenuti per ciascun indicatore nel sistema di controllo.

Tabella 35 - Modello gerarchico del Dexi-AgroCamBio per la valutazione della produzione e l'analisi energetico del cavolfiore viola e il pomodoro nel 2015

DEXI Dexi_Melaporto_cavolfi_pub/dx/10/04/2018 Page 1

Attribute	Description
Agrocambio	Sostenibilità globale della tesi rispetto al controllo
-Stato	Sostenibilità del sistema in base alla produzione e l'impegno lavorativo necessario
-Produzione	Sostenibilità della produzione rispetto alla produzione ottenuta nel controllo
-Qualità prodotto	cavolfiore coriombi o biomassa dei frutti del pomodoro
-Impegno lavorativo	vari per colture, per cavolfiore è diametro del centro, per pomodoro è stantza
-Lavoro umano	Impegno lavorativo di macchinari o lavoro manuale rispetto alla tesi di controllo
-Lavoro macchine	Mj/ha di lavoro umano rispetto alla tesi di controllo
-Pressione	Mj/ha di lavoro dei macchinari rispetto alla tesi di controllo
-Input esterni	Sostenibilità degli input necessari per la gestione dei sistemi messi a confronto
-Fertilizzanti	Sostenibilità degli input esterni, rispetto alla tesi di controllo
-Fitofarmaci	Mj/ha necessario rispetto alla tesi di controllo
-SemiASC	Mj/ha necessario rispetto alla tesi di controllo
-Input energetico	Sostenibilità dell'input energetico rispetto alla tesi di controllo
-Gasolio	Mj/ha di gasolio necessario rispetto alla tesi di controllo
-Irrigazione	Mj/ha consumo di acqua per irrigazione rispetto alla tesi di controllo
-Energia non-rinnovabile	Mj/ha di energia non-rinnovabile rispetto alla tesi di controllo

Attribute	Local	Global	Loc.norm.	Glob.norm.
Agrocambio				
-Stato	67	67	67	67
-Produzione	67	44	67	44
-Produzione (t/ha)	67	30	67	30
-Qualità prodotto	33	15	33	15
-Impegno lavorativo	33	22	33	22
-Lavoro umano	43	10	43	10
-Lavoro macchine	57	13	57	13
-Pressione	33	33	33	33
-Input esterni	50	17	50	17
-Fertilizzanti	45	7	45	7
-Fitofarmaci	40	7	40	7
-SemiASC	15	3	15	3
-Input energetico	50	17	50	17
-Gasolio	30	5	30	5
-Irrigazione	30	5	30	5
-Energia non-rinnovabile	30	7	30	7

Attribute	cavolo CTR-ES	cavolo CTR-CS	tomodoro CTR-GM	tomodoro CTR-RC
Agrocambio	Medio	Alto	Medio	Basso
-Stato	Medio	Alto	Medio	Basso
-Produzione	Basso	Alto	Alto	Basso
-Produzione (t/ha)	Basso	Medio	Alto	Medio
-Qualità prodotto	Medio	Medio	Alto	Medio
-Impegno lavorativo	Alto	Medio	Basso	Basso
-Lavoro umano	alto	Medio	Basso	Medio
-Lavoro macchine	Medio	Medio	Basso	Basso
-Pressione	Basso	Medio	Basso	Basso
-Input esterni	Medio	Medio	Medio	Medio
-Fertilizzanti	Alto	Alto	Alto	Alto
-Fitofarmaci	Medio	Medio	Medio	Medio
-SemiASC	Basso	Basso	Basso	Basso
-Input energetico	Basso	Medio	Basso	Basso
-Gasolio	Basso	Medio	Basso	Basso
-Irrigazione	Medio	Medio	Medio	Medio
-Energia non-rinnovabile	Basso	Medio	Basso	Basso

Ogni sistema testato è valutato in termini di 4 macro-tematiche, e ciascuna macro-tematica è definita da 2 o 3 indicatori. Le macro-tematiche sono 'Produzione', 'Impegno lavorativo', 'Input esterni' e 'Input energetici'. Il livello successivo raccoglie indicatori di Stato ('Produzione', 'Impegno lavorativo') e Indicatori di Pressione ('Input esterni' e 'Input energetici'). Infine, viene calcolato il valore della sostenibilità globale del sistema in base alle valutazioni ottenuti per gli Indicatori di Stato e gli Indicatori di Pressione. Un foglio Excel, creato appositamente, permette di calcolare i valori per ciascun indicatore in base a valori misurati per ciascuna tesi. Il risultato finale è riportato in una colonna che contiene la valutazione relativa della sostenibilità dell'indicatore a tre livelli: basso, medio, alto. La **sostenibilità media** è definita come un rapporto tra 0,85 e 1,15 rispetto al valore ottenuto nella tesi di controllo. La **sostenibilità bassa** è definita come un superamento della soglia massima per un indicatore di pressione (indicando che la pressione è più alto nel sistema innovativo), mentre il superamento della soglia minima per un indicatore di produzione (indicando che la produzione è inferiore nel sistema innovativo). La **sostenibilità** è considerata **alta** se il rapporto con il valore ottenuto nella tesi di controllo è inferiore alla soglia minima per gli indicatori di pressione o superiore alla soglia massima per gli indicatori della produzione. Questa valutazione viene importata nel programma Dexi_AgroCamBio come input per ciascun indicatore.

Ad ogni indicatore viene attribuito un peso rispetto alla sua importanza e questo peso forma la base per l'algoritmo che determina la valutazione del livello successivo nella gerarchia, fino ad arrivare ad una valutazione generale per il sistema che è sottoposto a valutazione. Le tesi messi a confronto sono state:

- Cavolfiore viola – semina ASC anticipato (CTR-ES)
- Cavolfiore viola – semina SCA contemporaneo (CTR-CS)

- Pomodoro - ASC interrato (CTR-GM)
- Pomodoro - ASC devitalizzato con rullo (roller-crimper) (CTR-RC)

Cavolfiore viola 2015: I valori della produzione e del consumo energetico delle varie operazioni tecniche ed agronomiche per gestire i due sistemi di gestione della ASC sono state confrontate con quelli ottenuti nel sistema di controllo, dove il terreno era nudo. Il sistema ES (semina della ASC anticipata) risulta essere simile al sistema di controllo (sostenibilità Agrocambio medio). Dalla **Figura 69** emerge come la produzione nel sistema a semina anticipata (ES) risulta essere inferiore al sistema di controllo mentre dal punto di vista dell'impegno lavorativo ES è più vantaggioso del sistema di controllo. Purtroppo, l'input energetico di ES risulta essere più gravoso del controllo. Il sistema CS (Semina contemporanea alla coltura) invece ha una sostenibilità generale più alto del controllo e questo è maggiormente dovuto ad un incremento nella produzione del cavolfiore rispetto al controllo, come emerge dalla figura.

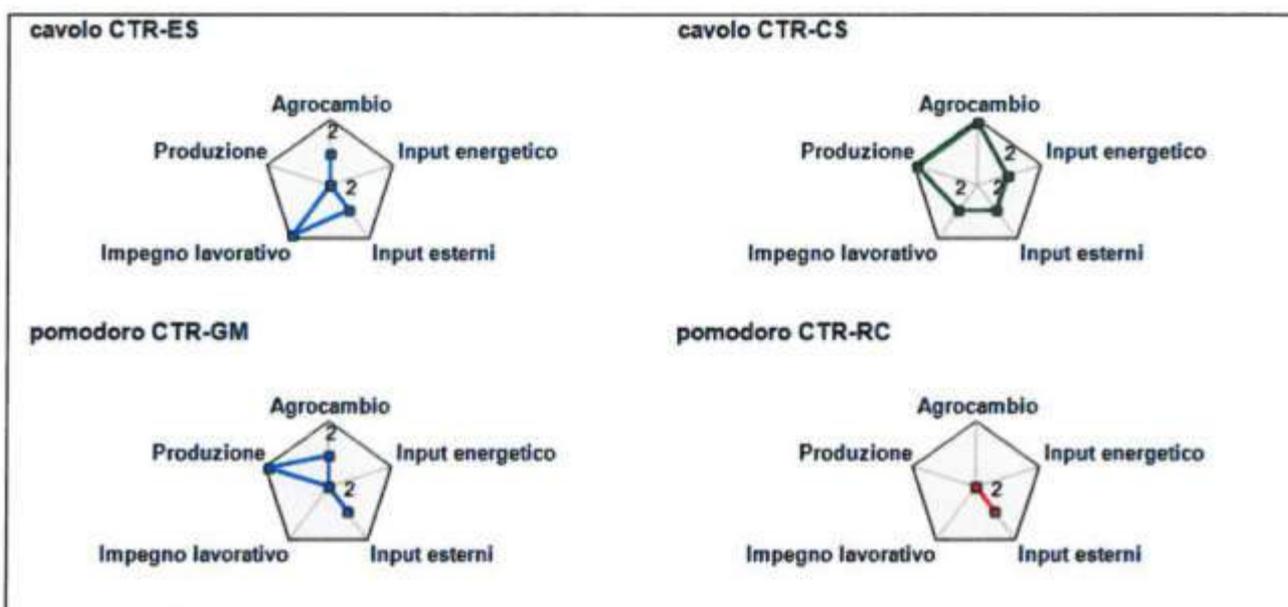


Figura 69 - Sostenibilità globale (AGROCAMBIO) e parziale dei quattro sistemi messi a confronto dove CTR-ES rappresenta il sistema con semina anticipata della ASC rispetto al trapianto del cavolfiore viola, CTR-CS rappresenta il sistema con semina contemporanea della ASC rispetto al trapianto del cavolfiore viola, CTR-GM rappresenta il sistema con le ASC nel pomodoro interrate e CTR-RC il sistema dove le ASC sono state devitalizzate con il rullo, senza disturbare il terreno. Al centro della 'ragnatela' la sostenibilità dell'indice è inferiore al sistema di controllo, nel mezzo, indicato con '2' la sostenibilità della tesi è uguale a quello del controllo mentre sull'esterno, la tesi a confronto ha una sostenibilità superiore al controllo. In blu i sistemi con la stessa sostenibilità rispetto al sistema di controllo, in verde i sistemi più sostenibili rispetto al sistema di controllo e in rosso i sistemi meno sostenibili rispetto al sistema di controllo.

Pomodoro 2015: I valori della produzione e del consumo energetico delle varie operazioni tecniche ed agronomiche per i due sistemi di gestione della ASC sono state confrontate con quelli ottenuti nel sistema di controllo, dove il terreno era nudo. Il sistema GM (Green Manure) rappresenta l'interramento della ASC prima del trapianto del pomodoro, mentre RC rappresenta il sistema dove la ASC è stato devitalizzato con l'uso del rullo (roller-crimper). I due sistemi di gestione della ASC nel pomodoro risultano poco vantaggiosi in termini consumo energetico delle varie operazioni colturali, dovuto al maggior numeri di interventi necessari per la semina e la gestione della ASC. Nel sistema GM, che prevede l'interramento della ASC, il maggior consumo energetico è compensato da un aumento della produzione. La valutazione globale della sostenibilità dei due sistemi rispetto al controllo evidenzia che il sistema GM è sostenibile quanto il sistema di controllo, mentre il sistema che devitalizza l'ASC con il rullo (RM), è poco sostenibile in quanto richiede un consumo energetico maggiore che non viene giustificato da una produzione maggiore.

Nella **Figura 70** sono presentate le valutazioni della sostenibilità dei sistemi messi a confronto rispetto al controllo, dove la ASC non era presente. La voce 'Agrocambio' rappresenta la

sostenibilità globale del sistema, mentre il livello successivo indica la sostenibilità degli indici intermedi, Stato e Pressione (vedere 'Attribute tree' in tabella).

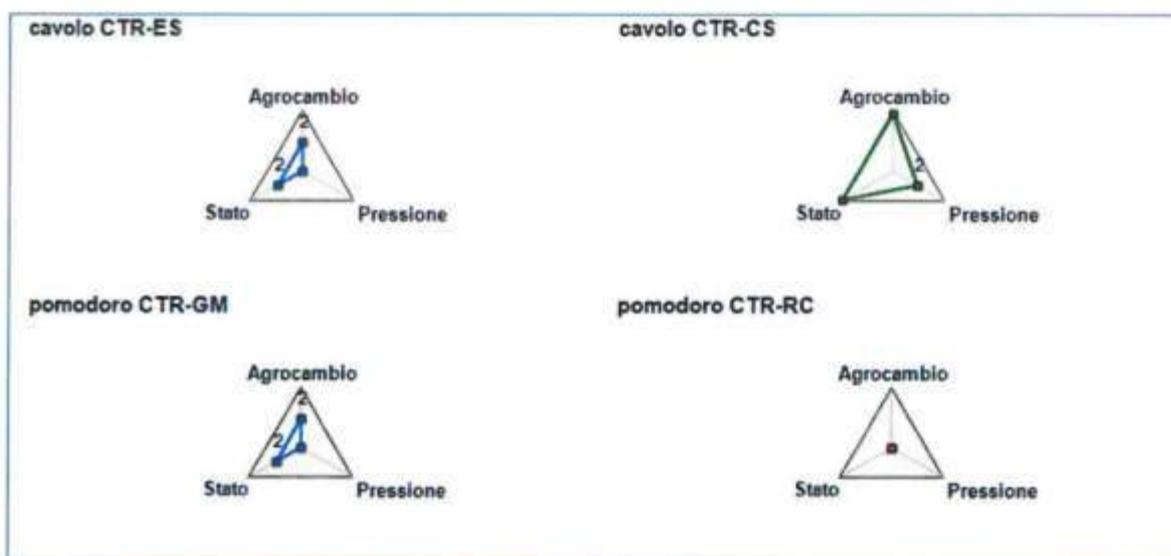


Figura 70 - Output grafico DEXi-AgroCamBio per i due livelli superiori del DEXi-AGROCAMBIO, cioè, la valutazione generale del sistema (chiamato Agrocambio), e la valutazione complessiva degli indicatori di Stato e di Pressione (tabella 6). In blu i sistemi con la stessa sostenibilità rispetto al sistema di controllo, in verde i sistemi più sostenibili rispetto al sistema di controllo e in rosso i sistemi meno sostenibili rispetto al sistema di controllo.

I risultati dimostrano che in assenza di fertilizzazione, il sistema che include la semina contemporanea di una coltura di servizio agro-ecologico (ASC) con il trapianto del cavolfiore viola, sia più sostenibile del sistema che prevede la semina anticipata della ASC. Nel pomodoro invece, la gestione della ASC come Green Manure ha un costo energetico maggiore ma risulta in una resa quasi raddoppiata.

Valutazione del profilo colturale con la "prova della vanga": la "prova della vanga" permette di valutare la qualità fisica e biologica del suolo. Tale valutazione può essere eseguita tramite il prelievo di una zolla di terreno di 10*10 cm, ad una profondità massima di 30 cm. A maggio del 2017 la prova della vanga è stata eseguita per valutare il profilo di alcune tesi messi a confronto e soprattutto per confrontare l'effetto delle baule e delle aiuole, e la presenza delle ASC, sulla struttura del terreno. Le prove sono fatte nelle tesi con la fertilizzazione organico minerale:

1. un controllo nel pomodoro senza baule,
2. sulla baule senza ASC dopo il trapianto del pomodoro
3. sulla baule, sotto l'erba medica dopo il trapianto del pomodoro sulla fila
4. sulla baule, sotto l'erba medica dopo il trapianto del pomodoro tra file dove il terreno non è stato lavorato da 3 anni
5. nelle aiuole tra le file della zuccina.

La valutazione dei terreni delle cinque tesi sopra indicate è stata eseguita con un protocollo per registrare le osservazioni fatte durante la "prova della vanga". Alcuni aspetti descritti nella guida della Scuola Esperienziale Itinerante di Agricoltura Biologica (http://www.vistorta.it/media/files/143_88_Luca%20Conte.pdf) sono riassunti nella **tabella 36**.

Tabella 36 - Valutazione dei terreni di cinque parcelle della prova MITIORG/AGROCAMBIO a Metaponto, eseguito con un protocollo per descrivere le osservazioni fatte durante l'esecuzione della prova della vanga per quanto riguarda la struttura del suolo, come descritto nella guida della Scuola Esperienziale Itinerante di Agricoltura Biologica (http://www.vistorta.it/media/files/143_88_Luca%20Conte.pdf).

	1 (controllo senza baula nella fila del pomodoro)	2 (sulla baula, nella fila del pomodoro senza ASC)	3 (sulla baula, nella fila del pomodoro con medica)	4 (sulla baula tra le fila del pomodoro con medica)	5 (aiuola tra le file della zuccina dopo ASC)
Orizzonte	Suola a 15 cm	Suola a 15 cm	Suola a 15 cm	Suola a 15 cm	Suola a 15 cm
Struttura	poliedrica	poliedrica	Grumoso in superficie e poliedrica subangolare sotto il 5 cm	Grumoso in superficie e poliedrica subangolare sotto il 5 cm	poliedrica
Compattamento	Soffice o medio fino a 15 cm ma tenace sotto	Soffice o medio	Soffice in superficie e medio sotto	Soffice in superficie ma tenace sotto	Medio nei primi 5 cm e sotto tenace
Radicazione	Assente	Assente	Assente	Scarsa	Media-scarpa
Radici fini	Assente	Assente	Assente	Assente	Presenti nello strato superficiale.
Tubercoli radicali	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Umidità	Molto umido sotto 5 cm	Poco asciutto in superficie e umido sotto	Poco asciutto in superficie e umido sotto	Poco asciutto	Poco asciutto in superficie e umido sotto
Tipo di resti organici	Poche stoppie e radici vecchi	stoppie e radici vecchi	stoppie e radici vecchi	Stoppie e radice vecchi	Poche stoppie e radici vecchi
Stato di decomposizion e	Tenace	Tenace	Tenace	Da tenace a ben decomposta	tenace
Odore del terreno	Assente	Assente	Leggero odore putrescente	Assente	Leggero odore, ma non sa di terriccio.
Altri commenti	Non ci sono lombrichi. Crosta superficiale e segni di sale	Non ci sono lombrichi	Ci sono lombrichi giovani e vecchi	Non ci sono lombrichi. Non ci sono tubercoli sulle radici dell'erba medica	Pochi lombrichi

Valutazione generale delle sei tesi messi a confronto: la valutazione è stata focalizzata sugli aspetti che riguardano la struttura del terreno, la radicazione della coltura, la presenza di resti organici e il loro stato di decomposizione e infine la presenza di lombrichi (**tabella 37**).

Tabella 37 - Valutazione della struttura del suolo dei sistemi messi a confronto

Tesi	Valutazione generale del terreno
1: controllo senza baula nella fila del pomodoro	Il terreno è tenace e non presenta una bella struttura.
2: sulla baula, nella fila del pomodoro	Il terreno è tenace e non presenta una bella struttura.
3: sulla baula, nella fila del pomodoro con medica	Il terreno è mediamente soffice e contiene lombrichi.
4: sulla baula tra le fila del pomodoro con medica	Il terreno è molto tenace e infatti la medica non ha sviluppato una buona radicazione né tubercoli. Lombrichi assenti nonostante il fatto che il terreno non è stato lavorato da 3 anni.
5: aiuola tra le file della zuccina	Il terreno è tenace e non presenta una bellissima struttura.

I risultati della valutazione della sostenibilità delle tesi messe a confronto, in termini di impatto sulla struttura del suolo, evidenziano che i terreni sono tenaci e non godono di una buona struttura generale. La maggior parte delle tesi non causano un peggioramento rispetto al controllo senza baule e aiuole. L'unica tesi che migliora la struttura del terreno e che permette la presenza abbondante di lombrichi, è quella delle ASC sulla baula, con interrimento delle ASC. In questa tesi le ASC vengono interrate solo nella striscia centrale dove viene trapiantato il pomodoro, mentre tra le fila rimane la ASC. Questa valutazione ha permesso di individuare le criticità del terreno e l'unica tesi, tra le cinque messe a confronto, in grado di migliorare la struttura del terreno è rappresentata dall'interrimento delle ASC sulle baule.

In conclusione, possiamo dire che l'inserimento delle ASC nei sistemi ortivi biologici ha un impatto positivo sul suolo visto l'incremento in azoto e carbonio (parte 5.2), e il miglioramento della struttura del suolo laddove viene interrato. Inoltre, le ASC abbassano l'utilizzo di fertilizzanti esterni, anche se sono prodotti naturali. La sfida per il futuro sta nel trovare soluzioni che limitano l'incremento delle operazioni colturali per la semina e la devitalizzazione delle ASC, e che, indipendentemente, permettono un incremento delle produzioni per compensare l'incremento in consumo di combustibili non rinnovabili riconducibili al consumo di gasolio per i mezzi agricoli impegnati nella gestione delle ASC. In un'ottica di miglioramento della gestione per affrontare le criticità di questo terreno, sarebbe auspicabile l'interrimento delle ASC sulle baule, non solo sulla fila della coltura ma sulla baula intera.

3. Possibili utilizzazioni del risultato

La rotazione orticola eco-funzionale in baulature è attuata nell'azienda sperimentale Campo 7 del CREA a Metaponto (**WP2**), ovvero in un areale del sud Italia particolarmente soggetto ad eventi meteorologici estremi. In questo contesto l'agricoltura può giocare un ruolo importante nell'adattamento e nella mitigazione dei cambiamenti climatici. Ancorché limitatamente all'areale di sperimentazione, l'utilizzazione dei risultati precedentemente e dettagliatamente esposti può ritenersi elevata. I risultati sono stati altresì sempre condivisi con gli operatori del settore in diversi modi e tempi, come specificato nell'allegato 2. Sempre per quanto riguarda il WP2, ed in particolare all'interno del **Task 2.4**, sono state condotte prove di pieno campo per la valutazione di coltura intercalari del riso con effetti allelopatici presso un'azienda biologica del Comune di Olevano (Lomellina, PV). Anche in questo caso l'utilizzazione dei risultati può avvenire nell'ambiente di sperimentazione, anche perché la natura stessa della coltura (riso) è circoscritta in un uno specifico areale.

Il **WP4** ha avuto come obiettivo principale l'analisi degli effetti dell'anticipo dell'epoca di semina di grano duro sull'adattamento ai cambiamenti climatici, valutato a partire dalle risposte produttive della coltura. Infatti uno dei fenomeni più frequenti legati ai cambiamenti climatici è il marcato aumento della piovosità autunnale, soprattutto in alcune aree del Paese, che rende problematiche le operazioni di semina del frumento duro fino ad impedirle. Nel triennio di ricerca, in quattro ambienti pedoclimatici e su otto genotipi diversificati per lunghezza del ciclo, sono state valutate le risposte adattative a sviluppi colturali in epoche non tradizionali attraverso l'analisi della potenzialità produttiva, della tolleranza alle fitopatie e delle principali caratteristiche qualitative ed igienico sanitarie della granella. I risultati ottenuti possono essere utilizzati, almeno relativamente agli aerali di sperimentazione descritti in precedenza. In particolare, negli areali di indagine la sperimentazione ha fornito utili risultati riguardo ai genotipi maggiormente adattabili alle semine anticipate.

I risultati del triennio di ricerca relativi al **WP3** hanno evidenziato gli effetti positivi della tecnica dell'inerbimento temporaneo dell'interfila in vigneto bio ad uva da tavola sia con trifoglio sotterraneo che con vecchia sovesciata o allettata con roller crimper. Eventuali timori legati alla riduzione del vigore delle viti per effetto della competizione idrico-nutrizionale sono apparsi non fondati anche in annate caratterizzate da una ridotta pluviometria (2017). In una situazione di cambiamento climatico in atto con incremento dei valori termici e fenomeni di continua riduzione del contenuto di sostanza organica nei suoli, le tecniche di cover crops adottate hanno determinato

un incremento della dotazione di s.o. del suolo vitato e pertanto sono sicuramente interessanti per una corretta gestione della risorsa suolo e del suo stato di salute.

WP 5.1: I risultati ottenuti sono funzionali alla valutazione delle potenzialità del sistema così progettato e delle pratiche agronomiche a confronto nel mantenimento della sostanza organica del suolo e del contributo al *carbon storage*. Allo stesso tempo i risultati sono utili alla valutazione del grado di sincronizzazione della disponibilità azotata nelle baule e aiuole rispetto alle esigenze colturali in risposta alle strategie di fertilizzazione in sinergia all'utilizzo delle colture di servizio e il conseguente rischio di lisciviazione dei nitrati in concomitanza a fenomeni di variabilità climatica.

WP 5.2: Il modello EPIC0810 ha confermato anche per i sistemi orticoli biologici di simulare in modo accurato le rese e la dinamica di C e azoto. Pertanto, i risultati del modello, ottenuti sia dalle simulazioni di breve periodo, in condizioni climatiche reali, sia di lungo periodo, in condizioni di cambiamento climatico (scenari climatici futuri), sono funzionali per valutare la capacità di adattamento dei sistemi orticoli biologici, gestiti con tecniche agronomiche innovative, alle variazioni dei regimi pluviometrici e di temperatura. Nel caso delle simulazioni di breve periodo la combinazione che garantisce migliori rese è rappresentata dall'introduzione di ASC da sovescio nelle aiuole in combinazione con la concimazione organo-minerale rispetto al controllo. Di contro, nel caso delle baule, l'impiego delle ASC, utilizzate come living mulch, fornisce i risultati migliori in termini di resa solo per il pomodoro, mentre per le altre colture in rotazione (cavolo e finocchio) si sono osservate riduzioni di resa rispetto ai trattamenti senza ASC. Questo può essere dovuto alla competizione che si instaura tra ASC e colture da reddito a ciclo autunno-vernino poiché i cicli colturali coincidono e potrebbero instaurarsi fenomeni edafici che causano sofferenza nelle colture da reddito, soprattutto nelle prime fasi di sviluppo. Ciononostante, le ASC sia nelle baule sia nelle aiuole possono determinare nel lungo periodo un migliore mantenimento della fertilità e salute del suolo, preservando la sostenibilità del sistema produttivo considerato rispetto ai trattamenti controllo.

WP 5.3: Il sistema di valutazione della sostenibilità globale (DEXi-Agrocambio), mediante l'impiego degli indicatori, è specifico per ogni dispositivo quindi è importante avere più informazioni possibili sul funzionamento del sistema colturale, soprattutto operazioni colturali e impiego di input. Queste informazioni sono da sottoporre a valutazione per confrontare i trattamenti diversificati posti a confronto. Per ogni trattamento è indispensabile raccogliere i dati puntuali delle operazioni colturali della tecnica agronomica, dei consumi di gasolio, acqua (nel caso di colture irrigue) e impiego degli input esterni (fertilizzanti, pesticidi), oltre che della resa parcellare delle colture da reddito, della biomassa delle colture di copertura (se presenti) e della presenza di piante infestanti, malattie e insetti dannosi. A questo proposito, deve essere impostato un dataset simile a quello classicamente usato per la raccolta dei dati nell'analisi del ciclo di vita (LCA), ma semplificato perché il sistema di valutazione tramite Dexi non richiede la conversione in un'unità energetica di ogni operazione come invece è richiesto nell'analisi di LCA. La SOILapp, sviluppato nell'ambito del progetto Europeo CAPSELLA e testato sul dispositivo sperimentale MITIORG/AGROCAMBIO, può essere prontamente utilizzata dagli utenti ed è disponibile sul sito <http://www.capsella.eu/soil-health/>. È stato evidenziato l'importanza della valutazione della qualità del suolo per confermare le tesi e i sistemi maggiormente sostenibili.

4. Livello di maturità del risultato (ad esempio se è immediatamente trasferibile o ha ancora bisogno di collaudo)

WP2: I risultati ottenuti nel triennio di sperimentazione sono immediatamente trasferibili al settore della produzione orticola biologica. Tra l'altro, come precedentemente accennato, durante tutta la durata progettuale si è avuta una condivisione dei risultati (vedi allegato 2) con tutti i portatori di interesse che ne hanno condiviso le potenzialità ed i limiti dell'applicabilità dei risultati della sperimentazione.

I risultati scaturiti nel triennio di ricerca in relazione alla gestione del suolo in viticoltura da tavola bio (**WP3**), con la tecniche di inerbimento temporaneo dell'interfila, sia a base di trifoglio sotterraneo che di veccia nelle due versioni (sovescio e roller crimper), rappresentano tecniche altamente ecosostenibili con evidenti vantaggi sulla dotazione di s.o. dei suoli, sulla biodiversità microbica, sulla dotazione di nutrienti in relazione alla capacità azotofissatrice delle essenze scelte

(trifoglio e veccia) e con azioni positive sulle performance di varietà apirene in conduzione biologica. Inoltre, la stessa industria agro-meccanica ha già predisposto diverse opzioni meccaniche di roller crimper per la gestione dei cotici erbosi sia in viticoltura che in orticoltura. Da non trascurare ulteriori effetti dell'inerbimento adottato nella ricerca sulla transitabilità del terreno anche in condizioni di bagnato e maggiore portanza dello stesso con minore compattamento, contenimento dell'erosione, traslocazione nella zona radicale di elementi poco mobili quali il fosforo e il potassio con contenimento del dilavamento dei nitrati.

I risultati ottenuti in vigneto nel corso del triennio sono immediatamente trasferibili al settore della produzione di uva da tavola in conduzione biologica. I cotici erbosi a base di trifoglio sotterraneo e veccia, hanno evidenziato differenze nella tecnica di gestione: il trifoglio sotterraneo ha richiesto al massimo una sola operazione di taglio dato che nel periodo di massima richiesta evapotraspirativa dell'ambiente è soggetto a stasi vegetativa, disseccandosi e realizzando uno spesso strato di pacciamatura, che limita le perdite di acqua dal suolo per evaporazione mentre la veccia sia nella versione sovescio che allettata con roller crimper ha evidenziato effetti positivi sulle caratteristiche carpometriche e reologiche dell'uva.

WP4: avendo studiato, nel triennio di sperimentazione, in quattro ambienti pedoclimatici, otto genotipi per l'anticipo dell'epoca di semina di grano duro ai fini dell'adattamento ai cambiamenti climatici, la trasferibilità dei risultati è relativa agli areali e genotipi della sperimentazione. La valutazione dei genotipi, a partire dalle risposte produttive della coltura, è stata in ogni caso completa e quindi la metodologia adottata potrebbe essere utilmente trasferita in areali diversi da un punto di vista pedologico e climatico.

WP5: I risultati ottenuti nel triennio di sperimentazione sono immediatamente trasferibili al settore della produzione orticola biologica. Nel caso delle baule, le ASC gestite come living mulch hanno dimostrato che il cotico erboso a base di trifoglio, richiede al massimo due operazioni di sfalcio durante il ciclo, disseccandosi nel periodo di massima richiesta evapotraspirativa, produce uno spesso strato di pacciamatura che limita le perdite di acqua dal suolo per evaporazione. Nel caso delle aiuole le tesi con sovescio rispondono meglio in termini produttivi rispetto a quelle con la terminazione delle ASC con roller crimper, mentre quest'ultima produce effetti positivi in termini di umidità del suolo riducendo l'evapotraspirazione e garantendo un miglior mantenimento dell'umidità del suolo nel periodo estivo. Nell'ambito del **WP 5.1**, i risultati della risposta del suolo alle pratiche introdotte nel sistema MITIORG si riferiscono all'intero ciclo di rotazione biennale, pertanto il risultato è trasferibile nei suoi punti di forza (azione sinergica della strategia di fertilizzazione e introduzione delle colture di servizio nel mantenimento della sostanza organica) ma evidenzia la necessità di ottimizzare le strategie di gestione per una migliore sincronizzazione della disponibilità azotata del suolo con le esigenze colturali in entrambe le baule e aiuole che costituiscono il sistema. Nell'ambito del **WP 5.2**, i risultati ottenuti dalle simulazioni nel triennio di sperimentazioni e nel lungo periodo, tenendo conto degli scenari futuri di cambiamento climatico, dimostrano che le strategie innovative testate nella sperimentazione MITIORG possono essere facilmente trasferibili nelle aziende con ordinamenti colturali e caratteristiche pedo-climatiche simili rispetto all'azienda sperimentale di Metaponto. I trattamenti che risultano maggiormente trasferibili sono l'adozione di ASC a ciclo autunno-vernino in preparazione delle colture da reddito estive, usate sia come sovescio sia come pacciamatura verde. Ad oggi nei cataloghi delle industrie agro-meccaniche possono trovarsi diverse opzioni meccaniche di roller crimper per la gestione dei cotici erbosi. Ciononostante, più complicata risulta il trasferimento della tecnica del roller crimper rispetto alle altre tecniche perché non tutte le aziende sono dotate dello specifico macchinario per allettamento e terminazione della coltura e non tutti i tecnici sono preparati per il corretto uso del macchinario. Pertanto, è indispensabile investire nella formazione del personale e nel rinnovamento del parco macchine a livello di comprensorio o associazioni di produttori. L'impegno di ASC nell'orticoltura di pieno campo, migliorando le caratteristiche fisico-chimiche del suolo (minore compattamento, riduzione dell'erosione, maggiore traslocazione degli elementi nutritivi poco mobili nella zona radicale e riduzione della lisciviazione dei nitrati), favorisce la transitabilità dei macchinari in campo anche in condizioni di suolo bagnato. Nell'ambito del **WP 5.3**, per la valutazione della sostenibilità della sperimentazione del progetto AGROCAMBIO e, in particolare, per la valutazione degli effetti dei trattamenti sulla struttura del suolo, sono stati coinvolti i colleghi della Scuola Superiore Sant'Anna impegnati nel progetto Europeo CAPSELLA perché responsabili

dello sviluppo dell'applicazione SOILapp che permette la registrazione dei dati osservati durante la "prova della vanga". La SOILapp è scaricabile gratuitamente ed utilizzabile da smartphone e PC, consultabile sul sito <http://www.capsella.eu/soil-health/>. L'app è di immediata comprensione e permette agli utenti di registrare in modo geo-referenziato sull'App la valutazione del terreno attraverso la prova della vanga. I dati possono essere registrati in modo privato, o possono essere condivisi con altri utenti on-line. SOILapp potrebbe essere facilmente impiegata sia dal personale tecnico dell'azienda sperimentale di Metaponto, per monitorare l'andamento della struttura del suolo delle parcelle durante sperimentazioni future, sia dagli agricoltori che hanno assistito alla spiegazione e uso di SOILapp durante la giornata dimostrativa organizzato il 11 maggio 2017 a Metaponto. Il test applicato nell'ambito del progetto AGROCAMBIO è risultato utile per evidenziare le criticità dovute ai vari trattamenti.

5. Definizione delle attività/caratteristiche necessarie per far adottare il risultato (ad esempio: azioni, tecniche, strumenti, impianti, competenze, ecc)

In generale tutte le attività del progetto sono state condivise con i portatori di interesse in una serie di iniziative che sono descritte nell'allegato 2. Di fatto quindi durante tutto lo svolgimento del progetto sono state messe in campo una serie di attività di coinvolgimento che hanno portato a diffondere e far adottare i risultati ottenuti dalla sperimentazione. Sono stati anche prodotti degli strumenti (vedi allegati 1 e 2) che hanno contribuito a diffondere e compartecipare i risultati ottenuti dall'attività progettuale.

WP2: Tutte le attività che sono state effettuate per condividere i risultati progettuali e diffondere l'innovazione prodotta con il Progetto sono dettagliatamente descritte nell'allegato 2 della presente relazione.

WP3: I risultati ottenuti dalla sperimentazione nel vigneto sono immediatamente trasferibili al mondo operativo anche in considerazione che del crescente interesse dell'industria agro-meccanica, che ha già predisposto diverse opzioni meccaniche per la gestione dei cotici erbosì in viticoltura.

WP4: In considerazione del fatto che la criticità meteorologica delle annate agrarie potrebbe configurarsi con maggiore frequenza, le azioni preventive per contrastare la presenza e la diffusione delle micotossine nelle colture cerealicole, in particolare per quanto riguarda le *Fusarium*-tossine, così come le buone pratiche agricole e la scelta varietale, sono fortemente auspicabili [6]. L'alternariolo, metabolita secondario di specie fungine del genere *Alternaria* appartiene al gruppo delle cosiddette micotossine "emergenti", cioè meno caratterizzate in merito agli aspetti tossicologici e di diffusione negli alimenti e nei mangimi le quali, proprio per questo, permangono ancora oggi all'attenzione della Commissione Europea per la valutazione del rischio di esposizione per l'uomo e per gli animali in previsione di una probabile prossima normazione [7,8]. L'ampliamento dell'indagine di *screening* all'alternariolo, ha permesso di acquisire informazioni preliminari sulla loro diffusione nelle zone di coltivazione del frumento duro che potrebbero costituire una base di partenza per approfondimenti e per un allargamento delle conoscenze sugli aspetti igienico-sanitari delle derrate cerealicole e che, tuttavia, potranno essere oggettivamente valutate solo a seguito dell'acquisizione di una maggiore disponibilità di dati di contaminazione.

Per la coltura del frumento duro e per il mondo agricolo in generale, gli effetti dei cambiamenti climatici in atto a livello globale pongono quesiti sui possibili scenari che potrebbero configurarsi, in termini di produzione e di fenomeni collegati alla modificazione del clima, tra i quali la compromissione della biodiversità, la diffusione dei patogeni e dei contaminanti, una sfida per il prossimo futuro per la produzione di materie prime comunque di alta qualità.

Nell'ambito del **WP 5**, per trasferire l'innovazione nei sistemi orticoli biologici di pieno campo, tra le attività da perseguire rientrano l'organizzazione di giornate divulgative di pieno campo e seminari di formazione a tema per illustrare in situ ai portatori di interesse e agli attori coinvolti le strategie di adattamento e le tecniche di gestione del suolo per creare un sistema resiliente e di adattamento alle variazioni climatiche, così come sono state configurate nel progetto AGROCAMBIO.

PRODOTTI (Pubblicazioni, brevetti, convegni, filmati, corsi di formazione....)

Allegato 2 – Divulgazione

Allegato 3 - DEXI-Agrocambio

EVENTUALI SCOSTAMENTI DAGLI OBIETTIVI INTERMEDI DEL PROGETTO

Non sono emersi scostamenti dagli obiettivi intermedi del progetto in relazione ai WP del Progetto.

**Il Coordinatore del Progetto
Francesco Montemurro**





AGROCAMBIO

Sistemi e tecniche AGROnomiche di adattamento ai CAMbiamenti climatici in sistemi agricoli BIOlogici

Agricoltura Biologica – Ex POA V



SCOPO DEL PROGETTO

Il progetto è finalizzato alla verifica in campo di avvicendamenti colturali e tecniche agronomiche innovative in sistemi produttivi biologici (in orticoltura, risicoltura, viticoltura e cerealicoltura) e alla valutazione delle potenzialità di *carbon-sink* connesse a tali sistemi colturali, con l'obiettivo di adattarsi il più possibile ai cambiamenti climatici in corso

INTRODUZIONE

Il primo decennio del ventunesimo secolo è stato un periodo di estremi climatici ad alto impatto con danni alle persone e alle infrastrutture senza precedenti. L'ultima relazione del Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) indica che l'aumento di CO₂ e di gas serra potrebbe portare ad un incremento della temperatura media globale terrestre tra 1.4 e 5.8°C, con conseguenti effetti sulla frequenza e la quantità delle precipitazioni.

I previsti cambiamenti di temperatura ed aumenti della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi (es. siccità e inondazioni) potrebbero condizionare negativamente le produzioni agricole, in dipendenza delle condizioni specifiche del sito e delle colture, influenzando la crescita delle erbe infestanti e aumentando le infestazioni di insetti e agenti patogeni.

D'altra parte, l'agricoltura può giocare un ruolo importante nell'adattamento agli eventi climatici estremi e nella mitigazione dei cambiamenti climatici, in particolare attraverso l'adozione di pratiche agronomiche più sostenibili.

IL PROGETTO AGROCAMBIO

In questo contesto si inserisce il progetto AGROCAMBIO, il cui obiettivo è quello di valutare l'insieme di tecniche agro-ecologiche (ad esempio sistemazione idraulica del suolo; rotazione delle colture; introduzione di colture "di servizio ecologico" (*Agro-ecological Service Crops – ASC*) ed i loro metodi di terminazione; concimazione organica) quali potenziali strategie di adattamento per agro-ecosistemi organici in ambiente mediterraneo, nonché per ripristinare l'equilibrio di quei sistemi produttivi che sono maggiormente soggetti agli effetti dei cambiamenti climatici.

La sfida è dare risposta a situazioni di emergenza cui gli agricoltori devono far fronte per assicurare un reddito anche in contesti produttivi con marcata vulnerabilità ai cambiamenti climatici.

ATTIVITÀ

SISTEMI E TECNICHE CULTURALI PER L'ORTICOLTURA E LA RISICOLTURA gestione del dispositivo sperimentale MITIORG con rotazione eco-funzionale di colture orticole in baulature; messa a punto di dispositivi sperimentali per individuare tecniche innovative rivolte all'azienda risicola biologica.

SISTEMI E TECNICHE CULTURALI PER LA VITICOLTURA DA TAVOLA BIOLOGICA inerbimento e gestione delle cover crops.

SISTEMI E TECNICHE CULTURALI DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN CEREALICOLTURA gestione del dispositivo sperimentale di confronto di diverse varietà di grano duro in relazione a diverse epoche di semina.

VALIDAZIONI DELLE DINAMICHE DI BREVE E MEDIO-LUNGO PERIODO DEI SISTEMI E TECNICHE AGRONOMICHE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI uso di modelli di simulazione per determinazione della dinamica del C nel suolo; sviluppo di un sistema di indicatori per la valutazione della sostenibilità dei sistemi culturali a confronto.



METODOLOGIE ADOTTATE

Colture orticole (Basilicata)

Modello di sistemazione agraria "semi-permanente" che combina la baulatura con rotazioni colturali che prevedono l'introduzione di ASC, tecniche alternative per la loro terminazione e fertilizzanti organici commerciali e sperimentali.

Misurazioni in campo per la determinazione analitiche sulle colture da reddito, sulle ASCs e le eventuali infestanti; determinazioni sulle principali caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche del suolo e sulla qualità del suolo; determinazioni sulle matrici organiche apportate.



Riso (Lombardia)

Sviluppo di strumenti avanzati di modellistica colturale per una valutazione ex-ante delle prestazioni dei sistemi colturali erbacei biologici, in scenari di cambiamento climatico.

Messa a punto e sviluppo di dispositivi sperimentali, per individuare tecniche innovative rivolte all'azienda biologica produttrice di riso.

Uva da tavola (Puglia)

Semina dell'interfilare e successivo sovescio, inerbimento semi-permanente dell'interfilare e pacciamatura sulla fila, semina dell'interfilare e successivo allettamento con passaggio del *roller crimper*.

Misurazione dei parametri vegeto-produttivi, dello stato idrico, degli scambi gassosi e dello stato nutrizionale del vigneto e alla raccolta delle caratteristiche qualitative della produzione.



Fruento duro (Lazio, Puglia, Abruzzo e Toscana)

Valutazione dell'influenza di semine fortemente anticipate in ambienti pedoclimatici diversi, su genotipi diversificati per lunghezza del ciclo, potenzialità produttiva, tolleranza alle fitopatie ed espressione delle principali caratteristiche qualitative.

Valutazione dell'accumulo di proteine, della qualità del glutine della semola, sviluppo e contenimento di patologie.

Validazione

Costruzione di database (determinazioni analitiche e misurazioni in campo sulla biomassa e sul suolo) e uso di modelli di simulazione (modello EPIC) per stimare l'effetto di medio-lungo periodo delle tecniche agronomiche sul sistema suolo-pianta-atmosfera.

Sistema di indicatori per i comparti suolo, acqua, biodiversità e produzione per la valutazione di sostenibilità parziale e globale ai sistemi colturali messi a confronto.



RISULTATI ATTESI

- Ampliamento delle conoscenze sugli effetti dell'introduzione di ASC e di strategie alternative per la loro terminazione (*roller crimper vs sovescio*), sulle interazioni pianta/soilo e le loro implicazioni sulla produzione, la qualità dei prodotti, la fertilità del suolo, il controllo di infestanti, l'accumulo di carbonio nel suolo, ecc.
- Miglioramento della resilienza ai cambiamenti climatici nel breve termine, e nel medio - lungo periodo, per colture orticole, riso, uva da tavola e frumento duro coltivati in biologico.
- Accrescimento della competitività e del reddito delle imprese del settore orticolo biologico, non solo per riduzione dei costi produttivi, ma anche per inserimento tempestivo nel mercato.
- Indicazioni concrete sulla sostenibilità produttiva, qualitativa ed igienico-sanitaria di scelte agrotecniche funzionali ad affrontare le criticità legate ai diversi scenari possibili per effetto dei cambiamenti climatici.

OUTPUT DIVULGATIVI E FORMATIVI

Le iniziative disseminative previste sono di molteplice natura adattate alle conoscenze e/o competenze tecniche degli *stakeholders* (tecnici del settore biologico, ricercatori, istituzioni locali ed agricole, consumatori ed esponenti di organizzazioni ambientaliste):

- "Giornata Aperta" (*Open day*) – visite ai dispositivi sperimentali durante lo svolgimento delle prove in campo per divulgazione delle innovazioni della ricerca
- preparazione di stampati (es. poster, pieghevoli, manuali) con illustrazione delle linee-guida e degli accorgimenti tecnici; disseminazione tramite web; documentazioni audio-video; comunicati stampa per redazioni giornalistiche del settore biologico
- pubblicazioni scientifiche, partecipazione a convegni/seminari
- messa a punto dello strumento DEXi-Agrocambio (con relativo manuale) e report con i risultati della sostenibilità agro-ambientale dei sistemi colturali a confronto

COORDINAMENTO

Francesco MONTEMURRO

Mariangela DIACONO

Consiglio per la ricerca e l'analisi dell'economia agraria (CREA) - Unità di ricerca per i sistemi colturali degli ambienti caldo-aridi (SCA)

PARTNERS

Stefano BOCCHI, Università di Milano

Luigi TARRICONE, Consiglio per la ricerca e l'analisi dell'economia agraria (CREA) - Unità di ricerca per l'uva da tavola e la vitivinicoltura in ambiente mediterraneo (UTV)

Fabrizio QUARANTA, Consiglio per la ricerca e l'analisi dell'economia agraria (CREA) - Unità di ricerca per la valorizzazione qualitativa dei cereali (QCE)

Roberta FARINA, Consiglio per la ricerca e l'analisi dell'economia agraria (CREA) - Centro di ricerca per lo studio delle relazioni tra pianta e suolo (RPS)

Anna Camilla MOONEN, Scuola Superiore Sant'Anna di Studi Universitari e di Perfezionamento

Giuseppe MELE, ALSIA (Agenzia Lucana di Sviluppo e di Innovazione in Agricoltura)



ENTE FINANZIATORE

Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali (MiPAAF), Ufficio Agricoltura Biologica, Ex POA V

ULTERIORI INFORMAZIONI

Dispositivo sperimentale MITIORG LTE
<https://www.facebook.com/mitiorglte>



Progetto: "Sistemi e tecniche AGRonomiche di adattamento ai CAMbiamenti climatici in sistemi agricoli BIOlogici"

Acronimo: "AGROCAMBIO"

Coordinatore: Francesco MONTEMURRO

Allegato 2. Prodotti (Pubblicazioni, brevetti, convegni, filmati, corsi di formazione)

Output divulgativi e formativi prodotti

U.O. WP2. Sistemi e tecniche culturali per l'orticoltura e la risicoltura

1. Pubblicazioni

1.a. pubblicate

1. De Benedetto D., Montemurro F., Diacono M. 2017. Impacts of agro-ecological practices on soil losses and cash crop yield. *Agriculture*, 7, 103: 1-18;
2. Diacono M., Persiani A., Fiore A., Montemurro F., Canali S. 2017. Agro-ecology for adaptation of horticultural systems to climate change: agronomic and energetic performance evaluation. *Agronomy*, 7, 35: 1-10;
3. Diacono M., Fiore A., Farina R., Canali S. Di Bene C., Testati E., Montemurro F. 2016. Combined agro-ecological strategies for adaptation of organic horticultural systems to climate change in Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy*, 11: 85-91;
4. Abitabile C., Arzeni A., Campanelli G., Canali S., Diacono M., Leteo F., Montemurro F., Roccuzzo G., Viganò L. 2016. Il contributo dell'agricoltura biologica per lo sviluppo sostenibile delle aree rurali. *AGRICOLTURA BIOLOGICA & TERRITORIO*. Documento realizzato nell'ambito del Programma Rete Rurale Nazionale, PSR 2014-2020, pp. 89;
5. Peronti M., Bàrberi P., Campanelli G., Ceccarelli D., Ceglie F.G., Ferlito F.S., Mazzoncini M., Montemurro F., Roccuzzo G., Tittarelli F., Riva F., Ranuzzi M., Canali S. 2015. The Italian organic long term field experiments network. IFOAM Agribiomediterraneo International Conference, Vignola Castle (Modena), 10-13 September: 1-4;
6. Diacono M., Fiore A., Farina R., Canali S. Di Bene C., Testati E., Montemurro F. 2015. Tecniche agronomiche sostenibili di adattamento ai cambiamenti climatici in sistemi orticoli biologici. Atti del XLIV Convegno SIA – Bologna 14-16 Settembre: 46; (premio come migliore comunicazione orale nella sessione VI "Biodiversità, sostenibilità e impatto ambientale dei sistemi colturali").
7. Tesi Magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie – Valutazione integrata a scala territoriale di possibili scenari futuri per la risicoltura. Dicembre 2017.

1.b. "in press"/"sottomesse"/ in programma

1. De Benedetto D., Montemurro F., Diacono M. 2018. Mapping an agricultural experimental device by electromagnetic induction and ground penetrating radar to improve soil water content estimation. *Precision Agriculture*; (sottomesso)
2. De Benedetto D., Montemurro F., Diacono M. 2018. Repeated geophysical measurements in dry and wet soil conditions to assess soil water content variability. *Geoderma*; (sottomesso)
3. Diacono M., Persiani A., Canali S., Montemurro F. 2018. Agronomic performance and sustainability indicators in tomato organic combining different agro-ecological practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*; (in corso di stampa)
4. Montemurro F., Persiani A., Diacono M. 2018. Environmental performances of horticultural systems: a multi-criteria evaluation approach applied in a case study in Mediterranean conditions. *Agronomy*; (in corso di stampa)
5. Iocola I., Campanelli G., Diacono M., Leteo F., Montemurro F., Persiani A., Canali S., 2018. Sustainability assessment of organic vegetable productions using the qualitative multi-attribute model Dexi-BiOrt. *Agriculture Systems*; (sottomesso)

2. Articoli divulgativi

2.a. pubblicati

1. Bruno M.R., Persiani A., Scazzariello R., Diacono M. Montemurro F., Mele. G. 2018. Strategie agro-ecologiche di adattamento ai cambiamenti climatici in sistemi orticoli biologici. Agrifoglio, 73:5-9;
2. Bruno M.R., Persiani A., Fiore A., Diacono M., Montemurro F. 2017. Agrotecniche ecologiche contro i cambiamenti climatici. L'Informatore Agrario, 40: 46-49;
3. Montemurro F., Vignola I., Diacono M., 2015. Utilizzazione di colture a servizio Agroecologico. Agrifoglio, 46: 17-19;

3. Eventi divulgativi

3.a. realizzati in maniera specifica nell'ambito del progetto AGROCAMBIO

- 12 dicembre 2014 - Azienda Agraria Sperimentale CREA-SCA "Campo7", Metaponto (MT) - giornata tecnico-divulgativa sul tema: "Inerbimenti e Tecniche Agronomiche di Adattamento ad Eventi Climatici Estremi".



3.b. realizzati con la partecipazione delle attività/risultati del progetto AGROCAMBIO

- 18 settembre 2015 - Azienda Agraria Sperimentale CREA-SCA "Campo7", Metaponto (MT) – giornata tecnico-divulgativa dal titolo "Innovazioni agronomiche in agricoltura biologica: esempi dai progetti AGROCAMBIO e SOILVEG".

I cambiamenti climatici stanno influenzando profondamente il modo di fare agricoltura. La complessità delle aziende agricole biologiche, in particolare, è sempre più alta e alle aziende di colture biologiche occorre un supporto di gestione tecnica e culturale, in grado di garantire la sostenibilità del suolo e delle colture, consentendo l'adattamento ai cambiamenti climatici in atto.

Per individuare le tecniche migliori sono state effettuate delle ricerche e studiati dei campi dimostrativi integrando e variando avvicendamenti di colture, sementazioni straordinarie, uso di colture di servizio agro-ecologiche con diverse strategie di semina e fertilizzanti organici.

La giornata divulgativa al progetto di illustrare, discutere ed aggiornare eventuali azioni, correlate ai modelli di sistemazione agraria, alle attrezzature meccaniche, lavorazioni (adattamenti) e ai mezzi tecnici, puntando al coinvolgimento attivo dei proprietari/Produttori delle aziende e delle associazioni presenti.




Segreteria organizzativa

Francesco Montemurro (CREA-SCA): f.montemurro@crea-sca.it
 Mariangela Diacono (CREA-SCA): m.diacono@crea-sca.it
 Giuseppe Mele (ALSIA): g.mele@alsia.it - Cell. 327-8485497

Indirizzo strada:
 Azienda Agraria Sperimentale CREA "Campo 7",
 Casale di Casa Bianca - 70122 Metaponto (MT)
 Dalla SS 194, al terreno Piazza Platigiam,
 prendere per Metaponto.
 Dopo circa 2 km, prima del Borgo di
 Metaponto, sulla destra è via l'Azienda CREA.



Innovazioni agronomiche in agricoltura biologica: esempi dai progetti AGROCAMBIO e SOILVEG

Giornata divulgativa

Venerdì 18 settembre
 ore 9,00 Metaponto (MT)
 Azienda Agraria Sperimentale CREA, "Campo 7"
 Casale di Casa Bianca



Innovazioni agronomiche in agricoltura biologica: esempi dai progetti AGROCAMBIO e SOILVEG.

Ore 9,30-11,30
 Mariangela Diacono (CREA-SCA)
 Francesco Mele (ALSIA)
 Presentazione generale alla giornata

Lavorando nelle Foglie:
 Presentazione della visita guidata in
 organizzazione agli impianti di
 produzione di compost della ditta Biogest

Colture brevi

Ore 9,30-10,30
 Corrado Giacco (CREA-RPV)
 Presentazione del progetto SOILVEG e visita
 di prova sperimentale in campo

Ore 10,30-11,30
 Mariangela Diacono (CREA-SCA)
 e discussioni sperimentali di largo terreno
 PFCRG LITE

Ore 11,00-11,30
 Francesco Montemurro (CREA-SCA)
 Il progetto Ag'ambio

Ore 11,30-12,30
 Agostino Fiore (CREA-SCA)
 Il Kuber Crisp: evoluzione di un brevetto
 protettivo in campo delle diverse
 soluzioni colturali

Ore 12,30-13,00
Giuseppe Mele (ALSIA): discussione finale

Piacere a tutti!

Saranno riassegnati crediti formativi ai
 partecipanti durante l'agronomia e
 dettati i verbali scritti all'Ordine
 Provinciale della Basilicata e agli uffici di
 Colture Protettive del Fermo Agrario e
 Fermo Agrario Laureati Matera



Info/InFino

Il ConFermo Lancia alcuni in pieno
 osservato per fornire indicazioni sul "modo"
 del biogas (in), procedura per la commercializzazione
 biologica della azienda agricola, il sistema di
 controllo e certificazione, dove reperire i prodotti
 certificati, ecc.)



Progetti presentati:

"Sistema a servizio AGROCAMBIO di
 adattamento ai Cambiamenti climatici in
 sistemi agricoli Biologici"
AGROCAMBIO

↳
 Dispositivo sperimentale PFCRG LITE

"Improving soil conservation and resource
 use in organic cropping systems for
 vegetable production through incorporation
 and management of agro-ecological services
 (ASCI)" **SOILVEG**

Web page:

<http://www.progettoagrocambio.it>
<http://www.progettosoilveg.it>
<http://www.conferma.it>

- 8 ottobre 2015 - Biovegetal S.r.l. con sede a Modugno (BA) - giornata tecnico-divulgativa dal titolo: "Visita guidata ad un impianto di compostaggio".
- 11 maggio 2017 – Azienda Agraria Sperimentale CREA-SCA "Campo7", Metaponto (MT) – giornata tecnico-divulgativa dal titolo "Agro-ecologia e innovazione della gestione agronomica in agricoltura biologica. Esperienze dai progetti Agrocambio, Soilveg e Agrocycle".



- Poster presentato al Convegno AIAM – SIA Milano, Settembre 2017. Riscoltura biologica in Nord Italia prime valutazioni.
- Convegno su Riscoltura Biologica (Produrre Riso bio è possibile? Castello di Rovasenda, 14 dicembre 2017 (in sinergia con il progetto Risobiosystems).

4. Attività di formazione legata al progetto

4.a. formazione attiva

- 10 ottobre 2017 – Istituto Professionale Servizi per l'Agricoltura e lo Sviluppo Rurale, Genzano di Lucania (PZ) - seminario info/formativi su agricoltura biologica e rigenerativa dal titolo "Le Colture di Servizio Agro-ecologico: esperienze pratiche e scientifiche del progetto AGROCAMBIO".
- 11 ottobre 2017 – Agriturismo - Fattoria Didattica "Il Pago", Rotondella (MT) - seminario info/formativi su agricoltura biologica e rigenerativa dal titolo "Le Colture di Servizio Agro-ecologico: esperienze pratiche e scientifiche del progetto AGROCAMBIO".

4.b. formazione passiva

- Grazie al finanziamento da parte di Retibio di **stage** per il rafforzamento della rete di relazioni tra i ricercatori e tecnologi del CREA e le Università e i centri di ricerca europei che operano nel settore delle produzioni biologiche, la dott.ssa Mariangela Diacono, Ricercatore III livello CREA, è stata tutor per il periodo di stage svolto dal Professor Francisco Xavier Sans Serra (Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona) presso la sede di Bari e l'azienda di Metaponto del centro CREA-AA (13-22 febbraio 2017). Sono state rafforzate le relazioni tra i due gruppi di ricerca (italiano e catalano) avviate a settembre con lo stage a Barcellona della dott.ssa Diacono che ha partecipato a un capitolo della tesi: "*Integration of conservation agricultural practices in Mediterranean dryland arable fields. Effects of reduced tillage and organic amendments on crop production, weed abundance and*

soil quality" (PhD Paola Baldivieso Freitas) con la pubblicazione "Nitrogen utilization in a mid-term cereal-legume rotation as a result of green manure, organic fertilization and tillage strategies" under review in *Renewable Agriculture and Food Systems* journal (Foto e condivisione della giornata sono disponibili su: <https://www.facebook.com/mitiorqlte/>)

5. altro

- Per divulgare le attività di campo svolte presso il dispositivo sperimentale di lungo termine MITIORG (a Metaponto, nell'Azienda Sperimentale Campo 7) il team dei ricercatori CREA ha creato un **sito web scientifico** (<https://www.facebook.com/mitiorqlte/>). Il sito viene periodicamente aggiornato con riferimenti alle attività in corso e ad eventi in cui è coinvolto il gruppo di lavoro, ma anche a link di interesse scientifico e tecnico sulle tematiche dell'agricoltura biologica e dell'agro-ecologia. Si è, inoltre, creata una importante sinergia con il sito facebook del CREA che condivide le iniziative presentate, aumentandone di conseguenza la visibilità.



- Leaflet (4 pagine) dal titolo: "Sistemi e tecniche AGRonomiche di adattamento ai CAMbiamenti climatici in sistemi agricoli BIOlogici". (**Allegato 1**)
- Manuale operativo DEXI-AGROCAMBIO (**Allegato 3**. Valutazione della sostenibilità agro-ambientale dei sistemi agricoli biologici: Il modello Dexi- AGROCAMBIO)

U.O. WP3 - Sistemi e tecniche colturali in viticoltura da tavola biologico

1. Pubblicazioni:

1.a. pubblicate

Masi G., Debiase G., Di Gennaro D., Amendolagine A.M., Gentilesco G., Tarricone L. 2017. *Soil management effect on organic Sugranineteen (Scarlotta seedless®) table grapes quality in Apulia region.* 8th International Table Grape Symposium Apulia & Sicily, 1-7 October 2017 Italy. Book of extended Abstracts. 51-52. ISBN 979-12-200-2305-4.

Tarricone L., Debiase G., Masi G., Gentilesco G., Montemurro F. 2018. Cover crops affect grapevine performance of organic Scarlotta Seedless® table grape under plastic film covering in Southern Italy. 2nd International GRAB-IT Capri, 27-29 Giugno; (in corso di stampa)

3. Eventi divulgativi

3.a. realizzati in maniera specifica nell'ambito del progetto AGROCAMBIO:

- 22 giugno 2016 – Azienda D'Onghia, Gioia del Colle (BA) -giornata tecnico-divulgativa dal titolo "Inerbimenti Funzionali. Visite a campi dimostrativi in aziende biologiche pugliesi"



U.O. WP4 - Sistemi e tecniche culturali di adattamento ai cambiamenti climatici in cerealicoltura

3. eventi divulgativi

- 20-21 gennaio 2016 – Roma -Poster a convegno: La ricerca italiana per l'agricoltura biologica e biodinamica: una visione di insieme.

The poster is a scientific communication piece. At the top, it features the logos of 'crea' (Consiglio Nazionale delle Ricerche) and 'mipaf' (Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Rurali), along with the acronym 'AGROCAMBIO'. The main title is 'Sistemi e tecniche agroecologiche di adattamento ai Cambiamenti climatici in sistemi agricoli (E)Diapici'. Below the title, there is a short introductory paragraph. The core of the poster is organized into two columns of text, each with a small icon or image. The left column discusses 'Sistemi e tecniche agroecologiche di adattamento ai Cambiamenti climatici in sistemi agricoli (E)Diapici' and mentions 'Sistemi e tecniche agroecologiche di adattamento ai Cambiamenti climatici in sistemi agricoli (E)Diapici'. The right column discusses 'Sistemi e tecniche agroecologiche di adattamento ai Cambiamenti climatici in sistemi agricoli (E)Diapici' and mentions 'Sistemi e tecniche agroecologiche di adattamento ai Cambiamenti climatici in sistemi agricoli (E)Diapici'. At the bottom, there is a grid of images showing various agricultural practices and a small map of Italy. The footer contains the text 'Progetto AGROCAMBIO' and 'AGROCAMBIO'.

U.O. WP5 - Validazioni delle dinamiche di breve e medio-lungo periodo dei sistemi e tecniche agronomiche di adattamento ai cambiamenti climatici.

1. Pubblicazioni:

1.a. pubblicate

Di Bene C., Testani E., Diacono M., Montemurro F., Farina R. 2018. Modeling the potential adaptation of organic horticultural systems to climate change scenarios in Southern Italy. 2nd International GRAB-IT Capri, 27-29 Giugno; (in corso di stampa)

**Il Coordinatore del Progetto
Francesco Montemurro**

