



Report semestrale del progetto di ricerca

“MEccanizzazione dell’ORticoltura Biologica e COnservativa”  
Acronimo “MEORBICO”

finanziato dal MiPAAF con Decreto del 19 dicembre 2019

Periodo: Gennaio 2021 – Luglio 2021

UO partecipanti:

- 1** - Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali (DiSAAA-a) dell’Università di Pisa Responsabile: Prof. Andrea Peruzzi
- 2** - Centro di Ricerche Agro-Ambientali “E.Avanzi” (CiRAA) dell’Università di Pisa. Responsabile: Prof. Marco Mazzoncini
- 3** - Scuola Superiore Sant’Anna di Pisa (SSSA) Responsabile: Prof. Paolo Barberi

Coordinatore nazionale:  
Prof. Andrea Peruzzi  
DiSAAA-a Università di Pisa

Questo progetto ha previsto la realizzazione di una ricerca finalizzata a valutare l'effetto sinergico di agricoltura biologica (AB) e conservativa (AC) nell'ambito di sistemi orticoli, mediante l'impiego di cover crop in grado di contrastare lo sviluppo della flora infestante e di migliorare la disponibilità di nutrienti. Le priorità del progetto sono quelle di verificare la possibilità di applicare on-farm le strategie conservative su pomodoro da industria, evidenziandone i punti di forza e di debolezza dal punto di vista meccanico e operativo, tecnico-economico, agronomico e agro-ecologico. Le strategie di coltivazione sono state definite con approccio partecipativo tra i partner e l'Azienda agricola Pasquini e Ridolfo, Suvereto (LI) che ospita la ricerca che prevede il confronto sperimentale tra le seguenti modalità di gestione: 1) lavorazione convenzionale (aratura o discissura) e trapianto su bio-telo; 2) utilizzo di cover crop e trapianto dopo un loro parziale interrimento mediante minima lavorazione; 3) lavorazione convenzionale (aratura o discissura) e trapianto senza utilizzo di biotelo; 4) trapianto della coltura su biotelo con terreno precedentemente preparato mediante utilizzo di cover crop seguito da parziale interrimento mediante minima lavorazione. La descrizione dettagliata della ricerca "on farm", inclusa la metodologia adottata, i rilievi effettuati, le modalità applicative e gestionali e la sua articolazione in questi 6 mesi di attività sono riportate dettagliatamente nel paragrafo 2.

La prova parcellare on-station, decisa in base alle circostanze iniziali del progetto e svolta presso il Centro di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa, è stata ripetuta durante il secondo anno del progetto confrontando lavorazione convenzionale con trapianto su sodo in presenza di dead mulch prodotto da diverse colture di copertura. Le attività di ricerca hanno avuto inizio nel mese di novembre del 2020 con la lavorazione del terreno (intervento con coltivatore combinato a 10-20 cm di profondità, seguito da affinamento del terreno e semina delle cover crop con erpice rotante combinato con seminatrice a righe). Le tipologie di copertura sono state identiche a quelle utilizzate lo scorso anno (controllo privo di coltura di copertura, segale in purezza, trifoglio squaroso in purezza, miscuglio tra trifoglio squaroso e segale). La semina è avvenuta a spaglio (utilizzando la seminatrice priva di assolcatori) in data 23 novembre 2020 alle dosi, rispettivamente, di 180 e 50 kg seme ha<sup>-1</sup> per segale e trifoglio nelle tesi in purezza, mentre nel miscuglio si è adottata per ciascuna componente una dose pari al 50% della dose in purezza. Il protocollo sperimentale è stato lo stesso dello scorso anno e ha previsto nella primavera successiva il confronto tra la gestione standard come sovescio (trinciatura con trinciastocchi, seguita da incorporazione al terreno mediante zappatrice rotativa) e la gestione conservativa che ha previsto il trapianto su sodo con operatrice innovativa realizzata presso l'Università di Pisa dopo la devitalizzazione della coltura da copertura (trasformata in tal modo in dead mulch) mediante un primo passaggio con rullo a lame (modello Clemens Eco-roll®) e un secondo passaggio con operatrice per il pirodiserbo appositamente realizzata dalla ditta MAITO sulla base delle specifiche tecniche dei prototipi precedentemente progettati e costruiti presso l'Università di Pisa. La metodologia adottata, i rilievi effettuati, le modalità applicative e gestionali e l'articolazione della ricerca "on station", sono state le medesime dello scorso anno di attività e sono quindi riportate sinteticamente nel paragrafo 3.

Alla fine di questo secondo anno di sperimentazione, sarà ovviamente possibile quantificare le ricadute agronomiche delle strategie innovative, i servizi agro-eco-sistemici chiave e l'effetto sulla flora infestante.

La gestione sperimentale del periodo gennaio-luglio 2021 (nel caso della prova on farm) e del periodo compreso tra settembre 2020 e luglio 2021 (nel caso della prova on-station), come lo scorso anno, ha previsto l'effettuazione di rilievi volti alla determinazione delle prestazioni operative dei cantieri di lavoro, degli impieghi complessivi di manodopera, e della qualità del lavoro svolto al fine di poter confrontare i diversi sistemi di gestione adottati in termini tecnico-economici e di performance complessive delle singole macchine. Sono state inoltre effettuate valutazioni sulla biomassa delle cover crop e, nel caso del trapianto su sodo, sul loro grado di devitalizzazione. Sempre per poter confrontare i diversi sistemi sono stati effettuati rilievi specifici sulla tipologia, sullo stadio di sviluppo e sul livello di copertura della flora spontanea prima e dopo tutti gli interventi volti al suo controllo, riportati nei paragrafi 2 e 3. In fase di raccolta del pomodoro saranno infine effettuati rilievi sulle rese e sulla biomassa delle infestanti che consentiranno di poter confrontare i sistemi adottati nella prova "on farm" e in quella "on station" in termini di prestazioni agronomiche ed economiche complessive. Tutti i risultati ottenuti sia nel primo che nel secondo anno di attività di ricerca saranno inseriti e adeguatamente commentati nel secondo report che sarà inviato al Ministero nel mese di luglio del 2022.

## 2 - PROVA ON-FARM.

## 2.1. FASE ISTRUTTORIA E COINVOLGIMENTO DELL' AGRICOLTORE.

Dopo aver incontrato più volte l'agricoltore, Alessandro Pasquini, la decisione comune è stata quella di strutturare la sperimentazione come già descritto nei report relativi al primo anno di prove. Considerando le convinzioni dell'agricoltore, che adotta da sempre una gestione biologica "di sostituzione" basata su lavorazioni profonde, largo impiego di fertilizzanti e gestione della flora spontanea con biotelo. Gli itinerari tecnici impostati per il sistema conservativo sono stati da lui accettati di buon grado, mostrando interesse per una gestione basata sull'utilizzo delle colture da copertura e dei sovesci, sull'impiego di lavorazioni ridotte e sull'utilizzo delle macchine innovative per il controllo fisico delle infestanti progettate e realizzate presso l'Università di Pisa (erpice a dischi attivi, operatrice per il pirodiserbo e sarchiatrice di precisione).

## 2.2. DESCRIZIONE DEL LAYOUT SPERIMENTALE E DEI TRATTAMENTI

Per il secondo anno del progetto è stato scelto un appezzamento adiacente a quello impiegato durante il primo anno di prove. Tale appezzamento è stato suddiviso in due parti in base alle due differenti tipologie di gestione del terreno (Fig. 1). La tesi innovativa (in fucsia) occupa una porzione dell'appezzamento pari a 15 metri di larghezza per l'intera lunghezza del campo (circa 4000 m<sup>2</sup>), mentre la tesi aziendale (in giallo) occupa il resto del campo (circa 4000 m<sup>2</sup>). Tra le due tesi non è presente alcuna separazione.

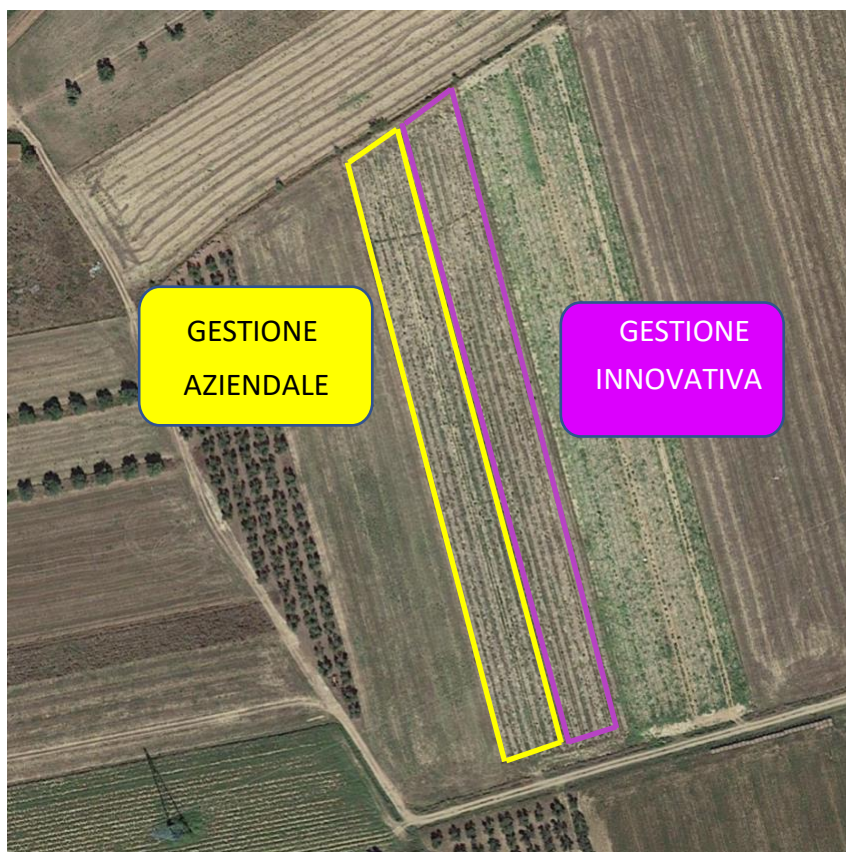


Fig.1 – veduta della superficie occupata dalla prova sperimentale on farm presso l'azienda Pasquini e Ridolfo di Suvereto (LI). Fonte: Google.

Prima di descrivere nel dettaglio le tesi che sono state confrontate, appare opportuno evidenziare che il terreno che ha ospitato la prova sperimentale, analogamente a quello dell'anno precedente, risulta agronomicamente non ottimale per la coltura del pomodoro: la forte presenza di limo (45% in media) e di sabbia (36% in media) (tabella 1) e la fragile struttura degli aggregati che ne consegue, ha fatto sì che si formasse una spessa crosta superficiale, a seguito di eventi piovosi di media-elevata intensità, che ha condizionato fortemente l'affrancamento e il corretto sviluppo del pomodoro da industria.

pH	cond.	N tot	s.o.	P Olsen	K scamb	Calcarea Totale	Calcarea attivo	CSC	Sabbia	Limo	Argilla
	$\mu\text{S}$	$\text{‰}$	$\%$	ppm	ppm	$\text{‰}$	$\%$	m.eq 100 g	$\%$	$\%$	$\%$
8,2	51,9	1,12	2,09	4,6	127	103	1,3	10,7	38,2	44,0	17,8

Tab.1 - Caratteristiche del terreno sul quale è in fase di realizzazione la prova sperimentale presso l'Azienda Pasquini e Ridolfo di Suvereto (LI).

Analogamente a quanto effettuato nel primo anno di prove, il layout sperimentale ha previsto il confronto tra 5 diverse tesi:

1 - gestione convenzionale aziendale, che ha previsto l'effettuazione di lavorazioni molto profonde con subsoiler e chisel, l'impiego di biotelo per il controllo delle infestanti e l'assenza di colture di copertura;

2 - la gestione "innovativa 1" che ha previsto l'impianto e il successivo interrimento di una cover crop (avvenuto molto tardivamente rispetto a quanto sarebbe accaduto in condizioni "normali") realizzata mediante l'esecuzione di una lavorazione superficiale con un coltivatore combinato e il controllo delle infestanti del pomodoro mediante interventi meccanici con erpice a dischi attivi in pre-trapianto (falsa semina) e con sarchiatrice di precisione equipaggiata con torsion weeders in post-trapianto;

3 - la gestione "innovativa 2" identica alla precedente, eccezion fatta per l'impiego del pirodiserbo in combinazione con la sarchiatura di precisione per il controllo della flora spontanea in post-trapianto;

4 - la gestione "mista 1" realizzata attuando la lavorazione profonda come nel sistema aziendale e il controllo delle infestanti del pomodoro mediante interventi meccanici come nella gestione innovativa;

5 - la gestione "mista 2" che ha invece previsto il sovescio della cover crop e la lavorazione ridotta e l'utilizzo di biotelo per il controllo delle avventizie.

I cinque itinerari tecnici differiscono per aspetti della tecnica colturale che riguardano la gestione del suolo e il controllo delle infestanti, come evidenziato in Tab.2. Per quanto riguarda gli altri aspetti della tecnica colturale (sesto di impianto, fertilizzazione, difesa fitosanitaria, irrigazione) la gestione è stata la medesima del primo anno e analoga in tutti i sistemi a confronto, in modo da evidenziare gli eventuali effetti dovuti all'impiego di un approccio conservativo del suolo.

	AZIENDALE	INNOVATIVO 1	INNOVATIVO 2	MISTO 1	MISTO 2
--	-----------	--------------	--------------	---------	---------

Lavorazione del terreno	Interventi: subsoiler (p≥50cm) coltivatore (p=30cm) erpice rotante (p=15cm)	Interventi: coltivatore combinato (p≤20cm) seminatrice a righe combinata con erpice rotante (p=15cm)	Identiche a Innovativo 1	Identiche ad Aziendale	Identiche a Innovativo
Cover crop	-	Trinciatura e interrimento con coltivatore combinato (p≤20 cm)	Identiche a Innovativo 1	-	Identiche a Innovativo
Controllo delle infestanti	Biotelo e sarchiatura interbina; scerbatura manuale	Falsa semina; Sarchiature sulla bina e interbina; scerbatura manuale	Identico a Innovativo 1 con aggiunta di pirodiserbo (side flaming) sulla fila	Identico a Innovativo 1	Identico ad Aziendale

Tab.2 – Tabella riassuntiva della gestione della prova on farm durante il primo semestre del secondo anno di prove presso l'Azienda Pasquini e Ridolfo di Suvereto (LI).

La fertilizzazione è stata frazionata in più interventi:

- fertilizzazione di fondo pre-trapianto a spaglio con "Guanito" di Italtopolina (6-15-0) alla dose di 1,5 Mg ha<sup>-1</sup> (06/05/2021);
- fertilizzazione localizzata al trapianto con "Top N" della Cifo (13-0-0) alla dose di 150 kg ha<sup>-1</sup> e "Umostart bios" di Sipcam Italia (7-5-0) alla dose di 100 kg ha<sup>-1</sup> (21/05/2021);
- fertirrigazione con 20 L di "Azomin" di Cifo (5-0-0) per ogni turno di irrigazione (dal 11/06/2021 al 12/07/2021).

La difesa fitosanitaria è stata rivolta principalmente al contenimento del lepidottero *Tuta absoluta*, fortemente presente nell'areale in cui è stata impostata la prova, e alla prevenzione dell'insorgenza di malattie fungine. I trattamenti finora effettuati sono stati:

- 2 trattamenti (dal 20/06/2021 al 04/07/2021) con ossicloruro di rame (1,6 kg ha<sup>-1</sup>) e *Bacillus thuringiensis* (1 kg ha<sup>-1</sup>);

I numerosi interventi e prodotti commerciali utilizzati per la gestione della fertilizzazione e della difesa fitosanitaria sono testimoni di un approccio di "sostituzione" da parte dell'agricoltore nei confronti della gestione biologica.

#### Itinerario tecnico aziendale (Figura 2)

Questo itinerario tecnico è quello comunemente adottato in azienda. La tecnica colturale ha previsto:

- Discissura del terreno con subsoiler a una profondità di 50 cm (16/02/2021);
- Passaggio con coltivatore pesante a una profondità di 30 cm (22/02/2021);
- Intervento per l'affinamento del terreno effettuato alla profondità di 15 cm con un erpice rotante equipaggiato con rullo packer (4/05/2021);

- Secondo intervento con erpice rotante resosi necessario per rompere la crosta superficiale che si era venuta a creare a causa di un'intensa precipitazione pochi giorni prima del trapianto della coltura (14/05/2021);
- Trapianto con stesura di telo pacciamante biodegradabile (Mater-Bi) (21/05/2021);
- Due interventi di sarchiatura della zona di terreno tra le bine non pacciamata effettuata con una sarchiatrice "artigianale" realizzata in azienda, equipaggiata con 2 coppie di 4 ancore elastiche (22/06/2021 e 8/07/2021);
- Un intervento di scerbatura manuale effettuato con 5 operatori (8/07/2021).



Fig.2 - Parcelle dell'itinerario tecnico aziendale a circa 20 giorni dal trapianto del pomodoro

### Itinerario tecnico "innovativo" 1 (Figura 3)

L'itinerario tecnico innovativo 1 progettato dai partner scientifici del progetto e concordato con l'imprenditore agricolo ha previsto l'inserimento di una coltura di copertura (miscuglio di orzo -*Hordeum vulgare* L.- alla dose di 120 kg ha<sup>-1</sup> e di veccia comune -*Vicia sativa* L.- alla dose di 100 kg ha<sup>-1</sup>) da sovesciare prima del trapianto della coltura da reddito. Le alte dosi delle componenti del miscuglio sono motivate dall'epoca di semina molto tardiva. Al fine di massimizzare la produzione di biomassa della coltura di copertura e, quindi, l'erogazione di specifici servizi agroecologici, si è deciso di aumentare le dosi di semina di entrambe le componenti, adottando una sorta di disegno iper-additivo. La scelta delle due specie è stata effettuata di concerto con l'agricoltore partendo dall'obiettivo di ottenere un adeguato apporto di azoto (derivante dalla veccia) e una buona copertura del suolo da parte dell'orzo polistico adatto a semine primaverili e caratterizzato da un elevato indice di accestimento.

Nello specifico le operazioni effettuate sono state:

- Lavorazione con coltivatore combinato alla profondità di 20 cm (16/02/2021);
- Affinamento del terreno effettuato con erpice rotante equipaggiato con rullo packer a una profondità di 15 cm e contemporanea semina della coltura di copertura con seminatrice a righe meccanica associata (16/02/2021);
- Trinciatura della coltura di copertura e interrimento del sovescio mediante coltivatore combinato alla profondità di 20 cm (10/05/2021, a distanza di appena 94 giorni dalla semina);
- Due passaggi con erpice a dischi attivi per affinare il terreno e controllare le infestanti emerse (falsa semina) (14 e 18/05/2021);
- Trapianto su terreno nudo (21/05/2021);
- Due interventi di sarchiatura di precisione (22/06/2021 e 8/07/2021);



Fig.3 - Parcelle dell'itinerario tecnico innovativo 1 e 2 a circa 20 giorni dal trapianto del pomodoro.

### Itinerario tecnico "innovativo" 2

L'itinerario tecnico "innovativo" 2 differisce dal sistema innovativo 1 solamente per l'utilizzo di pirodiserbo a fiamma libera per la gestione della flora infestante. In questo caso, infatti, sono stati effettuati due interventi di "side flaming", subito dopo le sarchiature.

### Itinerario tecnico "misto" 1

Per valutare con più efficacia e accuratezza gli effetti delle diverse tecniche utilizzate nell'itinerario innovativo e in quello aziendale sono stati progettati e realizzati due itinerari tecnici "misti", caratterizzati da tecniche colturali intermedie tra i due sistemi principali. Nell'itinerario tecnico "misto" 1, il trapianto è stato effettuato senza pacciamatura (come nel sistema innovativo) ma su terreno lavorato convenzionalmente e senza l'utilizzo di cover crop (come nel sistema aziendale). L'unica differenza con gli itinerari innovativi ha riguardato la modalità di gestione del suolo nella fase di pre-impianto, tutte le altre operazioni sono state effettuate analogamente ai sistemi innovativi. L'itinerario è stato progettato per poter evidenziare e valutare l'effetto che la presenza della pacciamatura poteva avere sulla produttività e sulla presenza di infestanti, in regime di lavorazioni convenzionali, su un terreno con forte presenza di limo come quello interessato dalla prova.

### Itinerario tecnico "misto" 2

Oltre al sistema sopra descritto è stato realizzato anche un ulteriore itinerario che ha previsto una tecnica colturale ibrida tra i due sistemi innovativo e aziendale. Nel sistema "misto 2" il pomodoro è stato trapiantato su film pacciamante in mater-bi (come nel sistema aziendale) e su terreno gestito con la minima lavorazione e l'utilizzo della cover crop (come nel sistema innovativo). L'unica differenza rispetto al sistema innovativo è stata la presenza di pacciamatura e, quindi, la mancata esecuzione dei due interventi di sarchiatura.

In occasione di tutti gli interventi meccanici effettuati nelle tesi sono state rilevate le prestazioni operative dei cantieri ed è stata valutata la qualità del lavoro svolto. In occasione del trapianto sono stati effettuati anche rilievi specifici sulla regolarità di deposizione e sul corretto interrimento delle piantine di pomodoro.

Sono stati inoltre rilevati gli impieghi complessivi di manodopera relativi non solo a queste operazioni, ma anche a tutte le altre effettuate sulla coltura. I dati sono stati elaborati e saranno presentati e discussi successivamente.

### Descrizione delle macchine operatrici

Relativamente alle operazioni effettuate negli itinerari che hanno previsto la lavorazione profonda del terreno sono state utilizzate macchine già presenti in azienda e comunemente adottate dall'agricoltore:

- un discissore tipo "subsoiler" avente larghezza di lavoro pari a 2,5 m, equipaggiato con tre ancore diritte di elevato spessore aventi interasse pari a 1 m, che ha operato una scarificazione profonda 50 cm. Le ancore sono anche equipaggiate con un'ogiva terminale per la formazione di un drenaggio temporaneo in corrispondenza della profondità massima di lavoro. L'attrezzo è dotato di sistema di sicurezza meccanico consistente nella presenza di un bullone tarato che si trancia nel caso venga superato il valore massimo della forza di trazione impostato (Figura 4a);

- un coltivatore pesante tipo “chisel” largo 2,5 m, equipaggiato con 7 ancore rigide disposte a “V” e dotate di largo spessore che ha operato una lavorazione del terreno con sovralzo e rilevante zollosità residua in superficie fino alla profondità di 30 cm. Anche in questo caso il sistema di sicurezza è costituito da bulloni tarati (Figura 4b);
- un erpice rotante largo 2,5 m equipaggiato con rullo packer che ha operato, nel caso del primo intervento, l’affinamento del terreno non troppo spinto fino alla profondità di 15 cm (Figura 5) e nel caso del secondo passaggio “straordinario” effettuato prima del trapianto, la rottura della crosta superficiale e l’affinamento del terreno sempre fino alla profondità di 15 cm;
- una trapiantatrice a due elementi, con distributori a tazze per il trapianto del pomodoro su file binate distanti circa 40 cm, equipaggiata con un sistema di deposizione della manichetta per l’irrigazione e di stesura del biotelo (Figura 6);
- una sarchiatrice per il controllo della flora spontanea tra le bine realizzata in azienda e costituita da un telaio su cui sono disposti un sistema di guida e un sedile per l’operatore a bordo e due coppie di 4 ancore elastiche “a balestra” che lavorano a cavallo della bina su metà dello spazio interbina (Figura 7).



Fig.4 – “Subsoiler” a tre ancore diritte dotate di ogiva (a) e coltivatore pesante “chisel” a sette ancore ricurve (b) utilizzati per la lavorazione profonda del terreno nell’itinerario tecnico aziendale.



Fig.5 – Affinamento del terreno ottenuto mediante il passaggio dell’erpice rotante dopo la lavorazione con il “subsoiler” e con il “chisel” nell’itinerario tecnico aziendale.





Fig.6 – Trapianto del pomodoro con contemporanea stesura della manichetta per l'irrigazione e del biotelo nell'itinerario tecnico aziendale.



Fig.7 – Sarchiatrice "artigianale" realizzata in azienda per la lavorazione con controllo meccanico delle infestanti nello spazio tra le bine nell'itinerario tecnico aziendale.

Per quanto riguarda i sistemi che hanno previsto la lavorazione conservativa del terreno è stato utilizzato un coltivatore combinato KUHN Mixer 100 fornito da un agricoltore della zona, largo 2,5 m e costituito da un telaio su cui sono inseriti due ranghi di ancore rigide dotate di utensile "twist" che operano la discissura del terreno con parziale sovrizzo e rimescolamento degli strati. Alle ancore seguono 3 coppie di dischi sovesciatori lisci, regolabili in profondità. Nella parte terminale è presente un rullo a spuntoni per il pareggiamento, la strutturazione profonda del terreno e la regolazione della profondità di lavoro (Figura 8). L'operatrice, che ha operato a una profondità di 20 cm, è stata impiegata sia prima della semina della cover crop che per il suo interrimento dopo la trinciatura.

La semina della cover crop è stata realizzata utilizzando l'erpice rotante associato con una seminatrice meccanica larga 2,5 (Figura 9), mentre dopo la trinciatura e l'interrimento della copertura (Figura 10a, 10b e 10c), è stato necessario, in seguito alla formazione di una spessa crosta superficiale (Figura 11), affinare di nuovo il terreno con l'erpice rotante per rendere possibile l'effettuazione sia della falsa semina con erpice a dischi attivi che del trapianto del pomodoro.



Fig.8 – Coltivatore combinato utilizzato per la lavorazione ridotta del terreno e per l'interramento della cover crop nell'itinerario tecnico innovativo.



Fig.9 – Semina della cover crop con seminatrice meccanica associata a erpice rotante nell'itinerario tecnico innovativo.



a)



b)



c)

Fig.10 – Buono sviluppo della cover crop (a) subito prima della trinciatura (b) e dell'interramento attuato con il coltivatore combinato (c) nell'itinerario tecnico innovativo.

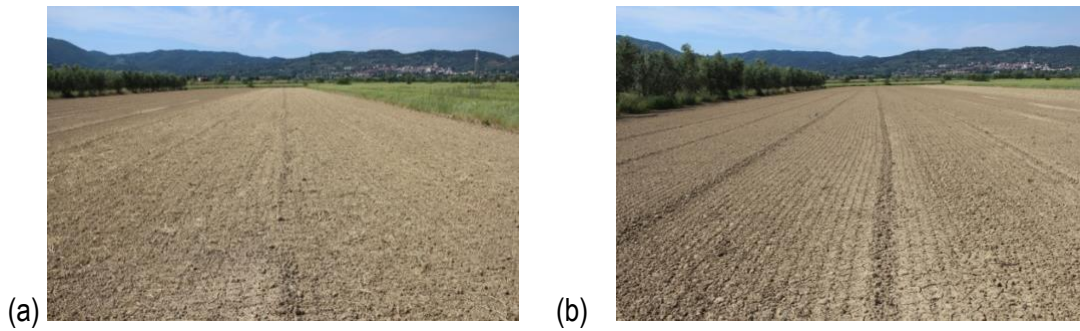


Fig.11 – Rilevante crosta superficiale causata da una precipitazione molto intensa su terreno precedentemente affinato sia nell'itinerario tecnico innovativo (a) che in quello convenzionale (b).

La falsa semina è stata realizzata mediante due passaggi con erpice a dischi attivi distanziati di circa una settimana (Figura 12). Per i dettagli tecnici di questa operatrice si rimanda al report del primo anno di progetto. La velocità di lavoro è stata elevata (pari a  $10 \text{ km h}^{-1}$ ) in modo da determinare un affinamento spinto del terreno e controllare eventuali infestanti in fase di emergenza. Date la tipologia e le condizioni del terreno, già precedentemente ricordate, il controllo preventivo della flora spontanea che con la falsa semina risulta solitamente abbastanza rilevante, in questo caso è stato purtroppo trascurabile.



Fig.12 – (a) Primo intervento di falsa semina con erpice a dischi attivi dopo la rottura della crosta superficiale e l'affinamento del terreno ottenuto mediante un passaggio con erpice rotante nell'itinerario tecnico innovativo; (b) particolare degli organi lavoranti dell'erpice a dischi attivi.

Il trapianto è stato attuato con la stessa macchina agevolatrice a due elementi equipaggiata con distributore a tazze per tutte le tipologie di itinerari tecnici, con la stesura del biotelo in quelle tesi dove previsto (Figura 13). Il cantiere di lavoro per il trapianto su terreno nudo ha previsto la presenza di 4 operatori (1 alla guida del trattore, 2 seduti a bordo dell'operatrice che si occupavano del rifornimento delle tazze con le piantine di pomodoro e 1 che seguiva a piedi, coprendo ogni tanto con il terreno la manichetta per l'irrigazione e sistemando le piante fuori terra o non ricalzate dagli organi lavoranti della trapiantatrice). Nel caso invece del trapianto su biotelo, gli operatori erano complessivamente 8, essendo necessario in questo caso un controllo costante della corretta stesura del film pacciamante e della deposizione e interrimento delle piante, che frequentemente risultavano completamente fuori terra. Questa operazione è risultata pertanto molto più onerosa dal punto di vista dell'impiego di manodopera nel caso del trapianto su biotelo rispetto a quello su terreno nudo.



Fig.13 – Trapianto del pomodoro con contemporanea stesura della manichetta per l'irrigazione nell'itinerario tecnico innovativo.

Per effettuare gli interventi di sarchiatura del secondo anno di prove è stata usata la medesima sarchiatrice già adottata durante il primo anno del progetto (Figure 14, 15 e 16), pertanto si rimanda ai report del primo anno per i dettagli tecnici.

L'allestimento specifico della sarchiatrice adottato durante le prove condotte presso l'azienda Pasquini ha previsto l'uso di tre elementi sarchianti, uno centrale per il controllo delle infestanti nell'intra-bina e due laterali per il controllo delle infestanti nell'inter-bina. L'elemento rigido con utensile zampa d'oca dell'unità sarchiante centrale è stato fatto scorrere al di sotto della manichetta dell'irrigazione durante l'intervento, evitando così di rimuovere e ristendere quest'ultima prima e dopo l'operazione.



Fig.14 - Sarchiatrice di precisione in fase di lavoro durante la prima sarchiatura prevista dall'itinerario tecnico innovativo.



Fig.15 - Particolare degli utensili di cui era equipaggiata la sarchiatrice di precisione durante il secondo intervento effettuato nell'ambito dell'itinerario tecnico innovativo.



Fig.16 - Effetti della seconda sarchiatura di precisione effettuata su terreno nudo nell'ambito dell'itinerario tecnico innovativo.

Per i dettagli relativi all'operatrice per il pirodiserbo a fiamma libera utilizzata durante la sperimentazione del secondo anno di prove on-farm si rimanda ai report del primo anno (Figure 17 e 18). Il pirodiserbo è stato effettuato soltanto nell'itinerario innovativo 2 in combinazione con la sarchiatura di precisione.



Fig.17 - Operatrice per il pirodiserbo a fiamma libera allestita per il trattamento di "side flaming" in fase di lavoro su alcune parcelle in cui è stato adottato l'itinerario tecnico innovativo 2.



Fig.18 - Particolare del bruciatore prismatico dell'operatrice per il pirodiserbo a fiamma libera per il controllo termico selettivo delle infestanti presenti sulle due file che compongono la bina.

Per la gestione della flora infestante è stato previsto infine anche un intervento di scerbatura manuale effettuato sia su terreno nudo che su pacciamatura.

Per le operazioni colturali sopra descritte sono stati utilizzate tre trattrici a ruote di proprietà dell'azienda agricola. Per le operazioni più onerose in termini di richiesta sia di forza di trazione che di potenza come la ripuntatura, la scarificazione, la lavorazione con il coltivatore combinato, l'erpatura rotativa e la semina della cover crop con seminatrice combinata è stato utilizzato un trattore a 4RM della CASE avente 155 kW (210 CV) di potenza massima. Per le operazioni di trinciatura della cover crop e di falsa semina è stato utilizzato un trattore a 4RM della KUBOTA avente potenza nominale pari a 40,44 kW (55 CV). Per le operazioni di sarchiatura, di pirodiserbo, l'effettuazione dei trattamenti fitosanitari e delle concimazioni è stato utilizzato un trattore a 2RM FIAT 70/90 avente potenza massima pari a 51,47 kW (70 CV).

### 2.3. RILIEVI BIOMETRICI SU COVER CROPS

È stato effettuato un campionamento della biomassa del miscuglio delle cover crop e della flora spontanea presente al suo interno in data 7 maggio 2021, in corrispondenza delle operazioni di devitalizzazione della coltura di copertura. Sono stati prelevati tre campioni di biomassa da una superficie di 0,5 m<sup>2</sup> ciascuno (1 x 0,5 m) in modo da coprire in modo rappresentativo l'intero appezzamento, come descritto nel paragrafo successivo. I campioni di biomassa prelevati sono stati portati in laboratorio presso l'UU.OO. 2, dove si è provveduto alla separazione della biomassa totale delle infestanti per specie. I campioni di biomassa sono stati quindi essiccati in stufa a 60°C fino al raggiungimento di un peso costante.

### 2.4 RILIEVI MALERBOLOGICI

#### 2.4.1 Biomassa della coltura di copertura e della vegetazione spontanea al termine del ciclo della coltura di copertura

Il primo rilievo di composizione floristica delle specie spontanee presenti nel campo aziendale è stato effettuato in data 7 maggio 2021, in corrispondenza delle operazioni di trinciatura e dell'interramento della coltura di copertura. In tale occasione sono stati prelevati tre campioni di biomassa da una superficie di 0,5 m<sup>2</sup> ciascuno (1 x 0,5 m) in ognuna delle aree adibite ad ospitare le i diversi itinerari tecnici a confronto. I tre campioni sono stati prelevati, per ognuna delle due tesi, a circa 50, 100 e 150 m dall'ingresso nel campo (lato sud). Nella tesi innovativa, tale rilievo ha permesso di stimare la biomassa prodotta dalla coltura di copertura e la biomassa per specie della vegetazione spontanea presente al momento dell'interramento. Nella tesi aziendale, tale rilievo ha consentito di stimare le specie presenti prima dell'affinamento del suolo, avvenuto il 7 maggio 2021. In entrambe le tesi, i campioni di biomassa sono stati portati in laboratorio, dove si è provveduto alla separazione della biomassa totale delle infestanti per specie. I campioni di biomassa sono stati quindi essiccati in stufa a 60°C fino al raggiungimento di un peso costante.

#### 2.4.2 Densità della vegetazione spontanea nella coltura principale

Il monitoraggio dell'evoluzione della vegetazione spontanea nella coltura principale (pomodoro) è tuttora in corso. Vengono effettuati rilievi di densità (numero di individui per specie) durante lo sviluppo della coltura principale, in modo da monitorare il flusso di germinazione delle specie spontanee e al contempo di verificare l'efficacia del loro controllo nei due sistemi a confronto. Il numero di rilievi segue l'iter degli interventi meccanici realizzati nel sistema innovativo e pertanto potrà variare nel corso della prova in relazione alle scelte operative decise per la gestione della coltura, del terreno e della vegetazione spontanea.

I rilievi di densità vengono effettuati su aree di saggio di 50 x 50 cm, posizionate in modo da contenere una pianta di pomodoro nel centro e il limite al centro della bina. I rilievi sono effettuati in maniera accoppiata per ogni area di saggio, cioè su due piante limitrofe per bina (destra e sinistra), così da monitorare l'intera bina. Per ogni tesi vengono monitorate 12 piante (6 aree di saggio accoppiate), equidistanti tra loro 25 m e localizzate sulla stessa bina per ogni tesi (fig.19).

A seguito della differenziazione del sistema innovativo, i rilievi vengono effettuati su due bine (con e senza l'applicazione del pirodiserbo), mentre sono effettuati su un'unica bina centrale sul sistema aziendale. In totale, per ogni data di campionamento della densità vengono monitorati 18 aree di saggio, per un totale di 36 piante. Queste sono state segnalate con nastro bianco e rosso, in modo da permettere l'effettuazione dei rilievi

successivi esattamente nelle stesse aree di saggio, minimizzando l'errore sperimentale legato all'eterogeneità della distribuzione spaziale della vegetazione spontanea.

Nei mesi di giugno e luglio 2021 sono stati effettuati due rilievi di densità; il primo (il 23/06/2021) in prossimità della prima sarchiatura e il secondo (il 20/07/2021) al fine di verificare l'efficacia delle sarchiature e di attestare il flusso di germinazione della vegetazione spontanea prima della successiva operazione di scerbatura manuale.



Fig.19 – Rilievo di densità con quadrato 50 x 50 cm sulla tesi Innovativa. Si possono notare le due piante accoppiate segnate con nastro bianco e rosso.

## 2.5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La prova sperimentale on farm è tutt'ora in corso, tutte le attività di ricerca previste dal progetto sono state svolte, nonostante le numerose difficoltà causate anche dall'emergenza sanitaria dovuta all'epidemia di COVID-19. Purtroppo la scelta dell'appezzamento è stata "obbligata" e la tipologia del terreno, unitamente all'andamento climatico piuttosto anomalo hanno condizionato negativamente lo svolgimento della ricerca, che comunque sarà portata a termine e permetterà di ottenere risultati significativi sulle performance complessive del pomodoro da industria coltivato in un ambiente piuttosto "difficile" seguendo sia una "filosofia" convenzionale, che un approccio innovativo che coniuga la gestione biologica a quella conservativa.

Come già ricordato precedentemente, tutti i risultati ottenuti nella prova on farm (derivanti dall'elaborazione dei dati tutt'ora in corso) saranno dettagliatamente riportati nel secondo e nel terzo report che saranno inviati al MiPAAF rispettivamente nel mese di gennaio e nel mese di luglio del 2022.

## 3- PROVA ON-STATION: CONFRONTO TRA DIVERSE COLTURE DI COPERTURA E TECNICHE DI IMPIANTO DEL POMODORO DA INDUSTRIA

### 3.1. DESCRIZIONE DEL LAYOUT SPERIMENTALE E DEI TRATTAMENTI

Il secondo anno della prova on-station è stato impostato seguendo il disegno sperimentale adottato durante il primo anno di prove. Presso il Centro di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa, nell'autunno del 2020 hanno avuto luogo le lavorazioni relative al secondo anno di prove.

La sperimentazione ha avuto luogo come lo scorso anno su un terreno franco-sabbioso che è stato lavorato con un coltivatore combinato (del tutto analogo a quello utilizzato nella prova "on-farm") a 10-15 cm di profondità (Novembre 2020) e successivamente affinato e seminato con le diverse colture di copertura un erpice rotante combinato con una seminatrice a righe priva di assolcatori su 24 parcelle da 60 m<sup>2</sup> ciascuna (6 m di larghezza x 10 metri di lunghezza). La prova sperimentale ha previsto come lo scorso anno l'impiego delle seguenti colture di copertura:

- Segale (*Secale cereale* L.) (180 kg seme ha<sup>-1</sup>);
- Trifoglio squaroso (*Trifolium squarrosum* L.) (50 kg seme ha<sup>-1</sup>);

- Miscuglio di segale (90 kg seme ha<sup>-1</sup>) e trifoglio squarroso (25 kg seme ha<sup>-1</sup>);
- Controllo inerbato.

Per dettagli e motivazioni relative alla scelta delle cover crop e delle modalità di gestione adottate si rimanda ai precedenti report inviati al MiPAAF.

Come lo scorso anno sono stati posti a confronti due diversi itinerari tecnici:

- Sistema standard: sovescio delle cover crop previa trinciatura con zappatrice rotativa.



Fig.20 – Trinciatura della cover crop di segale e trifoglio

- Sistema conservativo: gestione delle cover crop come dead mulch a mezzo di un passaggio di roller crimper (Clemens Eco-Roll®) (Fig. 21) seguito da un passaggio di pirodiserbo per accelerare la devitalizzazione (Fig. 23, 24, 25). Il roller crimper è stato modificato in un precedente progetto dal personale del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Agro-ambientali (DiSAAA-a) attraverso l'installazione di un serbatoio per l'acqua da 300 litri al fine di aumentare il peso dell'attrezzo ed ottenere una maggiore efficacia di devitalizzazione.



Fig.21 – Rullatura della cover crop di segale





Fig.22 – Rullatura della cover crop di trifoglio squaroso



Fig.23 – Pirodiserbo della cover crop mista di segale e trifoglio

Per lo schema sperimentale della prova, con le diverse combinazioni tra i trattamenti, si rimanda ai report inviati al MIPAAF durante il primo anno di progetto. Il disegno sperimentale adottato è stato quello del randomized complete block (RCB) a 3 replicazioni.

La devitalizzazione delle cover crop è avvenuta simultaneamente in data 8 giugno 2021. Il trapianto del pomodoro è avvenuto il 9 giugno 2021 usando una trapiantatrice modificata dal DiSAAA-a in un precedente progetto in modo da renderla adatta anche al trapianto su pacciamatura vegetale e terreno non lavorato già dettagliatamente descritta nei precedenti report inviati al MiPAAF. Il trapianto è avvenuto ponendo a dimora il pomodoro da industria (cv. Elba) su 4 file singole a parcella con una densità di 2.2 piante  $m^{-2}$  (0.3 m sulla fila x 1.5 m tra le file), come mostrato in Fig. 24 e 25. Subito dopo il trapianto, è avvenuta la stesura delle manichette per l'irrigazione a goccia del pomodoro e la fertirrigazione.



Fig.24 – Trapianto diretto del pomodoro su dead mulch di trifoglio squaroso



Fig.25 – Trapianto diretto del pomodoro su dead mulch di segale

### 3.2 RILIEVI BIOMETRICI SULLE COVER CROP

In occasione della devitalizzazione delle colture di copertura, è stato effettuato un prelievo di biomassa dalle parcelle sperimentali al fine di caratterizzare la produzione di biomassa e il contenuto in nutrienti di ciascuna specie di cover crop e la biomassa totale della flora infestante.

Il campionamento è avvenuto prelevando 2 aree da 0.5 m<sup>2</sup> a parcella, procedendo quindi alla determinazione del peso fresco totale della biomassa e alla separazione tra ciascuna componente (specie di cover crop e totale delle infestanti). Un'aliquota della biomassa complessiva di ciascuna componente è stata quindi posta in stufa a 60°C fino a peso costante ai fini della determinazione del peso secco. I campioni sono stati quindi macinati con filtro pari a 1 mm e portati in laboratorio chimico per la caratterizzazione chimica della biomassa.

I risultati preliminari dei pesi, ancora da analizzare statisticamente, mostrano come, rispetto allo scorso anno, i valori della biomassa siano risultati decisamente ridotti a causa dell'andamento stagionale avverso in quanto

caratterizzato da una eccessiva piovosità nel periodo autunno-vernino e da una primavera molto siccitosa e contraddistinta da temperature medie molto al di sotto della norma.

### 3.3 RILIEVI FLORISTICI SULLE COVER CROP

Sulle stesse aree campionate per la determinazione della biomassa delle cover crop, è stata altresì determinata la copertura visiva percentuale del terreno di ciascuna specie spontanea.

I rilievi stanno proseguendo sulla coltura di pomodoro in atto e continueranno fino alla raccolta.

### 3.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La prova non ha subito sostanziali ritardi nonostante il proseguire della pandemia e delle conseguenti norme anti-contagio da COVID-19.

I risultati definitivi di tutti i rilievi effettuati, in particolare di quelli biometrici e floristici, saranno resi disponibili nel prossimo report di progetto.

## 4 - PROVA ON-STATION: DISPOSITIVO DI LUNGO TERMINE SMOCA (Smart Management of Organic Conservation Agriculture)

### 4.1. DESCRIZIONE DEL LAYOUT SPERIMENTALE E DEI TRATTAMENTI

Per la descrizione del layout sperimentale e dei trattamenti effettuati nel lungo periodo si rimanda ai precedenti report inviati al MiPAAF.

Per il progetto MEORBICO, è previsto di utilizzare il dispositivo per lo studio di lungo termine degli effetti delle combinazioni testate su diversi aspetti della biodiversità (es. banca semi del suolo, qualità biologica del suolo, lombrichi, ecc.), aspetti che non è possibile analizzare sui dispositivi di breve termine messi in atto sia on-farm che on-station.

I rilievi saranno presumibilmente effettuati nel periodo autunno-vernino del 2021. Gli aspetti metodologici e i risultati saranno riportati in occasione dei prossimi report di progetto.

## 5. PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO SPERIMENTALE DI RULLO A LAME COMBINATO CON RULLO A DISCHI LISCI E LAMA SCALZATRICE PER LA TERMINAZIONE DELLE COLTURE DI COPERTURA

Nell'ambito del progetto MEORBICO è stato sviluppato un prototipo di macchina operatrice progettata per una devitalizzazione ottimale delle cover crops (Figura 26). I rulli a lame comunemente impiegati per la devitalizzazione delle cover crops agiscono solo sulla porzione epigea delle piante, pertanto in alcuni casi si può osservare una ricrescita della vegetazione a partire dalla porzione basale. L'operatrice sviluppata in questo progetto ha la funzione di compiere il taglio dell'apparato radicale della vegetazione presente in loco, impedendo dunque la ricrescita di tali piante. La base di partenza per lo sviluppo del prototipo è stata un rullo a lame Clemens mod. EcoRoll 1500 a cui è stato aggiunto un telaio che sorregge una lama in acciaio ad alta durezza dello spessore di 8 mm con profondità di lavoro regolabile e un rullo dotato di dischi di taglio con un diametro esterno di 385 mm, anch'esso regolabile in altezza (Figura 27).

Il fronte di lavoro di questa operatrice è di 1,5 m, e la velocità di avanzamento si aggira attorno ai 4 km h<sup>-1</sup>. È stata inoltre realizzata una tramoggia per poter zavorrare il prototipo a seconda delle esigenze in modo da poter aumentare, se necessario, l'efficacia della crimpatura operata dal rullo a lame.



Fig.26 – Prototipo di rullo con lama per la devitalizzazione delle colture di copertura.



Fig.27 - Prototipo di rullo con lama per la devitalizzazione delle colture di copertura. Notare la tramoggia creata per zavorrare la macchina.

Dalle prove preliminari effettuate con il prototipo su un terreno coperto da una cover costituita da un miscuglio di orzo e favino è stato possibile verificare l'efficacia del trattamento (Figure 28, 29 e 30).



Fig.28 – Effetto del prototipo di rullo con lama dopo pochi minuti dall'intervento. Notare i primi segni di appassimento della vegetazione.



Fig.29 – Particolare del taglio del fittone radicale ad opera del prototipo di rullo con lama per la devitalizzazione delle colture di copertura.



Fig.30 – Effetto del trattamento con il prototipo di rullo con lama 5 giorni dopo l'intervento. Notare il disseccamento della totalità della vegetazione presente sul fronte di lavoro.

Il prototipo sarà oggetto di sperimentazioni specifiche che avverranno sia nel periodo autunno-vernino del 2021 che in quello primaverile del 2022, sia su coperture spontanee, sia su colture di copertura di diversa tipologia. Questi esperimenti saranno descritti dettagliatamente, e i risultati ottenuti saranno riportati dopo essere stati elaborati nei prossimi report di progetto.

## DISSEMINAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI ED EVENTI DIVULGATIVI

Il piano di disseminazione predisposto è stato purtroppo anche quest'anno fortemente condizionato dal persistere della pandemia da COVID-19 e delle relative misure restrittive che hanno vietato gli eventi in presenza (convegni, seminari, field days, etc.).

Comunque è stato possibile organizzare un webinar (che ha avuto luogo in modalità a distanza sulla piattaforma teams il 23 aprile 2021) in cui è stato presentato il progetto e sono stati illustrati i risultati ottenuti nel primo anno. L'evento (di cui si riporta il flyer) ha previsto anche interventi programmati nei quali sono stati affrontate anche le tematiche relative alla nuova PAC, al "green deal" e alla strategia "farm to fork" e ha riscosso un ottimo successo sia in termine di numero di partecipanti (che sono stati più di 100), che di manifestazioni di interesse e di endorsement da parte sia dei ricercatori che dei tecnici e degli agricoltori che hanno seguito il webinar. In ogni caso si riporta anche il link per accedere alla registrazione dell'evento che si trova sul canale youtube del DiSAAA-a (<https://www.youtube.com/watch?v=3qALHwF1VNM>).



E' auspicabile che sia possibile organizzare eventi in presenza che potrebbero avere luogo a partire dall'autunno 2021. Qualora ciò non fosse attuabile, saranno organizzati altri webinar.

Inoltre, saranno realizzati filmati e manuali relativi alla gestione biologica e conservativa del pomodoro destinati a ricercatori, tecnici e ovviamente anche agli agricoltori. Tutto ciò avverrà dopo aver elaborato i risultati del secondo anno di sperimentazione e quindi nel periodo compreso tra gennaio e luglio 2022, in considerazione

del fatto che le attività previste per la realizzazione del progetto sono state prorogate di 6 mesi proprio a causa delle problematiche relative all'insorgenza e alla persistenza della pandemia e alle misure restrittive adottate a livello sia nazionale che locale.

Pisa, 27 luglio 2021

Il Coordinatore Nazionale del Progetto

Prof. Andrea Peruzzi

Firmato digitalmente