



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

Convenzione CRA-MiPAAF del 17/12/2014

**RELAZIONE DI MONITORAGGIO
DELLE ATTIVITA' SVOLTE**

Primo semestre 2017

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

MONITORAGGIO DELL'ATTIVITA' DI RICERCA

Work Package	Task	Grado di realizzazione Task (%)	Grado di realizzazione WP (%)
WP1 - Coordinamento	1.1 Coordinamento scientifico	<u>75</u>	<u>75</u>
	1.2 Coordinamento amministrativo	<u>75</u>	
	1.3 Controllo di qualità delle attività previste e gestione della proprietà intellettuale del progetto	<u>70</u>	
WP2 - Sistemi e tecniche colturali per l'orticoltura e la risicoltura	2.1 Gestione del dispositivo sperimentale e valutazione delle performance agronomiche	<u>80</u>	<u>80</u>
	2.2 Coinvolgimento dei portatori di interesse e trasferibilità delle innovazioni del progetto	<u>80</u>	
	2.3 Analisi delle serie storiche della piovosità	<u>80</u>	
WP3 - Sistemi e tecniche colturali 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 vecchia vs sovescio.		<u>70</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>65</u>	<u>60</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	<u>55</u>	

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>50</u>	<u>50</u>
	5.2 Validazioni delle dinamiche di medio-lungo periodo dei sistemi e tecniche agronomiche di adattamento ai cambiamenti climatici.	<u>50</u>	
	5.3 Valutazione della sostenibilità agro-ambientale di sistemi agricoli biologici basato su indicatori facilmente rilevabili	<u>50</u>	

SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE PER WP

Work Package 1: Coordinamento

Durante il semestre di riferimento è proseguita l'attività di coordinamento dell'intero Progetto.

Il sito web scientifico creato dal team di ricercatori CREA per divulgare il progetto e, in particolare, le attività di campo svolte presso il dispositivo sperimentale di lungo termine che lo ospita (a Metaponto, nell'Azienda Sperimentale Campo 7), 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 (link al sito: <https://www.facebook.com/mitiorglte/>) (WP1). Da quest'anno si è creata una sinergia con il sito facebook del CREA che condivide le iniziative presentate, aumentandone di conseguenza la visibilità.

Il giorno 11 Maggio 2017 presso "Campo 7" si è svolta una giornata scientifico-divulgativa dal titolo "*Agro-ecologia e innovazione della gestione agronomica in agricoltura biologica. Esperienze dai progetti Agrocambio, Soilveg e Agrocycle*". La giornata è stata organizzata dal CREA-AA in collaborazione con l'Agenzia Lucana di Sviluppo e di Innovazione in Agricoltura (ALSIA). Gli obiettivi principali sui quali è stata incentrata la giornata sono stati il trasferimento tecnologico, sia ad agricoltori che a tecnici della zona, di nuove modalità di gestione del suolo e delle colture orticole in differenti sistemi produttivi biologici, realizzabili con opportune sistemazioni idrauliche del terreno, avvicendamenti, colture di copertura e strategie innovative per la loro terminazione. Durante la giornata, sono state effettuate dimostrazioni sull'uso del *roller crimper* per la terminazione delle colture di copertura, sulla produzione e attivazione di compost on-farm e sull'auto-valutazione dell'impatto delle proprie attività sulla fertilità del suolo tramite la prova della vanga. La giornata ha permesso il coinvolgimento attivo di numerosi partecipanti (120 circa) tramite momenti di discussione e confronto direttamente in campo.



Figura 1. Giornata divulgativa dell'11 maggio

Di fondamentale importanza, ai fini della divulgazione dei risultati ottenuti all'interno del dispositivo sperimentale, è stata la pubblicazione del seguente articolo scientifico su una rivista internazionale (*Agronomy*, MPDI) open access, censita da Scopus: "*Agro-Ecology for Potential Adaptation of Horticultural Systems to Climate Change: Agronomic and Energetic Performance Evaluation*".

Work Package 2: Sistemi e tecniche colturali per l'orticoltura e la risicoltura

Valutazioni agronomiche per il dispositivo di Metaponto

Per una migliore comprensione della descrizione dell'attività di ricerca del semestre di riferimento, si riporta lo schema riassuntivo del dispositivo sperimentale:

- CNA = controllo negativo A, NO mulch, fertilizzazione: organico ammesso in bio;
- CNB = controllo negativo B, NO mulch, fertilizzazione: organico ammesso in bio;
- 1A= ASC Mix 1 (veccia, avena), terminazione: allettato, fertilizzazione: organico, minerale e digestato anaerobico;
- 1B= living mulch permanente con erba medica con fresatura e root pruning interno, fertilizzazione: organico ammesso in bio;
- 2A= ASC Mix 1 (veccia, avena), terminazione: sovesciato, fertilizzazione: compost, minerale e digestato anaerobico;
- 2B= mulch annuale con trifoglio, terminazione: sovesciato, fertilizzazione: compost, organico ammesso in bio e digestato anaerobico;
- 3A= ASC Mix 2 (veccia, riso), terminazione: allettato, fertilizzazione: compost, organico ammesso in bio e digestato anaerobico;
- 3B= NO ASC, fertilizzazione: compost, organico ammesso in bio e digestato anaerobico;
- 4A= NO ASC, fertilizzazione: compost, organico ammesso in bio e digestato anaerobico.

Nel primo semestre del 2017, è stata effettuata la valutazione delle performance agronomiche delle colture sia a monte che a valle delle baule (**WP2**). Nello specifico, a monte delle baule sono state eseguite determinazioni, sia durante le principali fasi del ciclo colturale che alla raccolta, sulle piante di cavolo viola (fig.2) al fine di valutarne la risposta a diverse tipologie di consociazione con ASC (erba medica e trifoglio) e diverse strategie di fertilizzazione organica (digestato anaerobico, concime organico commerciale). La raccolta è avvenuta in data 21/03/2017 dopodiché è stato effettuato il trapianto del pomodoro *var. Donald* il 24/04/2017. Nelle aiuole invece è proseguito il ciclo colturale delle ASC le quali sono state allettate (nelle tesi MIX 1 e MIX 3, fig.3) e sovesciate (tesi MIX 2) in data 12/04/2017.



Figura 2. Cavolo viola durante la fase fenologica di emissione del corimbo



Figura 3. Allettamento (12/04/2017) delle colture di servizio agro-ecologico con l'utilizzo del "roller crimper"

Come previsto dalla rotazione, nell'ultima settimana di Aprile nelle aiuole è stato trapiantato lo zucchini var. *triumph*, per il quale a giugno ha avuto inizio la raccolta scalare (Fig.4).



Figura 4. Colture rispettivamente a monte (pomodoro) e a valle (zucchini) delle baule a Giugno 2017

I dati produttivi del cavolo viola nel semestre di riferimento sono in corso di elaborazione. Si riportano i principali parametri sia quantitativi che qualitativi rilevati durante le principali fasi fenologiche della pianta (accrescimento sia a 50 che a 100 giorni, emissioni del corimbo e raccolta). Oltre ai tradizionali parametri di valutazione agronomici sono state eseguite determinazioni sull'altimetria e densità del suolo al fine di valutare l'erosione/perdita dello stesso nelle diverse tesi, soprattutto in relazione all'evento meteorologico estremo, simulato artificialmente con l'inondazione del campo sperimentale sul quale sono stati riversati l'equivalente di oltre 300 mm/ha (fig.5). L'inondazione artificiale è stata effettuata nella prima settimana di Dicembre 2016, considerato che nelle ultime due annate agrarie, diversamente da quanto verificatosi nei periodi precedenti, non sono stati registrati eventi piovosi estremi (= elevata intensità di pioggia concentrata in un breve periodo di tempo).



Figura 5. Dispositivo sperimentale alcuni giorni dopo l'inondazione artificiale

In generale, tutti le tesi hanno evidenziato grosse difficoltà nello sviluppo delle piante durante le fasi di accrescimento dovute sia all'evento meteo estremo (inondazione artificiale) durante le prime fasi di crescita delle stesse, che all'anomalo calo termico, con temperature inferiori agli 0°C e neve, che hanno caratterizzato le prime settimane del mese di Gennaio 2017. Tali condizioni indotte e naturali hanno portato, oltre allo stentato sviluppo, alla perdita totale della produzione nelle tesi controllo (controllo+org., controllo+DA e controllo+controllo), ma solo in parte delle tesi in consociazione con il trifoglio (trifoglio + controllo), indicando l'importanza della presenza delle ASC.

I risultati mostrano che, in riferimento alla biomassa totale prodotta (fig.6), nella fase di accrescimento sono state riscontrate differenze fra le varie tesi. La tesi CNB, in particolare, ha fatto registrare uno sviluppo vegetativo superiore, soprattutto nelle fasi finali del ciclo produttivo, rispetto alla tesi in consociazione con l'erba medica, alle tesi con il trifoglio e alle tesi controllo. Del resto occorre considerare che le tesi CNB e CNA sono di recente introduzione, quindi corrispondenti a un suolo meno sfruttato rispetto a quello delle altre tesi.

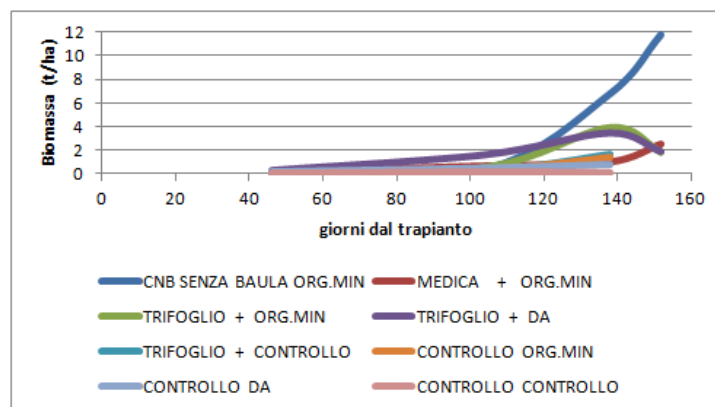


Figura 4. Evoluzione della biomassa fresca (t/ha) durante il ciclo produttivo del cavolo viola

Nel grafico di figura 7, in cui è riportato lo SPAD, si evidenzia che i valori maggiori sono stati registrati, nelle fasi finali di crescita, nella tesi CNB seguita dalla tesi trifoglio+ORG, indicando la relazione diretta fra questo indice, lo sviluppo delle piante, e la presenza di nitrati nelle stesse. Difatti, le tesi con un indice maggiore di SPAD sono state le stesse in cui c'è stato un maggiore assorbimento di nitrati (fig.8) e quindi un maggiore sviluppo delle piante. In riferimento alla strategia fertilizzante valori maggiori sia di SPAD, di nitrati e biomassa sono stati riscontrati nelle tesi con il concime organico rispetto sia al DA che soprattutto rispetto al controllo.

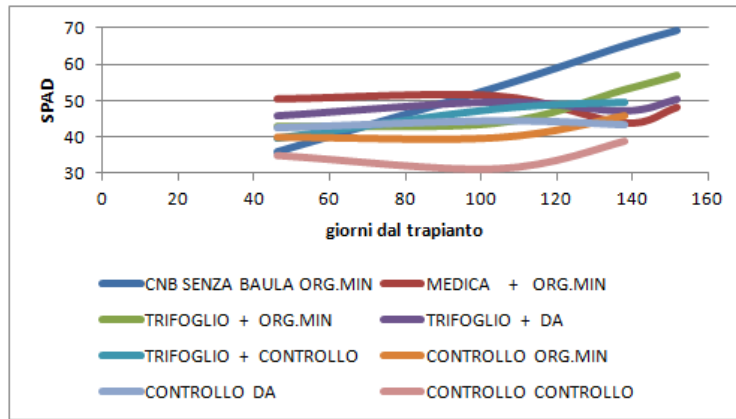


Figura 5. Evoluzione dello SPAD durante il ciclo produttivo del cavolo viola

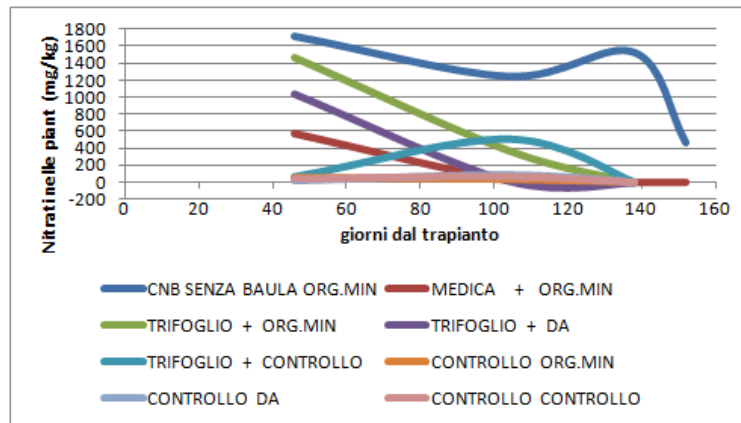


Figura 6. Evoluzione del contenuto in nitrati (mg/kg) nelle piante di cavolo viola durante il ciclo

Alla raccolta i risultati produttivi (fig.9a) maggiori sono stati riscontrati nella tesi CNB con 2,15 t /ha circa (valori in ogni caso insufficienti rispetto alle medie della coltura in biologico). Tale risultato potrebbe derivare dal migliore e più efficace assorbimento di nitrati delle piante durante l'accrescimento (fig.8). Anche le dimensioni medie dei corimbi (fig.9b) sono maggiori nella tesi CNB seguita dalla tesi in consociazione con il trifoglio. Dalla figura 10, in cui è riportata la percentuale di sostanza secca dei corimbi, emerge che il contenuto maggiore è risultato nelle tesi in consociazione con l'erba medica. Questo parametro qualitativo è di interesse, poiché migliora sensibilmente la conservabilità del prodotto.

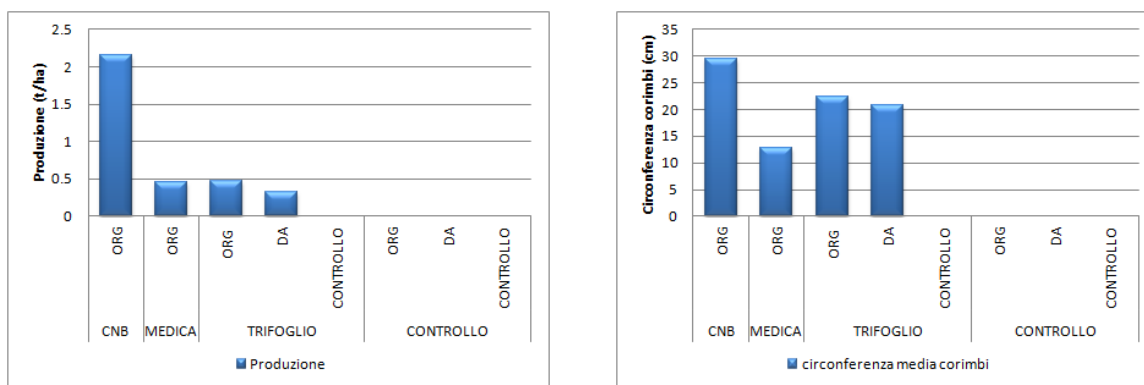


Figura 7. Produzione (t/ha) nelle diverse tesi di cavolo viola (a) e circonferenza media (cm) dei corimbi alla raccolta (b)

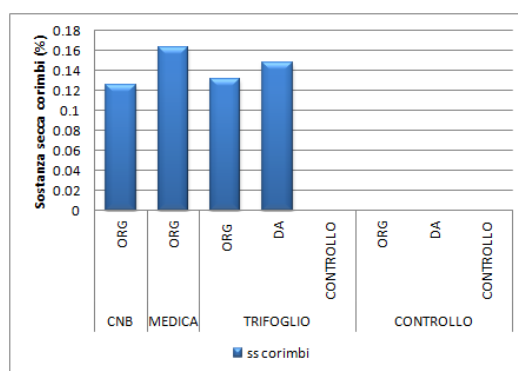


Figura 10. Sostanza secca (%) nei corimbi di cavolo viola alla raccolta

Valutazioni altimetriche e monitoraggio dell'erosione/perdita di suolo

Come accennato precedentemente, anche durante questo semestre si è proseguito con indagini relative al monitoraggio delle condizioni fisiche del suolo nelle aiuole/baule. In particolare, in questo periodo si sono approfondite le determinazioni per il monitoraggio dell'erosione/perdita di suolo.

A tal fine, il posizionamento geografico delle misure condotte è stato effettuato mediante rilievo GPS (Global Positioning System) differenziale (DGPS, HiPer[®] Pro, TOPCON, Tokyo, Japan) con precisione altimetrica e planimetrica centimetrica. Un rilievo altimetrico puntuale è stato eseguito nelle aiuole a Febbraio 2017 (121 osservazioni) e nelle baule a Marzo 2017 (217 osservazioni) per verificare gli effetti sulle quote dell'evento piovoso estremo indotto.

Le misure post evento estremo sono state confrontate con quelle rilevate nelle date di Aprile, Luglio e Ottobre 2016 nelle aiuole e nelle date di Maggio e Settembre 2016 nelle baule. In questi casi, il posizionamento geografico è avvenuto equipaggiando i sensori geofisici con ricevitore GPS, perché lo scopo di queste indagini era quello di combinare diverse tecniche per ottenere una conoscenza più completa delle proprietà del suolo (topografia, profondità degli orizzonti del suolo e compattazione del suolo) che influenzano la distribuzione spaziale del contenuto idrico del suolo.

L'analisi esplorativa - descrittiva è consistita nel calcolo della statistica di base e nella determinazione del tipo distribuzione (test di Shapiro-Wilk, $\alpha = 0.05$) e nell'applicazione di test non parametrici (Test di Mann-Whitney) per valutare se le quote nelle diverse date, sia nelle baule che nelle aiuole, sono statisticamente differenti. 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 (Tab. 1). 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 (Fig. 11) 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 (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 (Tab. 1).

Tabella 1. Differenze della quota (m s.l.m.) nelle tre baule tra Maggio 2016 e Settembre 2016 e tra Settembre e Febbraio 2017 e significatività per il Test di Mann-Whitney (* Indica differenze per $P \leq 0.05$; ** Indica differenze per $P \leq 0.01$ ns Indica differenze non significative).

	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 (Tab. 1), in seguito all'evento indotto, descritto precedentemente. In dettaglio, dal grafico di Figura 11, 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.

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.

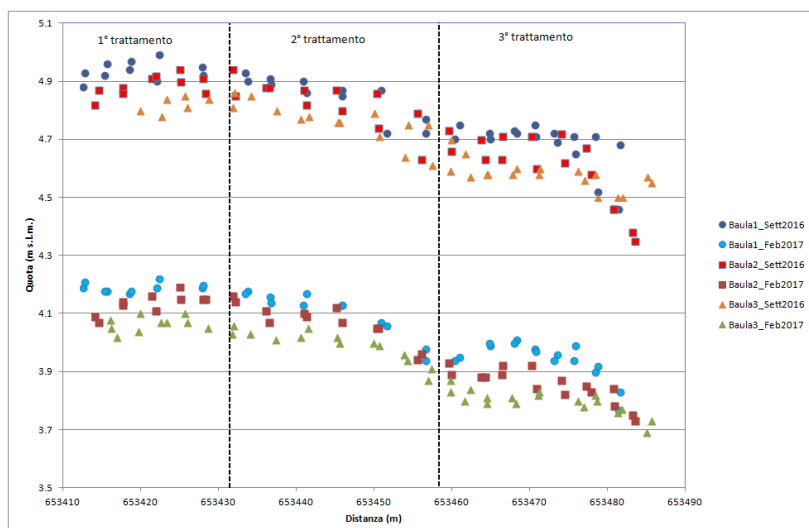


Figura 11. Andamento delle quote delle baule in funzione della distanza nelle date pre-evento (Settembre 2016) e post (Febbraio 2017)

Per quanto riguarda le quote nelle aiuole nel periodo prima dell'evento piovoso (da Aprile ad Ottobre 2016) le differenze non sono significative, indicando che in questo periodo 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 (dati non riportati), tra i dati di Ottobre 2016 (ultima data di indagine prima dell'evento meteorico indotto) e quelli di Febbraio 2017 (rilievo effettuato dopo l'evento). In generale, si è osservato 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 12 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.

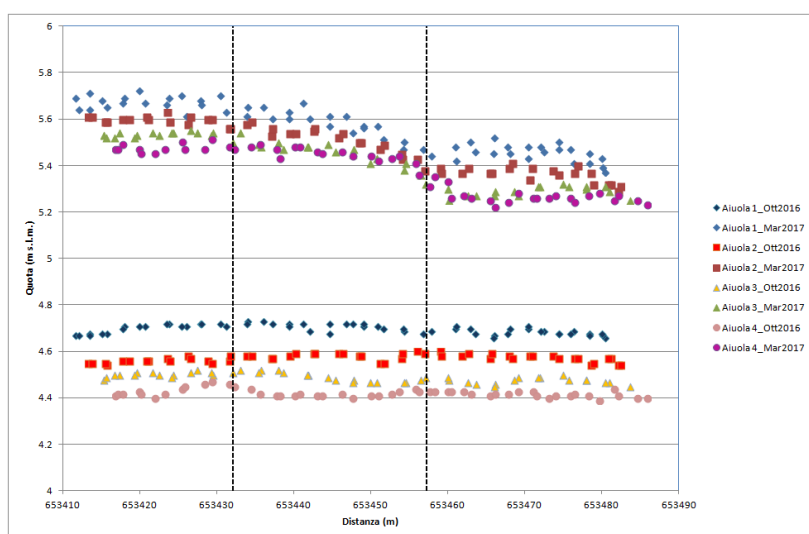


Figura 12. Andamento delle quote delle quattro aiuole in funzione della distanza per le date pre-evento (Ottobre 2016) e post evento (Marzo 2017)

Si è inoltre osservato 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 (dati non riportati). 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. Futuri lavori saranno focalizzati sulla valutare l'influenza della quota sulla produzione e/o sui diversi parametri chimici e fisici che ne influenzano la produzione.

Per quanto riguarda il **Task 2.4 (Sistemi e tecniche colturali per la cerealicoltura (risicoltura)**, sempre del **WP2**, durante questo periodo di riferimento il Dipartimento di Scienze Agrarie e ambientali – Università degli Studi di Milano ha effettuato delle **prove preliminari di pieno campo per la valutazione di coltura intercalari del riso con effetti allelopatici**.

Le prove in campo, previste per la stagione 2017, sono state avviate presso un'azienda biologica del Comune di Olevano (Lomellina, PV). Si sono impostate prove su una risaia condotta in regime di minima Lavorazione (passaggio con ripuntatore) ove era stata coltivata un particolare miscuglio che si sta diffondo presso le aziende biologiche dell'area. La cover crop, seminata nell'autunno del 2016 era composta da frumento tenero 40%, triticale 25%, pisello proteico 25%, veccia 10% per un totale di 150 kg/ha di semente. Le nascite sono state regolari e la crescita della coltura non ha subito particolari stress. . Nella primavera del 2017 si sono iniziate le operazioni di preparazione della semina del riso.

I primi di maggio 2017, la biomassa della cover crop è stata sdraiata con due passaggi di rullo. Direttamente sulla biomassa sdraiata è stata effettuata la semina in asciutta del riso. La risaia è stata successivamente sommersa e il livello dell'acqua è stato mantenuto costante per circa 7-10 giorni consecutivi. Il controllo delle fermentazioni è stato giornaliero in modo da evitare effetti collaterali negativi per la coltura del riso. Si sta procedendo con le osservazioni di campo che prevedono rilievi sulle avventizie e su eventuali fitopatologie.

Prove di laboratorio. Si sono raccolti campioni di biomassa di loietto (*Lolium multiflorum*), di veccia (*Vicia villosa*) e di segale in modo da procedere nei prossimi mesi alle prove in ambiente controllato per valutare gli effetti allelopatici su avventizie della coltura di riso (Es. *Echinochloa* spp, *Heteranthera* spp.).

Work Package 3: Sistemi e tecniche colturali in viticoltura da tavola biologico

In relazione al **WP3** al fine di valutare l'effetto delle diverse tesi sulla vigoria delle viti è stata effettuata a gennaio 2017 la potatura delle viti di Sugranineteen nelle tre tesi a confronto determinando il peso del legno di potatura e calcolando l'indice di Ravaz (produzione di uva/peso del legno di potatura).

La valutazione dello stato fisiologico del vigneto, ossia l'intensità degli scambi gassosi per unità di superficie fogliare (assimilazione carbonica netta, conduttanza stomatica, traspirazione) è stata effettuata mediante rilievi periodici a partire dalla fase di crescita dei germogli con misuratore portatile a raggi infrarossi (IRGA LCpro SD, ADC, Hoddeston, UK). Nelle stesse date nelle tre tesi a confronto (T=inerbimento interfila con Trifoglio sotterraneo cv Antas; V1=inerbimento interfila con Veccia cv Aitana, poi sovesciata; V2= inerbimento interfila con Veccia cv Aitana, poi allettata con roller crimper) si sono effettuate misure di fluorescenza della clorofilla con fluorimetro Y (II) Meter (Opti-Science, NH, USA).

Ai fini della caratterizzazione del microclima del vigneto della cv Sugranineteen® periodicamente si è effettuato il download dei dati di temperatura, umidità relativa dell'aria, direzione e velocità del

vento, radiazione solare, contenuto idrico del suolo e pluviometria dalla centralina meteo WatchDog 2900 ET installata in vigneto. Anche durante la stagione vegetativa 2017, si è proceduto alla caratterizzazione dello stato idrico del suolo nelle diverse parcelle grazie all'installazione di datalogger EM-50 (Decagon Device Inc., USA) provvisti di sensori (10 HS). Periodicamente si è caratterizzato lo stato nutrizionale delle viti nelle diverse tesi, mediante la misurazione dell'indice in verde delle foglie con lo strumento portatile SPAD 502. La caratterizzazione dello stato idrico delle viti ha previsto a partire dalla fase di post-allegagione misure di potenziale idrico xilematico mediante camera a pressione (3005 Plant Water Status Console, Soilmoisture Equipment Corp., CA, USA), nelle tre tesi su foglie opportunamente inibite nella traspirazione. Nella seconda decade di giugno 2017 si è proceduto all'allettamento artificiale della vecchia nella tesi V2 e al sovescio della vecchia nella tesi V1.

Work Package 4: Sistemi e tecniche colturali di adattamento ai cambiamenti climatici in cerealicoltura

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 e su otto genotipi diversificati per lunghezza del ciclo, vengono 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.



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. Una scheda agronomica riassuntiva relativa ai campi di prova è riportata di seguito.

Agrocambio 2016-17. Scheda agronomica dei campi di prova

Località	Altitudine m s.l.m.	Tesi	Precessione	Data			
				semina	emergenza	spigatura	strigliatura
Jesi (AN)	80	Semina anticipata		24-ott-16		10/4-27/4	
Jesi (AN)		Semina normale		11-nov-16		15/4-2/5	
Alberese (GR)	10	Semina anticipata	Favino	4-nov-16		1/4-18/4	
Alberese (GR)		Semina normale	Favino	14-dic-16		16/4-3/5	
Roma	20	Semina anticipata	Maggesi	2-nov-16	16-nov-16	13/4-30/4	NO
Roma		Semina normale	Maggesi	29-dic-16	5-feb-17	24/4-5/5	14-mar-17
Metaponto	10	Semina anticipata	Maggesi	18-ott-16	27-nov-16	18/4-23/4	no
Metaponto		Semina normale	Maggesi	13-dic-16	27-gen-17	19/4-28/4	no

In attesa delle raccolte per determinare i principali parametri produttivi e qualitativi sono stati effettuati diversi rilievi in campo:

- Data di emergenza
- Fittezza all'emergenza (numero piantine/m²) e in pre-raccolta(sp//m²)
- Data di spigatura
- Altezza e allettamento dei culmi alla spigatura
- Rilievi delle principali malattie

Per l'analisi dei dati rilevati si rimanda alla successiva relazione quando saranno disponibili anche i risultati produttivi e qualitativi. Di seguito si descrivono brevemente solo le indicazioni derivanti dal grado di infezione delle piante nei diversi ambienti di prova.

AGROCAMBIO Jesi 2016-17

Fattori		Fittezza piantine n./m ²	Spigatura da 1/4 n. gg	Ciclo semina-spig	Altezza cm	Spighe n./m ²	Ruggine bruna 0-9
epoca	anticipata	340	18	176	101	412	6,3
	normale	258	23	163	100	407	6,1
densità	350	259	21	170	99	395	6,0
	500	338	21	170	102	424	6,4
varietà	Colombo	227	28	177	100	455	8,3
	Core	365	16	165	102	456	7,9
	Dylan	312	24	173	103	403	8,5
	Hathor	312	25	174	91	339	8,2
	Marco Aurelio	249	23	172	101	399	8,2
	Ramirez	314	21	170	103	440	0,0
	Saragolla	291	16	165	100	356	0,0
	Svevo	320	14	163	103	429	8,6
Media generale		299	21	170	100	410	6,2

Nel campo di Jesi, i rilievi fitopatologici effettuati sulle varietà hanno evidenziato la presenza della **ruggine bruna** (agente causale *Puccinia triticina*) su tutti i genotipi, tranne che per le cultivar Ramirez e Saragolla. È stata quindi riscontrata una differenza estremamente importante fra i genotipi posti a confronto per quanto riguarda questa patologia. Nessuna infestazione è stata rilevata per la **ruggine gialla** (agente causale *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) e la **ruggine nera**, (*Puccinia graminis* f.sp. *tritici*) in nessun genotipo testato.

AGROCAMBIO Roma 2016-17

Fattori		Fittezza 0-9	Fittezza piantine n./m ²	Spig da 1/4 n. gg	Ciclo		Altezza cm	Ruggine bruna f.band 0-9	Ruggine gialla f.band 0-9	Ruggine nera culmo 0-9
					semina-spig	emerg-spig				
epoca	anticipata	3,5	215	20	169	155	82	0,7	0,8	1,3
	normale	4,2	206	28	120	82	70	1,4	2,9	4,0
densità	350	4,1	199	24	145	119	75	1,0	1,9	2,2
	500	3,6	221	24	144	118	76	1,1	1,9	3,1
varietà	Colombo	2,3	147	31	152	126	77	0,5	1,1	4,5
	Core	3,8	219	21	141	115	76	3,1	2,8	0,3
	Dylan	3,1	188	26	146	120	77	0,8	0,5	3,1
	Hathor	4,7	240	26	146	120	76	0,1	1,4	1,9
	Marco Aurelio	2,5	147	25	146	120	73	0,5	3,7	2,4
	Ramirez	4,9	249	25	145	119	79	0,3	0,3	3,5
	Saragolla	4,8	253	20	141	115	71	0,4	3,7	2,4
	Svevo	4,5	243	19	139	113	76	2,5	1,7	3,1
Media generale		3,8	211	24	145	119	76	1,0	1,9	2,6

Nel campo di Roma, i rilievi fitopatologici effettuati sulle varietà hanno evidenziato la presenza della **ruggine gialla** (agente causale *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) su tutti i genotipi, anche se, tra le cultivar in prova 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. La ruggine gialla si è manifestata in forma meno aggressiva sulle varietà della prova anticipata rispetto a quella normale; le piante più giovani, quindi, sono risultate più sensibili a tale patologia. Sembrano confermati, nei due anni di prova, il miglior comportamento di Dylan e la maggiore suscettibilità di Core e Saragolla. Per quanto riguarda la **ruggine nera**, la sua presenza è stata registrata sui culmi e, in taluni casi, anche sulle spighe delle varietà in prova. *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 prova 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 registrata su Core. Non sembra, invece, che la densità di semina abbia influenzato in modo significativo lo sviluppo delle malattie presenti in campo in questa annata. Le infezioni di **ruggine bruna** (agente causale *Puccinia triticina*) sono risultate, in generale, piuttosto limitate. Solo i genotipi Core e Svevo hanno subito attacchi di una certa entità. Assenti o presenti solo in forma lieve e sporadica le altre malattie.

AGROCAMBIO Metaponto 2016-17

Fattori		Fittezza piantine n./m ²	Spig da 1/4 n. gg	Ciclo		Altezza cm	Ruggine bruna f.band 0-9	Ruggine gialla f.band 0-9	Ruggine nera culmo 0-9
				semina-spig	emerg-spig				
epoca	anticipata	413	21	185	145	70.4	0	0	0
	normale	405	25	133	88	66.5	0	0	0
varietà	Colombo	296	23	159	117	69.2	0	0	0
	Core	454	23	159	119	68.3	0	0	0
	Dylan	288	24	160	115	65.8	0	0	0
	Hathor	450	23	159	120	67.5	0	0	0
	Marco Aurelio	558	23	159	117	78.3	0	0	0
	Ramirez	404	23	159	115	70.0	0	0	0
	Saragolla	442	24	160	116	65.0	0	0	0
	Svevo	379	23	159	117	63.3	0	0	0
Media generale		409	23	159	117	68	0	0	0

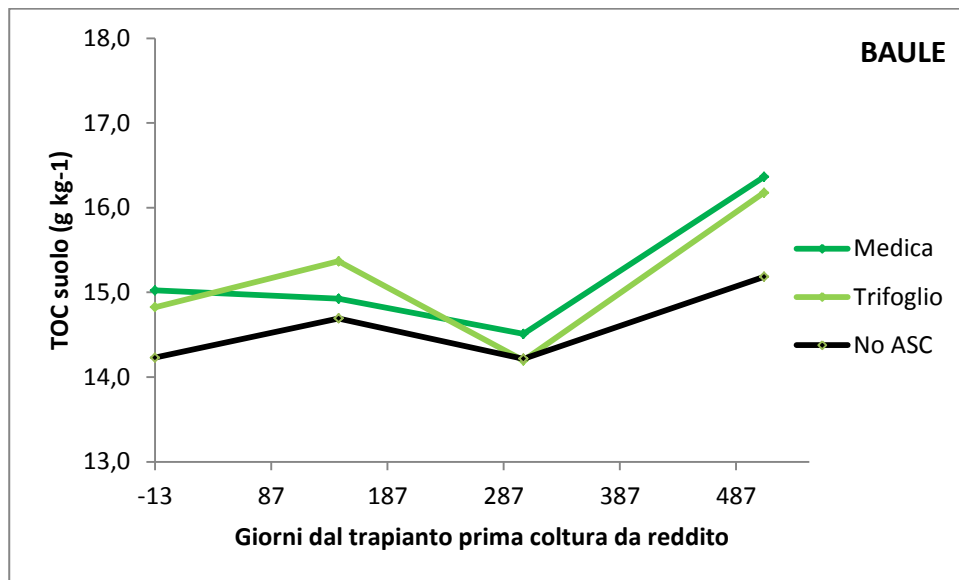
Nel campo di Metaponto, i rilievi fitopatologici effettuati sulle varietà non hanno evidenziato la presenza di **ruggine bruna**, **ruggine gialla** e **ruggine nera** in nessuno dei genotipi posti a confronto. Tale risultato è probabilmente da mettere in relazione al particolare andamento termo pluviometrico, particolarmente siccitoso, ed all'evento meteorico estremo indotto artificialmente che si descriverà meglio nella prossima relazione, quando saranno rivisti tutti i risultati anche in termini quantitativi e qualitativi.

Work Package 5: 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 (orticolo), condotti presso l'azienda sperimentale di Metaponto, alle tecniche agronomiche proposte. La sperimentazione orticola biologica è condotta presso l'azienda di Metaponto, nel dispositivo sperimentale di lungo termine "Mitiorg" su cui sono state implementate le prove di AGROCAMBIO, organizzate in baule e aiuole. Nel semestre di riferimento, sono state gestite le rotazioni colturali utilizzando le tecniche colturali innovative di adattamento ai cambiamenti climatici per colture orticole previste nel progetto. I risultati dei rilievi effettuati nell'azienda sperimentale di Metaponto nell'ambito del **WP 5.1** verranno utilizzati per valutare la risposta delle colture e del suolo ai sistemi e tecniche colturali di adattamento ai cambiamenti climatici introdotte in un'ottica di breve periodo e per calibrare e validare i risultati delle simulazioni di medio-lungo periodo delle dinamiche di C e N nel sistema suolo-pianta-atmosfera, previste nell'attività del **WP 5.2**. Il **WP 5.2** stima l'effetto di medio-lungo periodo delle tecniche agronomiche sul sistema suolo-pianta-atmosfera mediante l'uso del modello EPIC (versione EPIC0810).

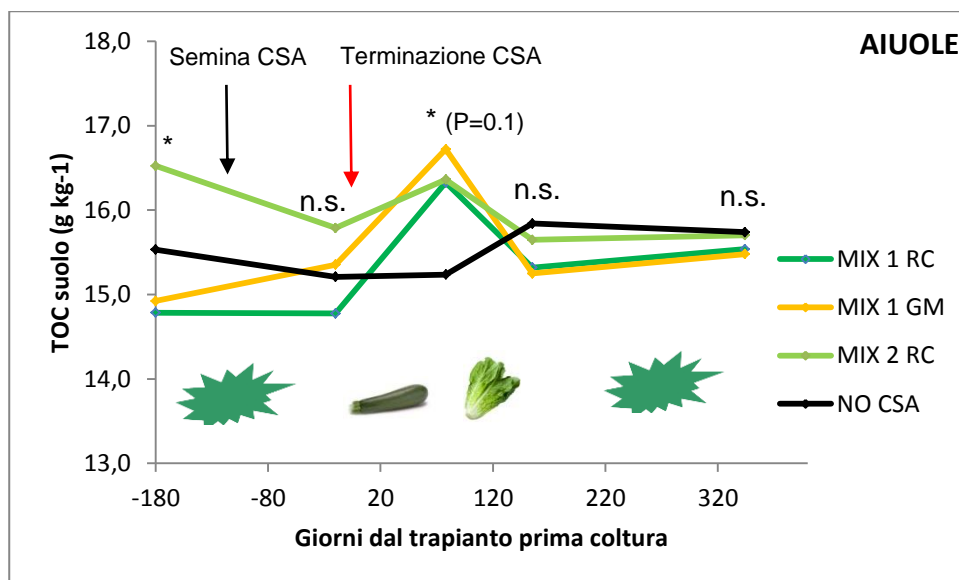
I risultati ottenuti si riferiscono al primo semestre di attività sperimentale e sono attualmente in stato di elaborazione. Nell'ambito del **WP 5.2**, che ha per obiettivo quello di valutare l'influenza della diversa gestione agronomica del dispositivo sperimentale "MITIORG" sulla ripartizione dinamica della sostanza organica del suolo e sulla resa delle colture da reddito in rotazione, è stato predisposto il dataset di input del modello EPIC0810 relativo al clima, caratterizzazione

iniziale del suolo e tecnica colturale delle colture da reddito (finocchio, cavolo viola, zucchino e pomodoro) e delle colture di servizio agro-ecologico (ASC) sia per i trattamenti sulle baule sia per quelli sulle aiuole. Le attività di simulazione ed elaborazione dei risultati relativi alla calibrazione e validazione delle rese e della dinamica del carbonio organico sono in corso e la loro descrizione verrà dettagliata nello specifico della prossima relazione. I risultati preliminari inerenti l'effetto dei diversi sistemi di gestione (ASC e strategia di terminazione) sull'andamento del carbonio organico nel suolo su aiuole e baule negli avvicendamenti colturali cavolo viola - pomodoro (baule) e zucchino - lattuga (aiuole) sono riportate nelle Figure 13-14.



Note: n.s., non significativo al test di Duncan al livello di probabilità $P \leq 0.05$.

Figura 13. Andamento del carbonio organico nel suolo nell'avvicendamento colturale delle baule del dispositivo Mitiorg nel primo anno di rotazione.



Note: n.s., differenze non significative al test di Duncan al livello di probabilità $P \leq 0.05$; *, significatività al livello di probabilità $P \leq 0.05$.

Figura 14. Andamento del carbonio organico nel suolo nell'avvicendamento colturale delle aiuole del dispositivo Mitiorg nel primo anno di rotazione.

In linea generale è possibile osservare una risposta differente del suolo nelle aiuole e baule alla presenza delle ASC e agli input di carbonio. In particolare, il dispositivo mostra una maggiore differenziazione dei sistemi ad "intensificazione agro-ecologica" (con presenza di ASC in consociazione per le baule ed in precessione per le aiuole) rispetto al controllo senza ASC nelle baule (Fig. 1) rispetto alle aiuole (Fig.2). In effetti, nelle baule, il contenuto di carbonio organico mostra un trend con valori superiori nei trattamenti con medica e trifoglio (che si muovono in maniera simile) rispetto al controllo durante tutto l'avvicendamento colturale, con un "appiattimento" delle differenze tra i sistemi al termine del ciclo del pomodoro, dovuto alla veloce mineralizzazione della sostanza organica durante la stagione estiva. Inoltre, il trend sembrerebbe mostrare un graduale aumento del valore medio di carbonio organico nel suolo ed un effetto sinergico degli input derivanti dalle biomasse di ASC e concimi che potrebbe comportare nel tempo un incremento del *gap* tra i sistemi con ASC rispetto al controllo (dato da verificare con i prossimi rilievi). Al contrario, nelle aiuole, i valori medi di carbonio ad inizio e fine dell'intera rotazione (zucchino-lattuga-ASC) sono risultati simili. La differenziazione dei trattamenti osservata nel punto campionato precedentemente la semina del primo ciclo di CSA, dovuta alla gestione agronomica precedente, si riduce durante l'avvicendamento Agrocambio. Inoltre, successivamente alla terminazione delle colture di servizio, si osserva un picco di carbonio organico nei sistemi ad intensificazione agro-ecologica rispetto al controllo, dovuto all'input derivante dalle biomasse dei mix allettate o sovesciate, che subisce nel breve termine il processo di mineralizzazione.

I risultati dei rilievi di N minerale e totale nel suolo durante i cicli delle colture da reddito sono attualmente in fase di elaborazione e saranno mostrati nel prossimo report.

Nell'ambito del **task 5.3** del **WP 5** relativo alla valutazione della sostenibilità agro-ambientale di sistemi agricoli biologici basati su indicatori facilmente rilevabili, sono state definite le tematiche da inserire nel modello di valutazione come illustrato nella relazione precedente. Inoltre, il 10 maggio, il giorno prima della giornata dimostrativa organizzata dal CREA di Metaponto e dall'ALSIA descritta precedentemente (**WP 1**), per presentare tra altre cose la prova AgroCamBio agli imprenditori locali, sono stati effettuati dei saggi della prova della vanga in vari tesi della sperimentazione. Visto il grande numero di tesi a confronto, è stato deciso di iniziare con le tesi più diverse tra di loro per cogliere la massima variabilità presente nel campo. Sono state confrontate:

- 1) il controllo con pomodoro, senza baule e senza ASC,
- 2) il controllo con pomodoro sulle baule e fertilizzante organico-minerale,
- 3) la tesi con pomodoro sulle baule insieme all'ASC,
- 4) le zucchine sulle aiuole e
- 5) un confronto tra inter e intra-fila del pomodoro sulle baule insieme ad ASC.

Tutte le tesi sono state scelte sulle parcelle con fertilizzazione organico-minerale. I terreni erano argillosi e le particelle del suolo hanno dimostrato in tutte le tesi una struttura poliedrica, con una suola di compattazione a circa 15 cm di profondità. Le tesi con le ASC hanno presentato materiale organico poco decomposto mentre nelle tesi senza ASC non sono state rilevate tracce di resti organici. Confrontando la situazione tra le file e intra-fila, sulle baule, si nota una differenza dovuta alla lavorazione superficiale eseguita sulla fila, migliorando la struttura del terreno. Intra-fila dove la ASC è stata devitalizzata c'era presenza di lombrichi e materiale organico vecchio, mentre tra le file (3 anni senza lavorazione), il terreno era molto compatto, la ASC leguminosa non presentava tubercoli sulle radici e non sono stati trovati lombrichi. I dati sono stati riassunti nel sistema di valutazione DEXi-AgroCamBio.

E' in fase di sviluppo il DEXi-AgroCamBio generale. Sotto è stata riportata la struttura gerarchica del sistema di valutazione (Figura 1). Attraverso un foglio di calcolo in excel saranno calcolati i livelli per ciascun indicatore, insieme ad una valutazione della 'bontà' dell'indicatore a tre livelli: basso, medio, alto. Attraverso la valutazione dell'importanza di ciascun indicatore, è stato prodotto

la formula per la valutazione del livello successivo nella gerarchia, fino ad arrivare ad una valutazione per il sistema o la tesi che è sottoposta a valutazione (esempio Figura 2). Le formule per la valutazione saranno adattate in base alla capacità di distinguere situazioni diversi. Questa verifica avverrà dopo l'inserimento dei dati ottenuti dai dispositivi sperimentali.

Dopo l'incontro a Metaponto il 10 maggio 2017 che aveva come obiettivo di comprendere meglio le caratteristiche della sperimentazione, hanno avuto inizio i lavori per lo sviluppo del Dexi-Bio-Ort-Sperimentale, prendendo come esempio il dispositivo sperimentale di Metaponto. Questo sistema di valutazione ha come obiettivo di creare un tool che potrebbe essere applicato anche ad altri sistemi ortivi sperimentali.

Attribute tree

Attribute	Description
Agrocambio	Agrocambio dispositivo sperimentale
Stato	
Produzione	
Qualità produzione	
Quantità produzione	
Stato socio-economico	
Valutazione economico	
Ore lavorative	
Pressione	
Input energetico	
energia non-rinnovabile	
Passaggi con macchine agricole	
Input esterni	
Fitofarmaci ammessi	
Rapporto azoto distribuito/asportato	
Lavorazioni	
Frequenza	
Superficie	
Profondità	
Consumo di acqua	
Impatto	
Suolo	
Compattazione	
Copertura	
SOM	
Biodiversità	
Diversità colturale	
Qualità biologica	
Produzione	
Infestanti	
Malattie/pest	
Micotossine	

Figura 1: Modello gerarchico del Dexi-AgroCamBio basato su 20 indicatori.

	Produzione	Stato socio-economico	Stato
	67%	33%	
1	Basso	<=Medio	Basso
2	<=Medio	Alto	Medio
3	Medio	*	Medio
4	>=Medio	Basso	Medio
5	Alto	>=Medio	Alto

	Qualità produzione	Quantità produzione	Produzione
	67%	33%	
1	Basso	<=Medio	Basso
2	<=Medio	Alto	Medio
3	Medio	*	Medio
4	>=Medio	Basso	Medio
5	Alto	>=Medio	Alto

	Valutazione economico	Ore lavorative	Stato socio-economico
	67%	33%	
1	Basso	<=Medio	Basso
2	<=Medio	Alto	Medio
3	Medio	*	Medio
4	>=Medio	Basso	Medio
5	Alto	>=Medio	Alto

Figura 2: Esempio di come gli indicatori vengono raggruppati e valutati complessivamente nel sistema gerarchico

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

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. Sempre per quanto riguarda il WP2, ed in particolare all'interno del **Task 2.4**, sono state condotte prove preliminari di pieno campo per la valutazione di coltura intercalari del riso con effetti allelopatici presso un'azienda biologica del Comune di Olevano (Lomellina, PV).

Le attività previste nel **WP3** si svolgono in agro di Gioia del Colle (BA) in un vigneto a conduzione biologica della varietà apirena ad uva da tavola Sugranineteen®, 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.

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 dell'ex CREA-QCE di Roma.

Le attività del **WP 5.1** inerenti le 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 simulazioni relative al **WP 5.2** sono condotte presso la sede CREA-AA di Roma. 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. Possibili utilizzazioni del risultato

WP3: I dati relativi agli scambi gassosi fogliari hanno evidenziato valori di assimilazione fotosintetica statisticamente non diversi nelle tre tesi. La diversa gestione del suolo non ha determinato variazioni dei valori di fertilità del germoglio che si è attestata sui valori medi della varietà.

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 o addirittura impossibili le operazioni di semina del frumento. Con le prove collegiali con protocollo sperimentale comune in diversi areali del Paese (**WP4**) si è voluto testare la risposta di alcune delle varietà più diffuse al possibile anticipo dell'epoca di semina per valutare quanto possa convenire aggirare, prevenendolo, il fenomeno.

WP 5.2: I risultati delle simulazioni del modello EPIC0810 verranno utilizzati per valutare l'adattamento di medio-lungo periodo ai cambiamenti climatici dei sistemi orticoli biologici gestiti con tecniche agronomiche alternative.

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

WP3: I risultati ottenuti in vigneto nel corso del 2015, 2016 e primo semestre 2017 sono trasferibili nella realtà della viticoltura da tavola biologica.

In generale, per tutti gli altri WP i dati acquisiti sono attualmente in fase di elaborazione. I primi risultati elaborati sono da ritenersi preliminari, pertanto per la loro trasferibilità, si rimanda alle successive relazioni dove verrà fornita una descrizione dettagliata dei risultati dell'intero ciclo di monitoraggio.

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

WP3: Tra le attività da perseguire al fine di trasferire l'innovazione del progetto, si ritiene utile organizzare un Workshop presso il CREA-VE di Turi (BA) con illustrazione dei risultati complessivi del progetto AGROCAMBIO, nel periodo inverno 2017, in modo da illustrare, a produttori e tecnici, i risultati finali del progetto.

Nell'ambito del **WP 5.1**, per l'ottenimento dei risultati delle analisi di laboratorio, è stata utilizzata la seguente strumentazione analitica:

- Per la determinazione colorimetrica delle forme minerali di N degli estratti di suolo: analizzatore a flusso continuo Systema mod. Flowsys R104.
- Per la determinazione del contenuto di N totale di suolo e vegetali: analizzatore elementare Leco mod. FP-528
- per la determinazione del contenuto di carbonio organico in suoli e vegetali: analizzatore elementare Leco mod. RC-612.

Nell'ambito del **WP 5.2**, per effettuare le simulazioni degli effetti di medio-lungo periodo delle tecniche agronomiche sul sistema suolo-pianta-atmosfera viene utilizzato il modello EPIC 0810 versione DOS. Con questa configurazione il programma include diverse simulazioni che permettono di analizzare gli effetti delle tecniche agronomiche e dei sistemi colturali sulle produzioni, sulla qualità del suolo e sulla dinamica di C e N.

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

Giornata divulgativa: 11 Maggio 2017 presso “Campo 7” (CREA-AA, Metaponto) “*Agro-ecologia e innovazione della gestione agronomica in agricoltura biologica. Esperienze dai progetti Agrocambio, Soilveg e Agrocycle*” (foto al link: <https://www.facebook.com/mitiorqlte/>)

Pubblicazione: M. Diacono, A. Persiani, A. Fiore, F. Montemurro, S. Canali (2017). “*Agro-Ecology for Potential Adaptation of Horticultural Systems to Climate Change: Agronomic and Energetic Performance Evaluation*”, *Agronomy* 2017, 7(2), 35 (link: <http://www.mdpi.com/2073-4395/7/2/35>)

Under review: D. De Benedetto, F. Montemurro, M. Diacono “*Geophysical sensors to characterise an agricultural experimental device and to improve soil water content estimation*” *Journal of Applied Geophysics*.