

*Progetto Integrato di Filiera (PIF)  
"Filiera frumento Verna (FiVe)"*

**Sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione"**

**Progetto  
"Grani antichi nuove tecniche di coltivazione (GRAnt)"**

**Relazione finale**

**Soggetti partner del progetto:**

- Consorzio Agrario di Siena società cooperativa (capofila)
- Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli soc. semplice
- Podere Belvedere di Del Sere Federica
- Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Scienze delle Produzioni Scienze delle Produzioni Agro-alimentari e dell'Ambiente- Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio,
- Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna - Istituto di Scienze della Vita - Laboratorio Land Lab - Agricoltura, Ambiente e Territorio
- Fondazione per il Clima e la Sostenibilità

## 1. FINALITA' DEL PROGETTO

Finalità del progetto “Grani antichi nuove tecniche di coltivazione (GRAnt)” è stata quella individuare e caratterizzare alcune varietà di frumento, impiegate in passato negli areali toscani, e di individuarne la metodologia di gestione agronomica più idonea in differenti areali pedoclimatici per l'avvio di filiere dedicate sul modello del grano Verna.

Le attività del progetto sono state perciò finalizzate alla ottimizzazione di nuove tecniche di coltivazione del Verna e di altre tipologie di grani antichi ed alla messa a punto protocolli agronomici e tecnologie di trasformazione innovative, con l'obiettivo di facilitare e di consolidare il trasferimento tecnologico alle aziende della filiera delle procedure produttive del grano Verna e nel processo di panificazione e di estenderle ad altri grani antichi.

Il progetto sarà in grado di fornire i presupposti per attuare, mediante il trasferimento di un modello di produzione sostenibile ed innovativo, ricadute positive, simili a quelle del Verna, sulle aziende agricole del territorio.

## 2. PARTENARIATO: RUOLI E ATTIVITA' SVOLTE

ID	Denominazione	Ruolo	Attività svolte
1	Consorzio Agrario di Siena società cooperativa	CAPOFILA	Gestione della rete di cooperazione ed acquisizione delle competenze per la gestione del processo, divulgazione e trasferimento dell'innovazione
2	Soc Agr. Chiarion Giuseppe e Figli s.s.	PARTNER DIRETTO	Allestimento e gestione di parcelle sperimentali ed acquisizione competenze per la gestione agronomica di varietà antiche
3	Podere Belvedere di Del Sere Federica	PARTNER DIRETTO	Allestimento e gestione di parcelle sperimentali ed acquisizione competenze per la gestione agronomica di varietà antiche
4	Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Scienze delle Produzioni Scienze delle Produzioni Agro-alimentari e dell'Ambiente- Sezione Scienze Agronomiche e	PARTNER DIRETTO	Analisi varietale, caratterizzazione pedoclimatica a valutazione dell'interazione pianta ambiente per la gestione agronomica

	Gestione del Territorio,		
5	Scuola Superiore Sant'Anna - Istituto di Scienze della Vita - Laboratorio Land Lab - Agricoltura, Ambiente e Territorio	PARTNER DIRETTO	Valutazione di varietà antiche coltivate negli ambienti costieri della Toscana
6	Fondazione Clima e Sostenibilità	PARTNER DIRETTO	Valutazione ambientale del nuovo modello produttivo proposto

### 3. DESCRIZIONE FAISI PROGETTUALI

Di seguito si riporta la descrizione delle attività svolte e dei risultati conseguiti in relazione a ciascuna fase del progetto:

#### 1. Costituzione ATS definizione e gestione della rete di cooperazione del partenariato

Partner attuatore: Consorzio Agrario di Siena

Il Consorzio Agrario di Siena, in qualità di capofila dell'ATS del progetto "Grani antichi nuove tecniche di coltivazione (GRAnt)", si è occupato della gestione della rete di cooperazione e all'espletamento di tutti gli adempimenti richiesti per il buon esito finale del progetto.

Il Consorzio Agrario di Siena ha coordinato le attività svolte, presenziando agli incontri, facendosi carico delle necessità di ciascuno dei partner e raccogliendo informazioni e materiale utile alla buona riuscita del progetto.

Le attività svolte nell'ambito della presente azione hanno riguardato:

- Coordinamento ed espletamento degli adempimenti preliminari alla costituzione dell'ATS;
- Predisposizione del Protocollo agronomico di dettaglio e verifica della sua applicazione da parte delle aziende agricole coinvolte;
- Assistenza in campo alle aziende agricole coinvolte;
- Definizione e pianificazione della produzione;
- Verifica dell'attuazione dei singoli interventi;
- Monitoraggio del perseguimento degli obiettivi del Progetto.

Il Consorzio si è avvalso della consulenza di Advance Consulting S.r.l., società di servizi specializzata nella gestione e rendicontazione di progetti complessi, per lo svolgimento delle attività attinenti alla gestione organizzativa e agli adempimenti amministrativi del progetto GRANT. Nello specifico sono state svolte le seguenti attività:

- Gestione dei rapporti tra i partner dell'ATS;

- Gestione dei rapporti con gli Enti istituzionali nel corso della realizzazione del progetto;
- Supporto tecnico per la predisposizione e l'inoltro delle domande di aiuto;
- Organizzazione e animazione delle riunioni di coordinamento a cadenza periodica;
- Gestione della comunicazione all'interno della rete di cooperazione e condivisione delle informazioni relative al progetto;
- Predisposizione della relazione di monitoraggio sullo stato di avanzamento delle attività del progetto;
- Raccolta della documentazione tecnica e predisposizione della relazione di progetto;
- Assistenza e supporto tecnico in fase di rendicontazione finale dei costi del progetto;
- Supporto tecnico per la predisposizione e l'inoltro delle domande di pagamento.

Di seguito un breve elenco dei principali incontri di coordinamento, che si sono tenuti tutti presso la sede del Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA) - Università degli studi di Firenze, Piazzale delle Cascine, 18, Firenze.

Incontri preparatori ATS e presentazione domande di completamento:

Firenze, 21.04.2016

Firenze, 09.05.2016

In data 1 luglio 2016 è stato stipulato l'Atto Costitutivo dell'Associazione Temporanea di Scopo (ATS) dinanzi al Notaio dr. Massimo Pagano di Siena.

Incontri dopo avvio progetto:

Firenze, 14.09.2016

Firenze, 18.04.2017

Firenze, 11.10.2017

Firenze, 21.05.2018

Firenze, 24.07.2018

In alcuni casi, qualora impossibilitati a raggiungere la sede dell'incontro, i partner si sono resi partecipi dei lavori a mezzo tele/videoconferenza.

Il follow-up degli incontri ha previsto lo scambio di note/appunti/report quali linee guida per il proseguimento delle attività di progetto.

Nell'ambito della presente azione progettuale, con il supporto del dott. Massimiliano Jovane, è stato inoltre impostato, realizzato ed implementato un sistema di gestione della rintracciabilità di filiera secondo lo standard secondo lo standard ISO 22005: 2008 per l'attività di produzione e commercializzazione di farina di grano Verna con marchio del Consorzio Agrario.

Il 20 aprile 2018, il Consorzio Agrario di Siena ha superato con successo l'audit di certificazione del sistema di rintracciabilità della Filiera del Grano Verna secondo lo standard ISO 22005.

Il Sistema-Filiera certificato ha definito principi, metodologie e strumenti al fine di rispondere a precise esigenze di trasparenza e di sicurezza verso i consumatori, e di perseguire, nel contempo, le finalità della filiera in ottica di sostenibilità economica, ambientale e sociale. Il sistema ha permesso di consolidare il ruolo del Consorzio Agrario e i suoi rapporti con il contesto produttivo agricolo e con l'industria della trasformazione e di ampliare le prospettive commerciali per i soggetti che hanno aderito alla filiera e per i soggetti destinatari del prodotto (altre imprese di trasformazione e consumatori finali) del prodotto certificato.

Si fornisce di seguito una tabella in cui sono sintetizzate le caratteristiche della Filiera:

Prodotto:	grano da macina, farina (prima trasformazione, seconda trasformazione) da grano tenero di varietà Verna
Obiettivi:	garantire l'origine del prodotto e facilitare la verifica di determinate informazioni inerenti la coltivazione
Profondità:	dalla coltivazione del seme nucleo alla distribuzione della macina con esso realizzata: selezione, coltivazione, raccolta, trasporto, analisi, stoccaggio, macinazione, consegna alla distribuzione
Estensione:	grano, seme
Elementi del sistema:	nucleo certificato, coltivatori, lotti dei prodotti, schede agronomiche (quaderni di campagna), registrazioni di produzione (trasformazione in macina) quantitativi di prodotto, documenti di trasporto
UMR - unità minima di rintracciabilità	è rappresentata dall'unità minima di seme nucleo: UMR = 1 Kg

Il progetto ha coinvolto tutte le aziende produttrici della filiera, 2 molini, 2 centri di raccolta e i Servizi Tecnici del Consorzio Agrario di Siena.

Gli elementi caratterizzanti del percorso intrapreso hanno teso a:

- descrivere il sistema filiera e formalizzare le regole che la caratterizzano
- definire la storia e l'origine del prodotto
- identificare le responsabilità di ciascun operatore della filiera
- strutturare il controllo delle informazioni che accompagnano il prodotto
- comunicare informazioni corrette ed esaustive alle parti interessate
- facilitare eventuali ritiri o richiami dei prodotti commercializzati
- supportare l'adempimento degli obblighi imposti dalla normativa
- supportare le valutazioni sulle performance della filiera.

In particolare, attraverso il sistema, il Consorzio Agrario di Siena:

- definisce l'insieme dei criteri di rintracciabilità del proprio prodotto lungo tutta la filiera, inclusi quelli inerenti il rispetto della normativa applicabile,
- effettua un'analisi dei processi attivati,
- valuta i rischi collegati alle attività,
- qualifica le organizzazioni coinvolte nella filiera
- definisce e attua un sistema di monitoraggio e di verifica delle organizzazioni aderenti,
- promuove attività di informazione e formazione per le parti interessate,
- gestisce un bilancio di massa della filiera tenendo conto delle rese di coltivazione e delle rese produttive,
- pianifica e verifica l'efficacia del proprio sistema attraverso attività di audit,
- provvede alla risoluzione delle non conformità rilevate,
- promuove azioni di miglioramento,
- valuta le performance del sistema,
- effettua un'attività annuale di riesame del sistema.

La documentazione del Sistema, che rappresenta il cardine dello stesso, è stata strutturata come illustrato di seguito e comprende, conformemente allo standard UNI EN ISO 22005: 2008, i seguenti elaborati:

- Politica di Filiera: emessa dalla direzione del Consorzio e sottoscritta da tutti gli operatori coinvolti, definisce obiettivi ed indirizzi generali per la qualità e la rintracciabilità dei prodotti,

in linea con lo standard di riferimento, nel rispetto delle esigenze dei clienti, in conformità alla normativa sulla sicurezza alimentare ed a principi generali di sostenibilità, identificando la storia del prodotto e le responsabilità della filiera;

- Manuale del Sistema di gestione: è il documento principale del Sistema che descrive in termini generali il Sistema di Gestione della filiera, la normativa di riferimento, le sequenze operative attraverso le quali si sviluppa l'attività della filiera, il sistema di tracciabilità (Piano di Tracciabilità), le attività di supporto al sistema quali la formazione, le verifiche ispettive, la valutazione delle performance, l'attività di riesame del sistema; esso comprende le principali responsabilità ed interfacce e le modalità di gestione delle attività aventi influenza sulla qualità e la sicurezza del prodotto; il Manuale rappresenta il costante riferimento per l'applicazione e l'aggiornamento del Sistema di Gestione della Filiera e costituisce il documento che offre visibilità al mondo esterno del "modus operandi" dell'organizzazione;
- Procedure e Istruzioni: sono documenti di tipo operativo a carattere intrafunzionale e/o interfunzionale, che descrivono responsabilità, condizioni e modalità di esecuzione di attività organizzative, di processo e di controllo; quando ritenuto necessario, in relazione alla criticità delle operazioni oggetto delle istruzioni, sono predisposti appositi documenti che specificano fase per fase lo svolgimento dei processi lavorativi;
- Documenti di registrazione: sono i documenti utilizzati per la registrazione dei risultati delle attività organizzative, di processo o di controllo svolte nell'ambito della gestione del sistema.

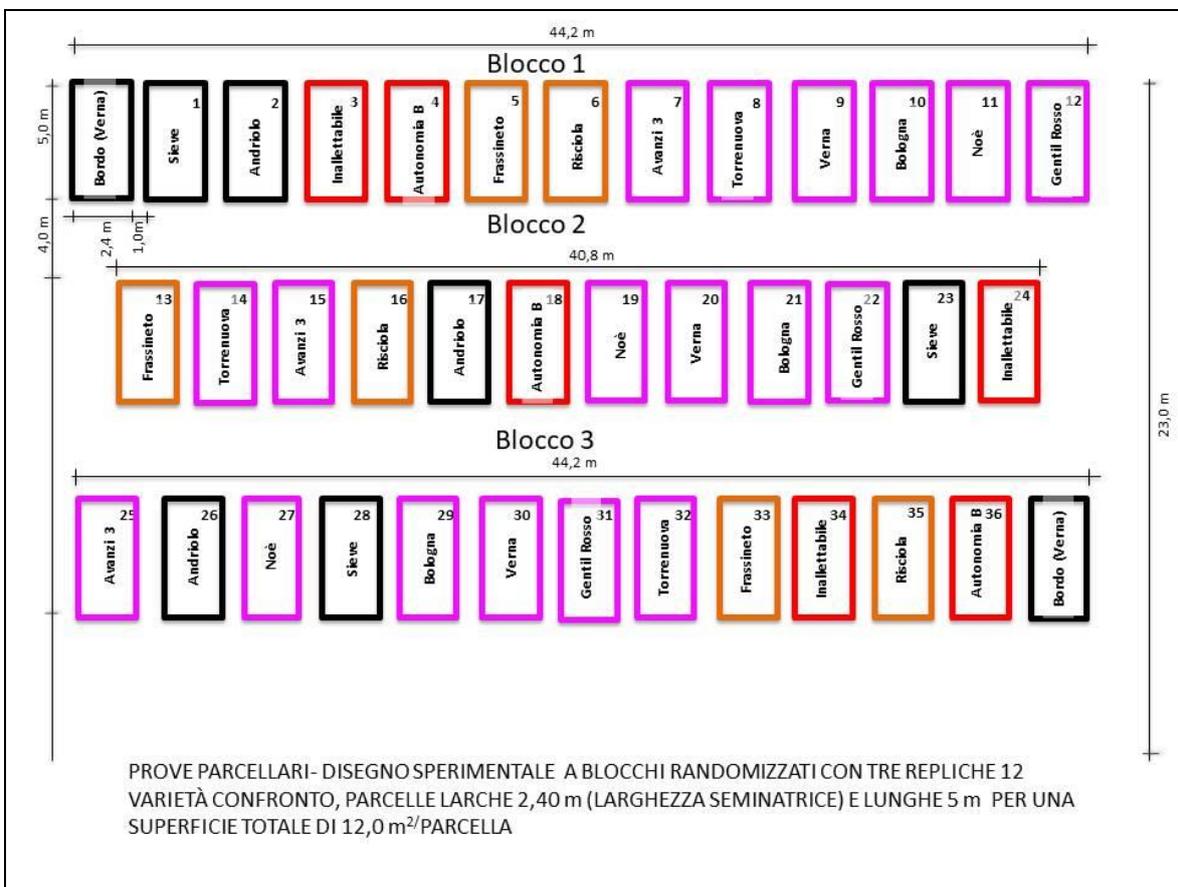
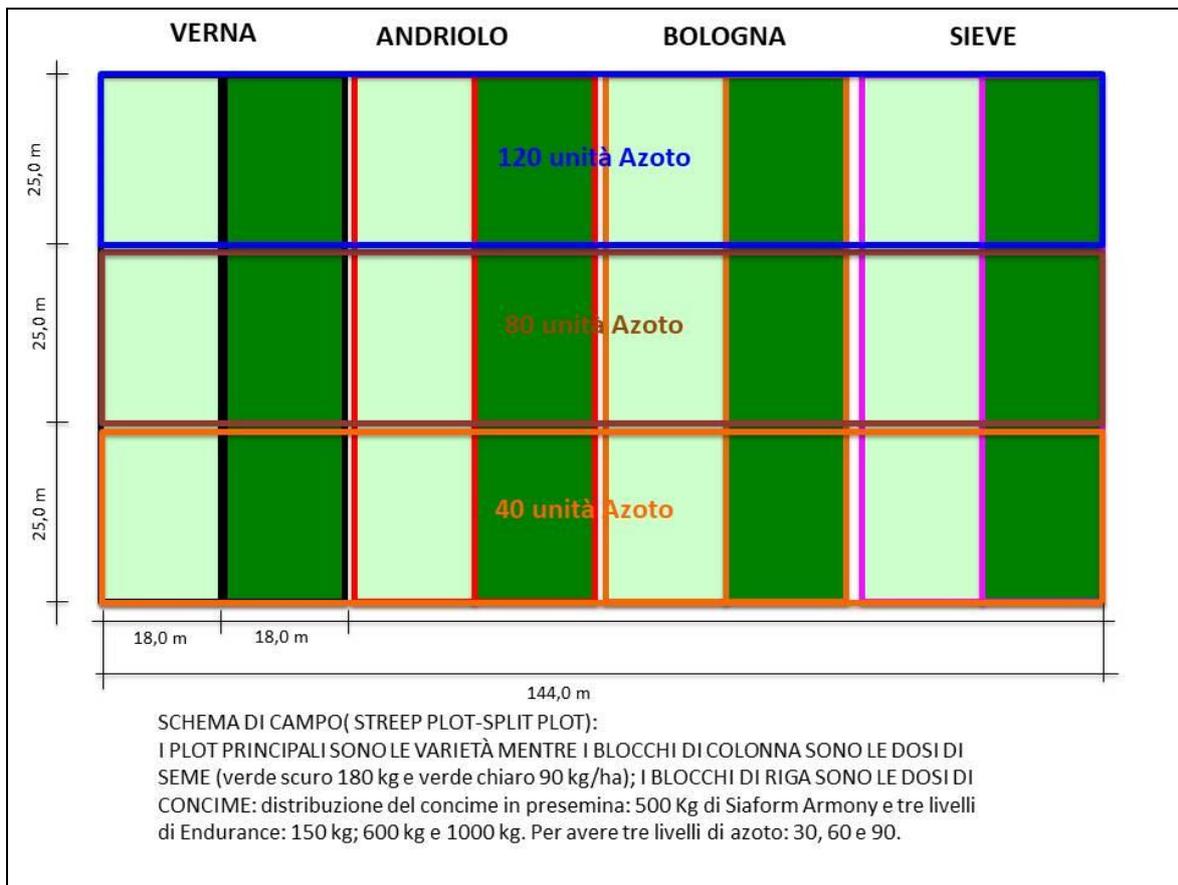
## **2. Individuazione delle varietà e organizzazione delle prove**

Partner attuatore: DISPAA - Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio - Università di Firenze

Le varietà di frumento tenero individuate ed utilizzate per le prove sperimentali sono in tutto 12 (Verna, Andriolo, Sieve, Frassineto, Inallettibile, Autonomia B, Risciola, Torrenova, Avanzi 3, Noè, Gentil Rosso, Bologna). Lo scopo principale delle prove è stato quello di valutare le caratteristiche produttive della varietà antica Verna confrontandola con altre varietà antiche, iscritte e non al registro regionale, e con una moderna, il Bologna. Le prove di valutazione sono state portate avanti in quattro aziende, due Bio e due convenzionali, dislocate in quattro province diverse, in modo da rappresentare ambienti pedoclimatici diversi del territorio Toscano. In due aziende, Del Sere (biologica) e Chiarion (convenzionale) sono state impostate prove su superfici parcellari di circa mezzo ettaro confrontando la varietà Verna con Sieve, Andriolo e Bologna. Per ogni varietà sono state testate 3 diverse fertilizzazioni (40,80,120 unità di azoto/ha) e due diverse densità di semina (180 kg e 90 kg) come riportato nel disegno sperimentale sotto. Le prove colturali sono state fatte su terreni in successione ad una coltura miglioratrice/rinnovo. Nelle altre due aziende, una Bio e una convenzionale, sono invece state impostate prove parcellari ripetute confrontando tutte e 12 le varietà individuate. E 'stato adottato un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con tre repliche per ogni varietà confrontata.

Tali prove sono state replicate anche per il secondo anno del progetto individuando aree diverse all'interno delle stesse aziende e mantenendo gli schemi sperimentali stabiliti.

Con queste prove è stato possibile raccogliere dati per valutare le caratteristiche varietali e la loro capacità adattativa e l'interazione con l'ambiente.



### 3. Allestimento e gestione dei campi sperimentali

Partner attuatore: Soc Agr. Chiarion Giuseppe e Figli s.s.

La Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s. ha messo a disposizione circa 3,5 ha di superficie (Figura 1) in località Casello, a Monteroni d'Arbia (SI), per la realizzazione del campo prova secondo il disegno sperimentale individuato dal partner UNIFI-DISPAA.

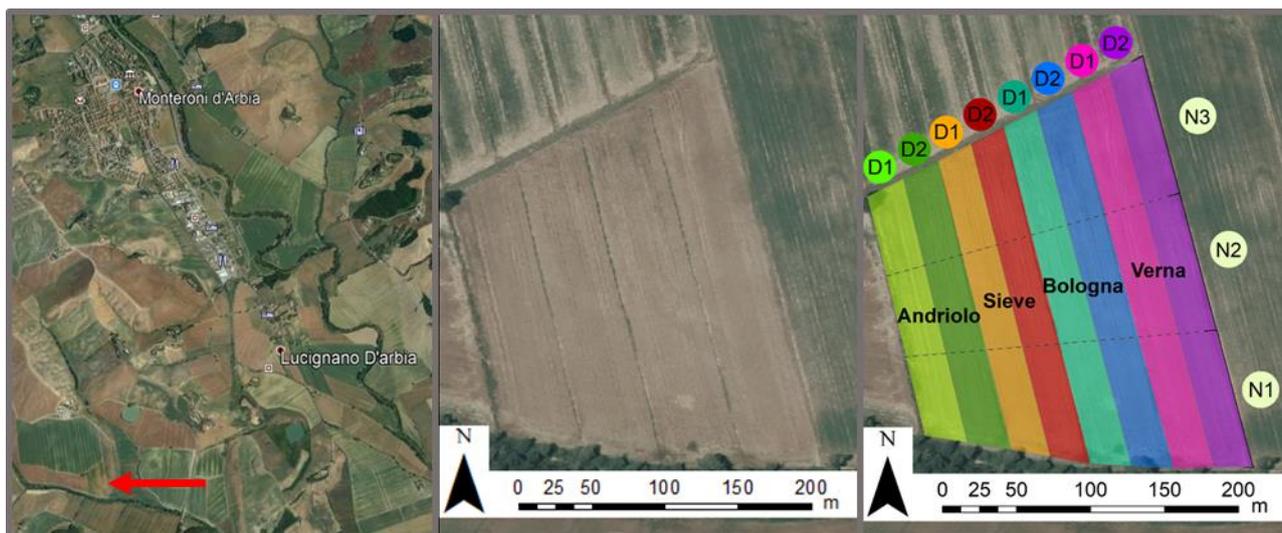


Figura 1: A sinistra - localizzazione del campo prova della Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s. rispetto a Monteroni d'Arbia; Nel centro- il terreno messo a disposizione suddiviso in 4 campi da fosse. A destra - Schema del campo prova realizzato con indicazione delle 4 varietà di frumento seminate (Andriolo, Sieve, Bologna, Verna) per le due densità di semina (D1 = 90 e D2 = 180 kg di seme ha<sup>-1</sup>) per i tre livelli di azoto (N1 = 35, N2 = 80 e N3 = 135 kg di N ha<sup>-1</sup>)

Nel campo prova si è svolto il confronto tra 4 varietà di frumento (Andriolo, Bologna, Sieve e Verna) con due differenti densità di semina (D1 = 90 e D2 = 180 kg di seme ha<sup>-1</sup>) per tre livelli di azoto (N1 = 35, N2 = 80 e N3 = 135 kg di N ha<sup>-1</sup>). Inoltre, in fase di botticella, è stato introdotto un ulteriore trattamento con distribuzione di zolfo bagnabile fogliare (25 kg ha<sup>-1</sup>). In totale si è trattato di gestire 48 parcelle secondo lo schema strip-strip-plot messo a punto dal partner DISPAA-UNIFI. Le prove sono state effettuate su due cicli vegeto-produttivi.

La Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s. si è occupata della realizzazione materiale delle parcelle e della loro successiva gestione agronomica. Nello specifico, ha svolto le operazioni di aratura, preparazione del letto di semina e semina delle varietà scelte per la sperimentazione (Figura 2). Durante lo sviluppo della coltura si è occupata della gestione del campo prova con interventi colturali di fertilizzazione, trattamenti fitosanitari, trattamenti erbicidi e concimazioni. Queste attività sono state pianificate sulla base della complessità delle operazioni eseguite a livello parcellare e dovranno essere annotate e comunicate sia preventivamente che successivamente

all'esecuzione, riportando i dettagli delle operazioni (data, tipo di operazione, quantità e tipo di fertilizzanti e/o erbicidi, fitosanitari, etc.).

L'azienda ha inoltre contribuito a verificare l'applicabilità delle tecniche di agricoltura di precisione che nell'ambito del progetto sono state testate dal partner CAPSI (azione 12) per garantire la tracciabilità dei prodotti.

#### 4. Allestimento e gestione dei campi sperimentali

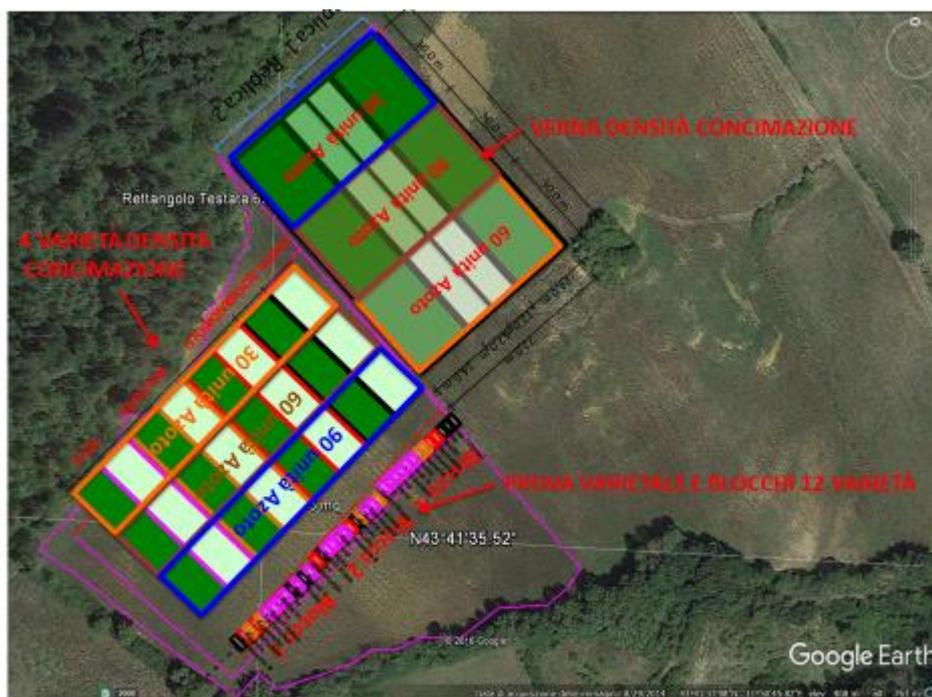
Partner attuatore: Podere Belvedere di Del Sere Federica

Nel campo prova è stato svolto il confronto tra 6 varietà di frumento (Gentil rosso, Andriolo, Bologna, Sieve e Verna) con due differenti densità di semina ( $D1 = 90$  e  $D2 = 180$  kg di seme  $ha^{-1}$ ) per tre livelli di azoto ( $N1 = 30$ ,  $N2 = 60$  e  $N3 = 90$  kg di N  $ha^{-1}$ ). Parallelamente è stata allestita un'ulteriore prova di confronto varietale, secondo uno schema con blocchi randomizzati con tre repliche di 12 varietà.

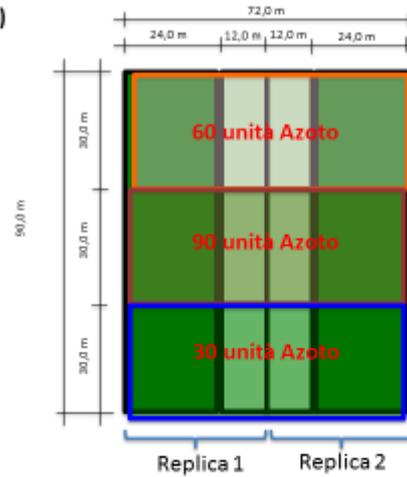
Le prove sono state effettuate su due cicli vegeto-produttivi.

La Società Agricola DEL SERE si è occupata della realizzazione materiale delle parcelle e della loro successiva gestione agronomica. Nello specifico, ha svolto le operazioni di aratura e successive operazioni di preparazione del letto di semina e semina delle varietà scelte per la sperimentazione.

Di seguito l'organizzazione spaziale delle diverse prove messe in campo nell'azienda DEL SERE.

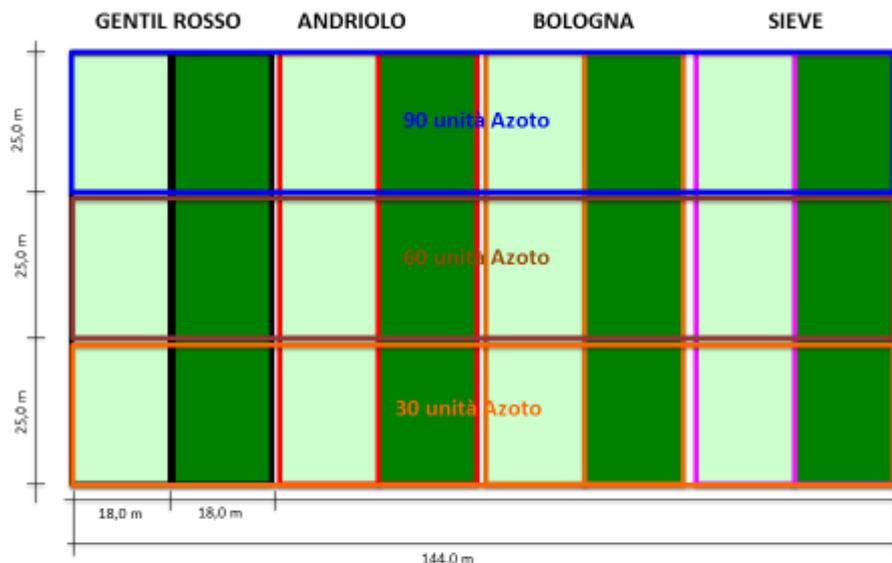


**VERNA (campo 1)**



Azienda DEL SERE - Campo VERNA

SCHEMA DI CAMPO STREEP PLOT-SPLIT PLOT: I PLOT PRINCIPALI SONO LE Densità di semina ( BLOCCHI DI COLONNA SONO LE DOSI DI SEME PER HA [90 e 180 kg/ha con due repliche: verde scuro dose 180 e verde chiaro dose 90] E I BLOCCHI DI RIGA SONO LE DOSI DI CONCIME: distribuzione del concime in presemina: 500 Kg di Siaform Armony e tre livelli di Endurance: 150 kg; 600 kg e 1000 kg. Per avere tre livelli di azoto: 30, 60 e 90.



Azienda DEL SERE – Densità e concimazione - 4 Varietà

SCHEMA DI CAMPO STREEP PLOT-SPLIT PLOT: I PLOT PRINCIPALI SONO LE VARIETÀ MENTRE I BLOCCHI DI COLONNA SONO LE DOSI DI SEME (verde scuro 180 kg e verde chiaro 90 kg/ha); I BLOCCHI DI RIGA SONO LE DOSI DI CONCIME: distribuzione del concime in presemina: 500 Kg di Siaform Armony e tre livelli di Endurance: 150 kg; 600 kg e 1000 kg. Per avere tre livelli di azoto: 30, 60 e 90.



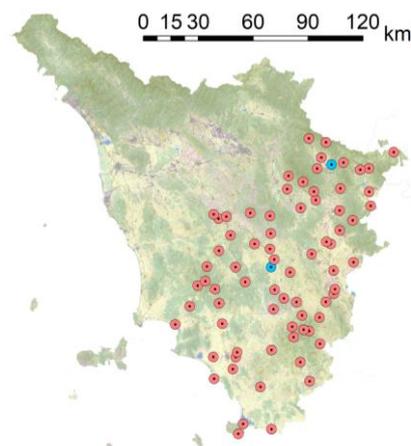
Sono stati eseguiti, quasi settimanalmente, dei sopralluoghi nei campi sperimentali dove sono state allestite le prove varietali. Mediante l'effettuazione dei sopralluoghi si è potuto seguire puntualmente l'evoluzione fenologica delle varietà in prova; inoltre sono state valute le relative influenze tra condizioni agro-ambientale e quella data fenofase. Sul materiale raccolto nelle diverse aree di saggio distinta per dose di seme e per dose di azoto, raccolta che ha previsto l'asportazione totale della massa vegetativa di una superficie di 75x75 cm, si è proceduto con le misure bio-morfometriche, sulle piante prelevate all'interno delle diverse aree di saggio. I dati relativi a queste misure, in accordo con il piano sperimentale, sono oggetto di analisi statistica.

## 5. Caratterizzazione pedoclimatica dell'areale di coltivazione

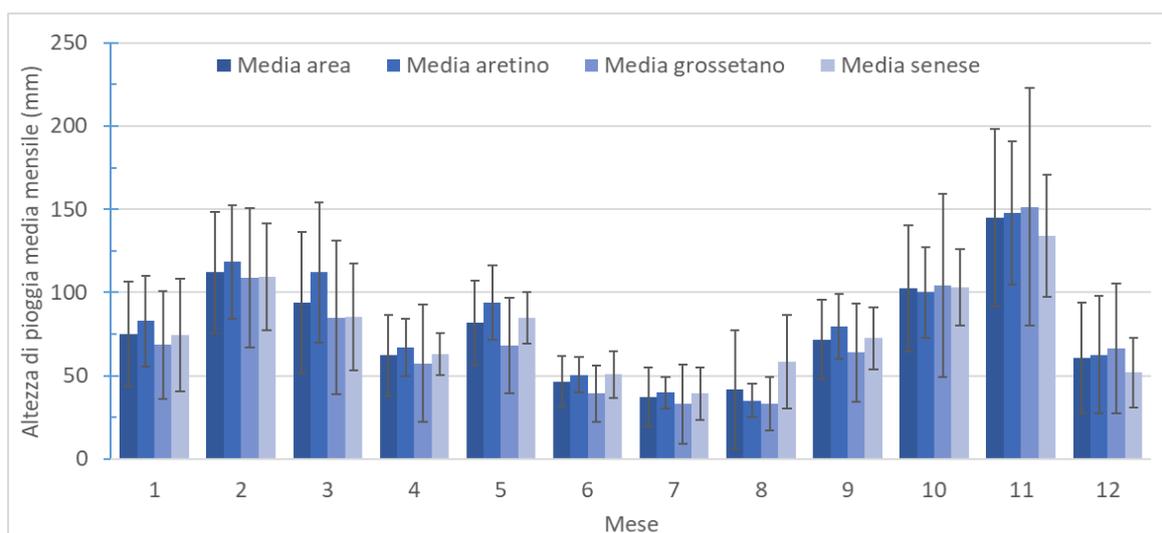
Partner attuatore: DISPAA - Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio - Università di Firenze

Inizialmente sono state acquisite le variabili meteo-climatiche e pedologiche necessarie per l'analisi della variabilità spaziale da correlare con il comportamento vegeto produttivo dei grani testati.

In particolare, sono stati acquisiti i dati meteo di 73 stazioni agrometeorologiche (Figura 5.1), gestite dal Servizio Idrologico Regionale e ricadenti nei territori delle province di Arezzo, Grosseto e Siena; le variabili agrometeorologiche considerate (Temperatura media giornaliera e Altezza di pioggia giornaliera), sono state analizzate localmente (Figura 5.2), e quindi distribuite secondo il metodo di interpolazione di tipo deterministico Regularized Spline with Tension che ha fornito risultati attendibili sul territorio regionale Toscano (Grifoni et al. 2011, Napoli et al. ,2014, Napoli et al., 2017). Partendo da una serie di dati puntuali sparsi sul territorio, questo metodo consente di calcolare i dati



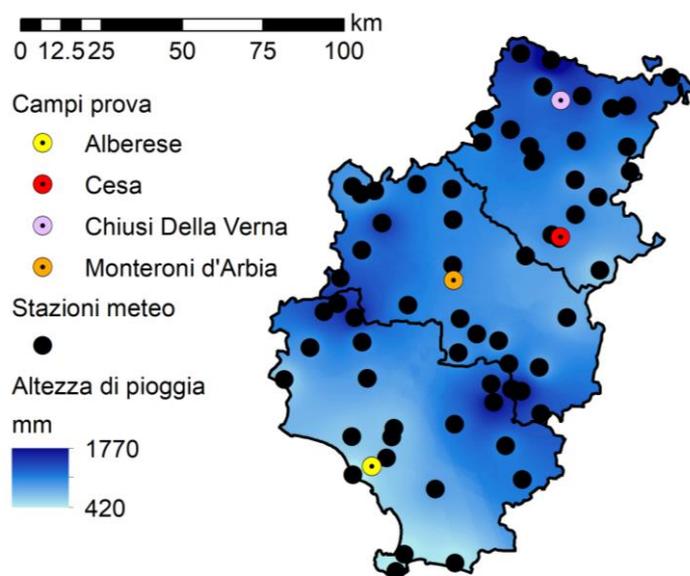
**Figura 5.1:** Distribuzione delle stazioni agrometeorologiche acquisite ai fini della valutazione dell'impatto della variabilità spaziale delle variabili meteo-climatiche sulle caratteristiche vegeto produttive delle varietà di frumento indagate. In blu le stazioni posizionate presso le due aziende partecipanti alla misura 16.2.



**Figura 5.2:** altezza di pioggia media mensile (2001-2017) per l'area comprendente le tre province di Arezzo, Grosseto e Siena e per singola provincia.

mancanti sulla base di una legge di corrispondenza radiale (Mitasova e Hofierka, 1993; Mitasova, Mitas e Brown, 1995; Talmi e Gilat, 1977). L'interpolatore Spline suddivide l'intervallo di definizione, nel nostro caso l'area di studio, in più sotto intervalli (aree), per ciascuno dei quali viene scelto un polinomio di grado  $x$ . Il metodo di interpolazione Spline impone che due polinomi consecutivi siano continui e che quindi si leghino senza bruschi salti di valore (Figura 5.3).

Parallelamente, per quanto riguarda l'acquisizione dei dati meteorologici, sono stati analizzati i dati provenienti da stazioni meteorologiche (temperatura dell'aria, umidità relativa, precipitazioni, bagnatura fogliare, radiazione solare, velocità del vento), che sono state installate presso le due aziende partecipanti alla misura 16.2.

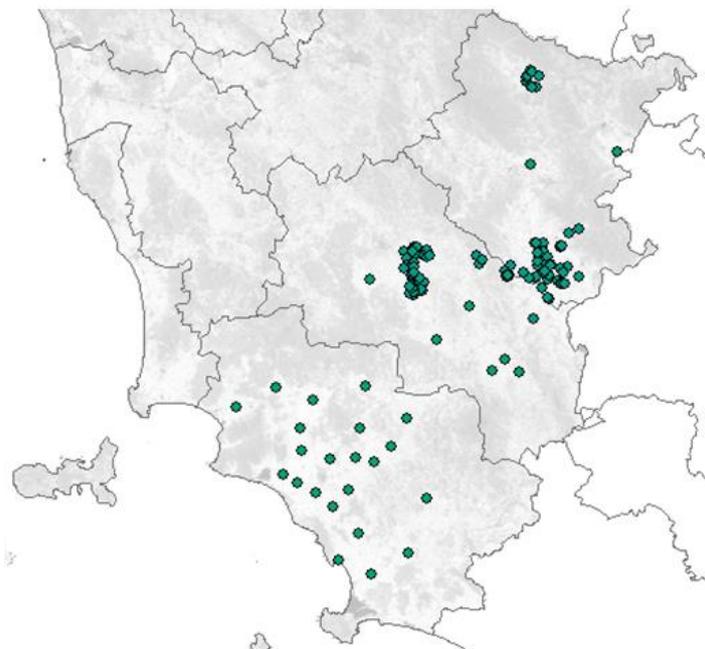


**Figura 5.3: altezza di pioggia media annuale (2001-2017) distribuita sull'area comprendente le tre province di Arezzo, Grosseto e Siena.**

È stata preliminarmente condotta una valutazione della cartografia tematica di riferimento, al fine di individuare le unità di pedo-cartografiche dell'areale di coltivazione. Per aumentare il dettaglio dell'informazione pedologica, le unità pedo-cartografiche individuate nell'area, abbiamo iniziato a sottoporre le stesse a campionamento del suolo. Per la caratterizzazione dettagliata dei suoli presenti nelle aree coltivate a verna e frumenti antichi, si è provveduto al campionamento nell'orizzonte di suolo esplorato dall'apparato radicale della coltura, su 148 appezzamenti distribuiti nell'areale di coltivazione (Figura 5.4).

In particolare, sui campioni di suolo opportunamente trattati (asciugatura, vagliatura a 2 mm e 0,2 mm), sono state determinate le seguenti caratteristiche: granulometria (argilla, limo, sabbia); carbonio organico; azoto totale; rapporto C/N; fosforo assimilabile; pH; capacità di scambio cationico (CSC); Saturazione Basica (S.B.); Contenuto di Calcio, Magnesio, Potassio, Sodio; calcare

totale; conducibilità Elettrica (C.E.). La raccolta del campione in campo e le successive analisi chimico-fisiche svolte in laboratorio, sono state effettuate utilizzando le procedure standard indicate in gazzetta ufficiale (MIPA 1997 e 1999).



**Figura 5.4: Localizzazione degli appezzamenti di terreno (148 siti) su cui sono state realizzate le indagini pedologiche finalizzate alla valutazione dell'impatto della variabilità spaziale delle variabili pedologiche sulle caratteristiche vegeto produttive delle varietà di frumento indagate.**

I dati di suolo rilevati sono stati quindi implementati sulla carta dei suoli regionale al fine di spazializzare l'informazione rilevata in campo sul territorio delle tre province in esame, di cui si riporta nella presente relazione le carte relative alla distribuzione delle classi tessiturali e della valutazione agronomica della sostanza organica (Figura 5.5), e derivare la carta di vocazionalità dei suoli (Figura 5.6).

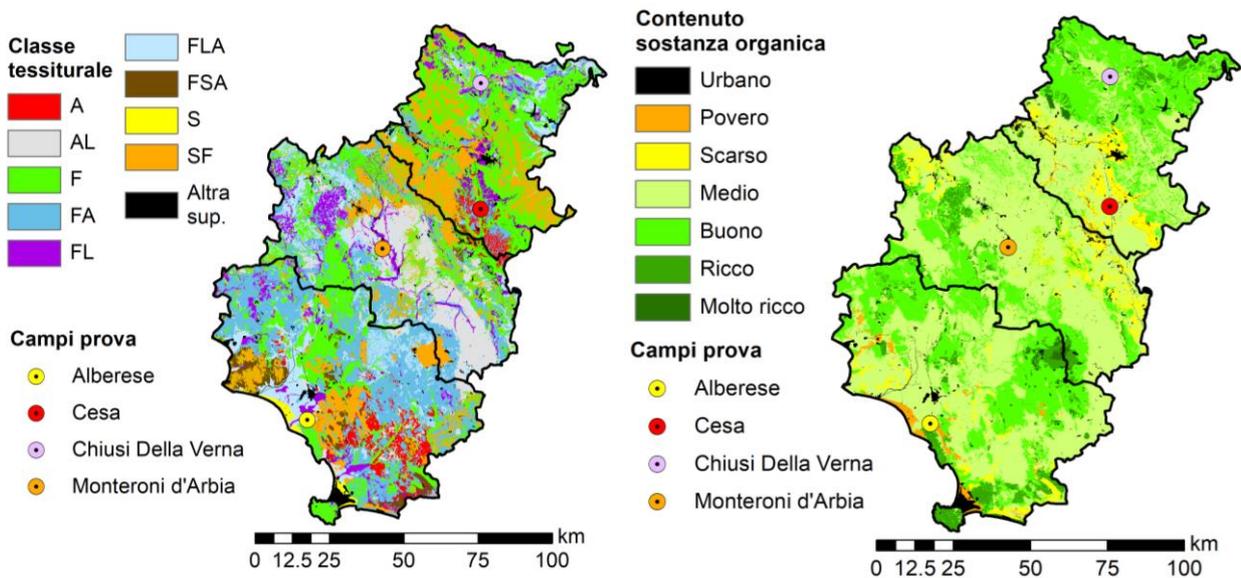


Figura 5.5: le carte relative alla distribuzione delle classi tessiturali (a sinistra) e della valutazione agronomica del contenuto di sostanza organica presenti nell'area comprendente le tre province di Arezzo, Grosseto e Siena.

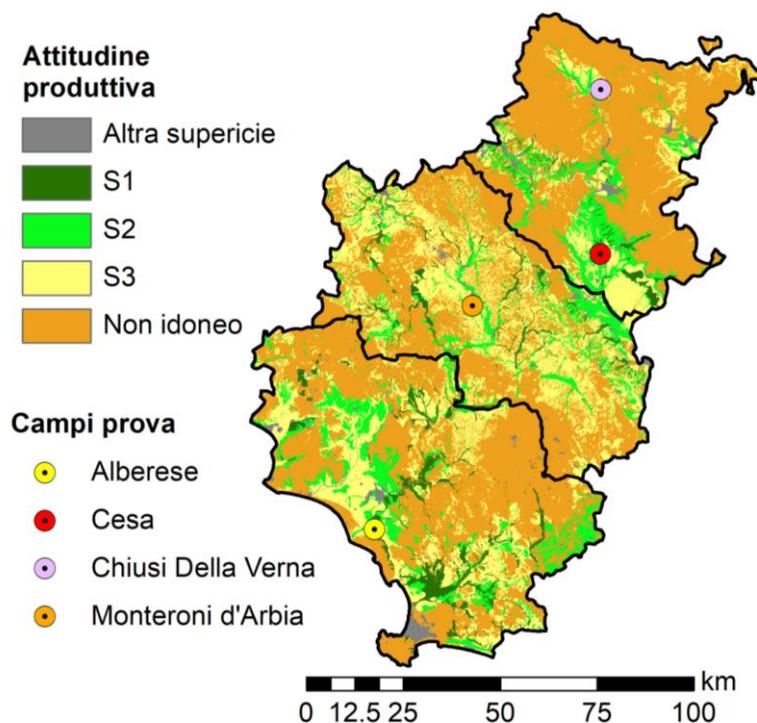


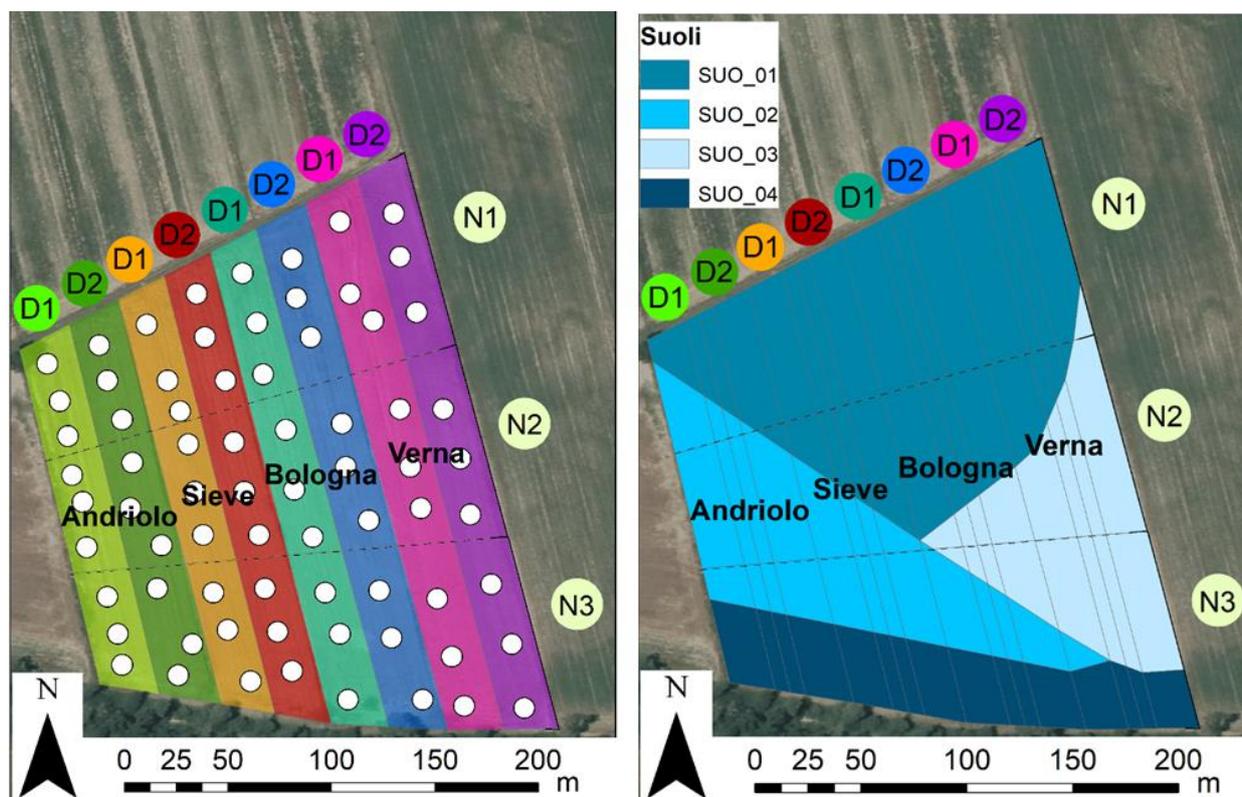
Figura 5.6: carta della vocazionalità dei suoli alla coltivazione del frumento nell'area comprendente le tre province di Arezzo, Grosseto e Siena. Le classi di attitudine produttiva S2 e S1, indicano rispettivamente suoli in cui la coltivazione del frumento è buona e ottima. La classe di attitudine produttiva S3, indica suoli in cui la coltivazione del frumento è marginale o soggetta a forti limitazioni.

Si è provveduto ad analizzare in dettaglio gli appezzamenti di terreno messi a disposizione dalle due aziende agricole facenti parte della misura 16.2 (Figura 5.7). Infatti, l'individuazione e la caratterizzazione delle proprietà sito-specifiche del suolo (Tabella 5.1), ha lo scopo di offrire la possibilità di aumentare l'efficienza d'impiego, da parte delle coltivazioni, degli input agronomici somministrati (fertilizzanti, diserbanti, prodotti fitosanitari) guidando la somministrazione degli input sulla base delle effettive necessità.

	Sabbia fine	Sabbia totale	Limo	Argilla	CaCO <sub>3</sub>	pH (in H <sub>2</sub> O)	N (mg·kg <sup>-1</sup> )	P (mg·kg <sup>-1</sup> )	CSC (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	CaMg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100g)	TSB	EC (mS/cm)	Corg (%)
SUO_01	8.8	26.3	44.1	29.6	20.9	7.9	127	15.6	23.9	18.5	4.4	22.9	0.4	0.6	100%	0.13	1.01
SUO_02	6	22.5	41.2	36.3	12.7	7.9	113.6	16	17.1	12.8	3.3	16.1	0.2	0.5	100%	0.26	1.35
SUO_03	7	17.5	51.3	31.2	22.6	8	104	15.8	23.7	17.9	4.8	22.7	0.3	0.7	100%	0.18	1.14
SUO_04	9	32	37	30	12.6	7.9	141	16.3	15.4	12.2	2.3	14.5	0.1	0.8	100%	0.1	0.92

**Tabella 5.1: tabella riassuntiva delle proprietà delle unità di suolo individuate sul terreno messo a disposizione dalla Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s.**

Gli stessi appezzamenti sono stati ricampionati alla fine del primo e secondo ciclo colturale per verificare l'efficienza di utilizzazione dei fertilizzanti impiegati.



**Figura 5.7: Campionamento del suolo effettuato sul terreno messo a disposizione il primo anno dalla Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s.. Sulla sinistra si evidenziano i punti di campionamento effettuati, mentre sulla destra si evidenzia la distribuzione delle unità di suolo evidenziate dal rilievo e dalla successiva analisi.**

Si è provveduto a monitorare con cadenza perlomeno mensile i parametri colturali (crescita, sviluppo, ecofisiologia, etc.), delle varietà di frumento coltivate sui terreni messi a disposizione dalle due aziende agricole facenti parte della misura 16.2. Durante i rilievi di campo si è provveduto a determinare le fasi fenologiche secondo la scala BBCH, il numero di accestimenti, il grado di copertura del suolo, il numero di internodi, l'altezza media del culmo principale, la lunghezza della spiga. Si è inoltre proceduto alla raccolta dei campioni nelle fasi di fioritura (Tabella 5.2), maturazione fisiologica e raccolta per determinare in laboratorio i principali parametri fisiologici e commerciali: altezza pianta, altezza culmo principale, peso paglia (Figura 5.8), altezza spiga, peso spiga, peso granella, peso ettolitrico, peso mille semi (Figura 5.9), contenuto di azoto e carbonio in paglia e granella. I dati derivanti dai rilievi di campo e dalle successive analisi di laboratorio, sono stati già parzialmente analizzati statisticamente mediante analisi della varianza e successiva analisi a confronti multipli col metodo Tukey post hoc test.

Cultivar	Nitrogen level	Sowing density level	PDW (g m <sup>-2</sup> )	SDW (g m <sup>-2</sup> )	PH (cm)
Bologna	N1	D1	627.56 ab	529.76 b	60.4 f
		D2	765 ab	586.56 ab	62.13 ef
	N2	D1	807.12 ab	659.68 ab	61.27 f
		D2	701.36 ab	519.2 b	60.13 f
	N3	D1	703.8 ab	586.24 ab	64.33 e
		D2	1148.88 a	1009.92 a	64.4 e
Andriolo	N1	D1	973.56 ab	548.96 b	113.07 ab
		D2	753.8 ab	468.48 b	102.8 abc
	N2	D1	1204.32 a	633.92 ab	115.13 a
		D2	1162.24 a	658.4 ab	112.6 ab
	N3	D1	1200.96 a	702.72 ab	117.47 a
		D2	1178.56 a	617.76 ab	110.2 ab
Sieve	N1	D1	900.72 ab	678.08 ab	93.53 abcde
		D2	648.12 ab	488.64 b	77.6 cd
	N2	D1	839.88 ab	641.6 ab	85.2 bcde
		D2	840.4 ab	563.36 b	86.53 bcde
	N3	D1	802.84 ab	638.4 ab	90.07 bcde
		D2	1210.24 a	840.48 a	106.4 ab
Verna	N1	D1	536.52 ab	397.44 b	85.8 bcde
		D2	394.44 b	304.48 b	66.33 de
	N2	D1	661.88 ab	439.2 b	88.93 bcde
		D2	719.12 ab	468.16 b	98.13 abc
	N3	D1	1189.24 a	798.4 a	113.13 a
		D2	947.48 ab	584.16 ab	105.27 ab

**Tabella 5.2: Altezza della pianta (PH; cm), peso della pianta e delle spighe per metro quadro (PDW and SDW; kg m<sup>-2</sup>) misurati alla fioritura per quattro cultivar di frumento tenero, 'Bologna', 'Andriolo', 'Sieve' and 'Verna' cresciute in due diverse densità di semina (D1: 90 kg ha<sup>-1</sup> di seme e D2: 180 kg ha<sup>-1</sup> di seme) e tre livelli di**

fertilizzazione azotata (N1: 35 kg N ha<sup>-1</sup>, N2: 85 kg N ha<sup>-1</sup> e N3: 185 kg N ha<sup>-1</sup>). Le lettere minuscole indicano differenze significative (p < 0.05) secondo il Tukey post hoc test.

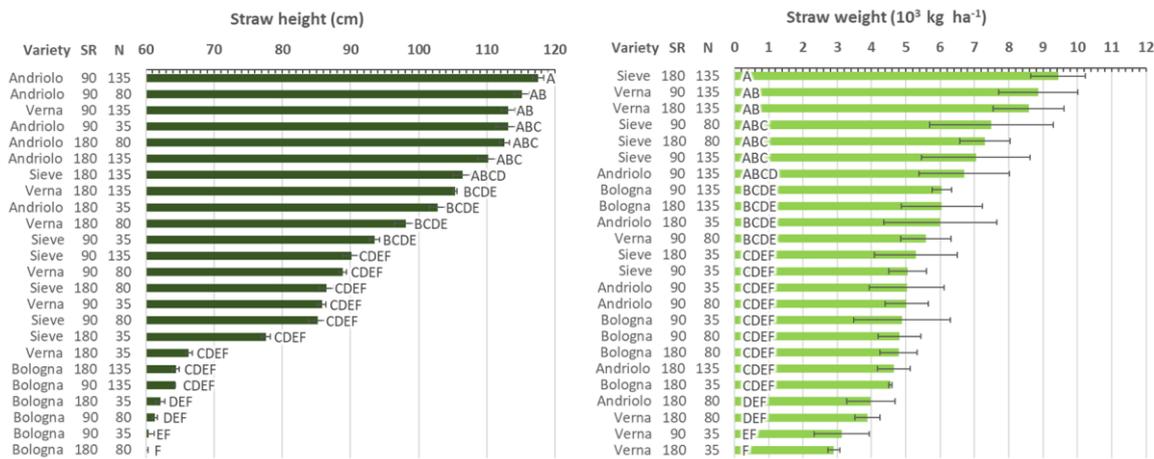


Figura 5.8: Peso della paglia per ettaro (kg ha<sup>-1</sup>), altezza della paglia (m) determinati alla raccolta 2017 per ciascuna varietà (Andriolo, Bologna, Sieve, Verna), livello di fertilizzazione azotata (35, 80 e 135 kg di N ha<sup>-1</sup>) e densità di semina (90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>). Le lettere indicano differenze significative (p < 0.05) secondo il Tukey post hoc test. Dati relativi al campionamento effettuato sul terreno messo a disposizione dalla Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s..

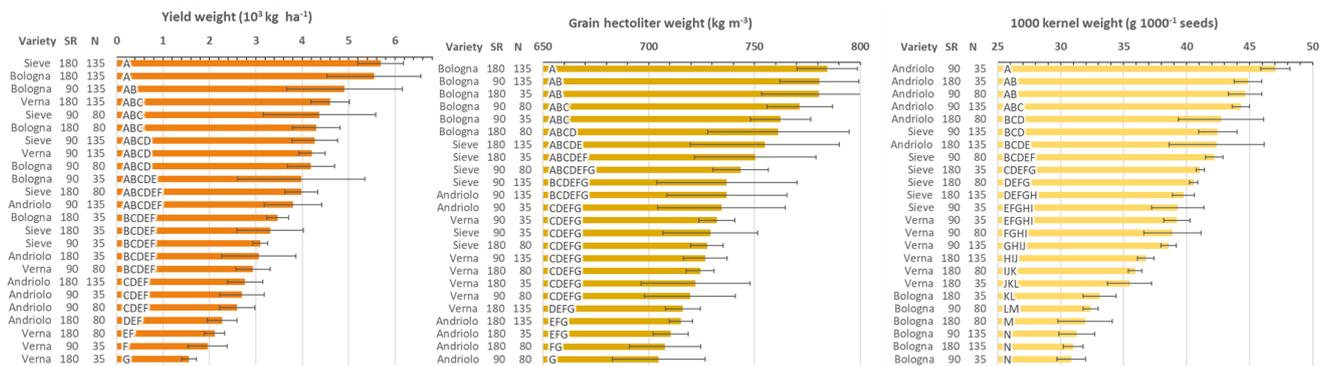
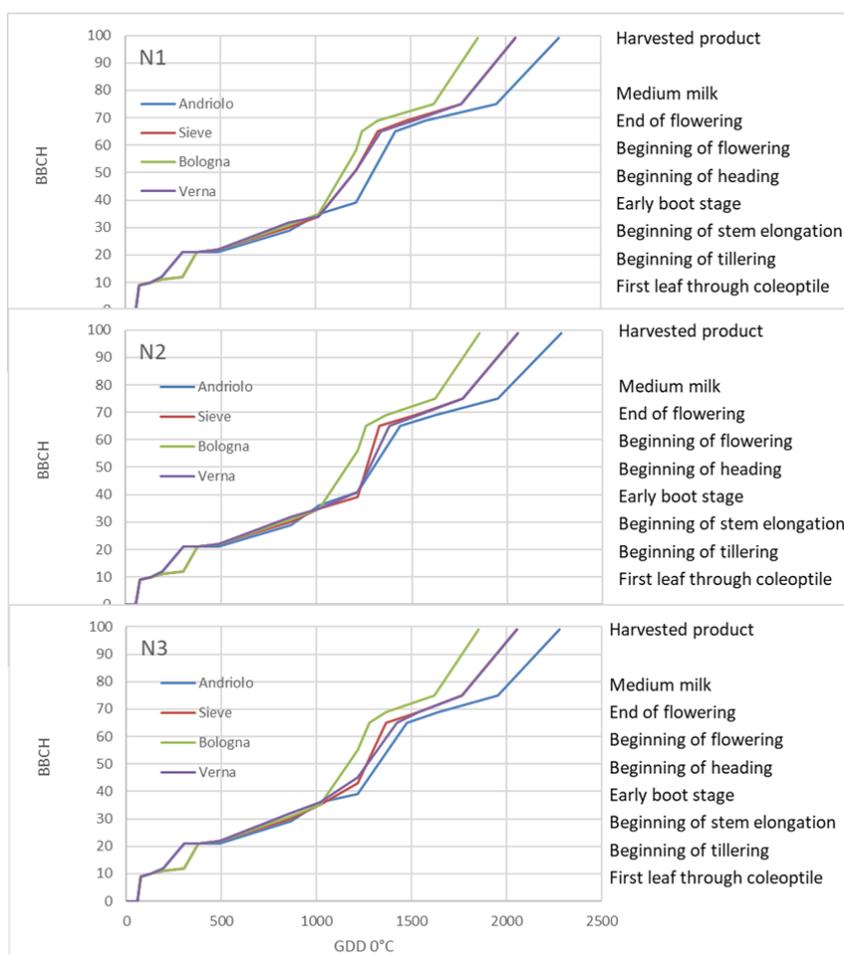


Figura 5.9: Peso della granella per ettaro (kg ha<sup>-1</sup>), peso ettolitrico (kg m<sup>-3</sup>) e peso dei mille semi (g 1000 semi<sup>-1</sup>) determinati alla raccolta 2017 per ciascuna varietà (Andriolo, Bologna, Sieve, Verna), livello di fertilizzazione azotata (35, 80 e 135 kg di N ha<sup>-1</sup>) e densità di semina (90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>). Le lettere indicano differenze significative (p < 0.05) secondo il Tukey post hoc test. Dati relativi al campionamento effettuato sul terreno messo a disposizione dalla Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s..

Si è provveduto a verificare la sussistenza di relazioni semi empiriche tra la fenologia delle quattro varietà di frumento analizzate e i Gradi Giorno Cumulati, con soglia di 0 °C, (GDD\_0) misurati dai sensori posti in azienda a partire dal primo gennaio 2017 (Figura 5.10). Inoltre, si è valutato il numero di giorni e di numero di gradi giorno necessari al raggiungimento della fioritura (Tabella 5.3).

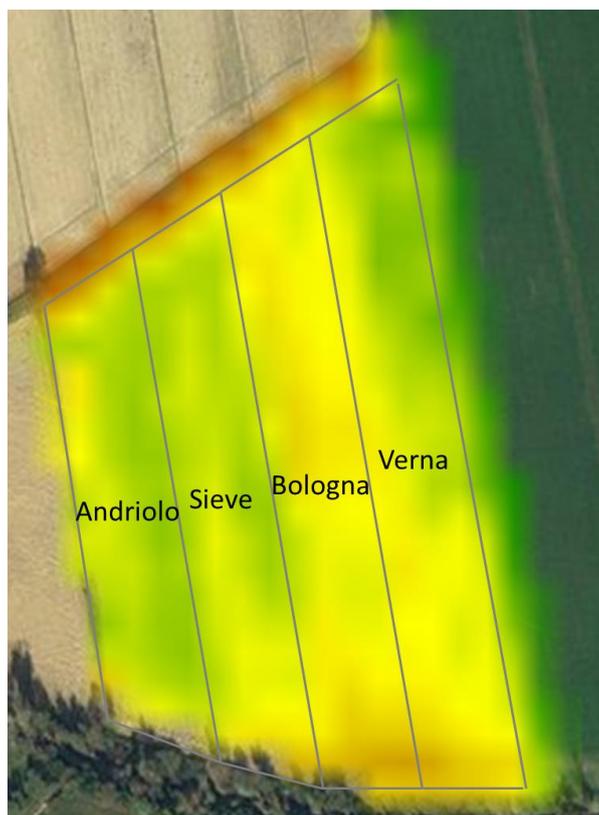


**Figura 5.10: Andamento dello sviluppo fenologico, secondo la scala BBCH, in funzione gradi giorno cumulati con una soglia di 0 °C (GDD\_0) per le quattro cultivar di frumento tenero e per i tre livelli di azoto adottati (N1: 35 kg N ha<sup>-1</sup>, N2: 85 kg N ha<sup>-1</sup> e N3: 135 kg N ha<sup>-1</sup>).**

	Bologna			Andriolo			Sieve			Verna		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3	N1	N2	N3
GDD_0	1245	1261	1279	1421	1440	1477	1330	1330	1365	1347	1383	1421
DOY	129	131	132	140	141	143	135	135	137	136	138	140

**Tabella 5.2: Data di fioritura (espressa in giorno dell'anno, DOY) e gradi giorno cumulati con una soglia di 0 °C (GDD\_0) necessari a raggiungere la piena fioritura per le quattro cultivar di frumento tenero e per i tre livelli di azoto adottati (N1: 35 kg N ha<sup>-1</sup>, N2: 85 kg N ha<sup>-1</sup> and N3: 135 kg N ha<sup>-1</sup>).**

I dati raccolti in campo durante il primo il secondo anno di attività progettuale hanno un duplice scopo: da una parte hanno consentito la validazione dei dati telerilevati da satellite (Figura 5.11), dall'altra, alla validazione delle relazioni semi-empiriche messe a punto.



**Figura 5.11: Rappresentazione grafica della vigoria delle piante di frumento stimata da satellite (dato Landsat 2 del 04/04/2017) per le varietà considerate (Andriolo, Bologna, Sieve, Verna). Dati relativi alle prove svolte sul terreno messo a disposizione dalla Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s..**

Tutte le operazioni di questa fase sono state eseguite dai centri di ricerca in collaborazione con personale delle due aziende agricole partecipanti alla misura 16.2 e con il personale individuato dal Consorzio Agrario di Siena, al fine di trasferire le competenze necessarie per la riuscita ed il proseguimento del modello e della metodologia proposta anche dopo la fase di sperimentazione prevista dal presente progetto.

### **Bibliografia**

- Grifoni, D., Napoli, M., Fibbi, L., Gualtieri, G., Calastrini, F., Zipoli, G., 2011. Fabbisogni termici e potenzialità eoliche e solari. In: Maracchi, G., Orlandini, S., Mancini, M.(Eds.), Progetto MODERNO. Regione Toscana, Firenze, pp. 131–177.
- Ministero per le Politiche Agricole (MIPA). 1997. Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo. D.M. del 1° agosto 1997, Gazzetta Ufficiale n. 204 del 2.09.97.
- Ministero per le Politiche Agricole (MIPA). 1999. Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. D.M. del 13/09/99, Gazzetta Ufficiale n. 248 del 21.10.99
- Mitasova, H., Hofierka, J., 1993. Interpolation by Regularized Spline with Tension: II. Application to Terrain Modelling and Surface Geometry Analysis. *Mathematical Geology*, 25 (6), 657–669.
- Mitasova, H. Mitas, L., Brown, W.M., 1995. Modeling spatial and temporally distributed phenomena: new methods and tools for GRASS GIS. *International Journal of Geographic Information Systems*, 9 (4), 443–446.

Napoli, M., Cecchi, S., Orlandini, S., Zanchi, C.A., 2014. Determining potential rainwater harvesting sites using a continuous runoff potential accounting procedure and GIS techniques in central Italy. *Agric. Water Manag.* 141, 55–65.

Napoli, M., Dalla Marta, A., Zanchi, C.A., Orlandini, S. 2017. Assessment of soil and nutrient losses by runoff under different soil management practices in an Italian hilly vineyard. *Soil & Tillage Research*, 168: 71-80.

Talmi, A., Gilat, G., 1977. Method for Smooth Approximation of Data. *Journal of Computational Physics*, (23), 93–123.

## 6. Valutazione del germoplasma delle varietà interessanti, iscritte o da iscrivere al repertorio regionale

Partner attuatore: DISPAA - Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio - Università di Firenze

### Caratterizzazione genetica:

Durante il primo anno del progetto, da ognuna delle 12 varietà presenti nelle prove parcellari seminate sono state selezionate le piante che meglio esprimevano le caratteristiche morfologiche e fenotipiche della varietà. A maturazione da ognuna di queste piante è stata raccolta una spiga che è stata poi utilizzata per le analisi genetiche. Per ciascuna varietà sono stati raccolti 27 campioni ad eccezione della varietà moderna Bologna di cui ne sono stati raccolti solo 10 essendo teoricamente monogenotipica.

Le analisi di caratterizzazione molecolare mediate marcatori DarT, previste nel progetto inizialmente sono state sostituite con una tecnologia di caratterizzazione molecolare più avanzata, specifica per il frumento tenero, l'Axiom wheat breed array (affymetrix). Tale tecnologia si basa sull'analisi per ogni campione di 35.000 marcatori nucleari polimorfici (SNP) a differenze dei 10.000 analizzati dalla tecnica DarT, permettendoci quindi un'analisi più approfondita del genoma. Inoltre, avendo un costo inferiore, ci ha permesso con lo stesso importo definito nel progetto di aumentare i campioni analizzati a 323 (come sopra indicato, più i controlli) ed effettuare una caratterizzazione migliore.

I semi delle diverse varietà (ottenuti dalla raccolta e trebbiatura manuale delle spighe campione) sono stati seminati all'interno di pot di torba contenenti un apposito substrato di crescita (mix terriccio, sabbia e torba) (Fig. 6.1), e fatti germinare all'interno di una cella climatica con temperatura ed illuminazione ottimali. Allo stadio fenologico di terza foglia vera si sono individuate le piante migliori è provveduto all'asportazione della terza foglia ancora in fase di crescita ridotta per le successive operazioni di isolamento del DNA genomico. Da ogni pianta è stato prelevato dai 50 ai 100 mg di tessuto.



Fig. 6.1 Piantine seminate in pot di torba a diversi stadi fenologici per il prelievo del tessuto vegetale per le analisi genetiche

La foglia prelevata è stata subito congelata in azoto liquido e conservata in un frigorifero a  $-80^{\circ}\text{C}$  fino all'estrazione del DNA. Le foglie, ancora congelate, sono state tritate e successivamente immerse in un buffer di estrazione CTAB (Cetyltrimethyl ammonium bromide) e sottoposte a fasi successive di precipitazione e risospensione degli acidi nucleici mediante lavaggi con Cloroformio-isoamilico (24:1), etanolo puro e etanolo al 70%, seguendo il protocollo di Doyle e Doyle (1987). Una volta estratti gli acidi nucleici, l'RNA è stato rimosso mediante l'impiego di un enzima RNAasi e successive fasi di lavaggio con cloroformio ed etanolo. Il DNA genomico così ottenuto è stato inviato al Laboratorio Bristol Genomics Facilities in Inghilterra dove è stato analizzato utilizzando degli SNPs array specifici (Wheat breed Axiom Array 35K) (Figura 6.2).



Fig. 6.2 Wheat breed Axiom array da 35k e piattaforma Gene Titan per la lettura dell'Array.

Tali marcatori sono distribuiti con un'alta densità nei tre genomi presenti nel frumento tenero e la loro posizione è mappata su ogni singolo cromosoma. I dati così ottenuti sono stati sottoposti ad analisi statistica utilizzando il software R (R core team 2013) con il pacchetto "Cluster" calcolando prima la matrice delle distanze genetiche e poi utilizzando l'algoritmo presente nella funzione "hclust" che effettua una clusterizzazione basata sulla ricostruzione gerarchica dei gruppi. Con il software STRUCTURE (Pritchard et al 2000) è stato possibile suddividere i genotipi in gruppi diversi in base alle distanze genetiche e ricostruire i rapporti filogenetici presenti tra le diverse accessioni.

Le analisi genetiche effettuate ci hanno permesso di individuare il grado di variabilità genetica presente all'interno delle popolazioni individuando il numero di genotipi presenti per ciascuna varietà e la loro frequenza all'interno della popolazione campionata.

Per quanto riguarda le varietà antiche analizzate, i dati genetici hanno evidenziato una diversa variabilità all'interno di ciascuna accessione evidenziata da un diverso numero di genotipi. I genotipi individuati variano dai 3 trovati in Avanzi, Inallettabile, Andriolo ai 9 trovati nella varietà Noè. Tale variabilità rispecchia in parte l'origine ed evoluzione delle differenti varietà differenziando quelle che sono state costituite in origine partendo da singole linee selezionate, (come Verna, Sieve, AutonomiaB) che poi negli anni hanno accumulato un ridotto numero di mutazioni spontanee, da varietà come Noè e Risciola che presentano tutte le caratteristiche di vere e proprie landraces con un'ampia variabilità genotipica (popolazioni multilinea). Per quanto riguarda la varietà moderna Bologna delle 10 piante analizzate 9 appartengono allo stesso genotipo mentre solo una ad un genotipo diverso ma molto simile geneticamente all'altro. Questo dato evidenzia l'uniformità e l'origine monogenotipica di questa varietà moderna, in cui l'unico genotipo diverso riscontrato deriva molto probabilmente dall'accumulo di qualche mutazione spontanea da parte del genotipo originario più rappresentato.

I dati genetici ottenuti sono stati poi utilizzati per determinare le distanze genetiche presenti tra le diverse accessioni, evidenziate nel dendrogramma sottostante (Fig.6.3) su cui è stato poi possibile individuare i diversi cluster genetici. Le diverse varietà antiche analizzate mostrano tra loro un'ampia variabilità genetica, evidenziando l'importanza di questa tipologia di germoplasma come potenziale bacino di variabilità nell'ottica di futuri programmi di miglioramento genetico. Tutti i genotipi delle diverse accessioni clusterizzano formando gruppi diversi che rappresentano poi la varietà stessa. Solo un genotipo della varietà Torrenova è risultato esterno al gruppo varietale e molto affine alla varietà moderna Bologna. I due genotipi trovati per la varietà bologna risultano tra loro molto vicini geneticamente, questo perchè il genotipo con frequenza minore (Bologna 8) molto probabilmente è semplicemente il frutto di mutazioni o eventi di incrocio del genotipo di partenza utilizzato per la costituzione della varietà.

Le varietà Frassineto, Gentil Rosso e Autonomia B vengono raggruppate in un unico Cluster, sebbene al suo interno identificate in sottogruppi. Questa relazione genetica tra i diversi genotipi rispecchia l'origine di tali varietà in quanto la varietà Autonomia B è stata selezionata da Michaelles incrociando una linea di Frassineto con la varietà Mentana mentre la varietà Frassineto è stata selezionata sempre da Michaelles estraendo linee genetiche della varietà Gentil Rosso che è una varietà locale. Analizzando quindi l'origine costitutiva di tali varietà risulta chiara la vicinanza genetica dei genotipi analizzati che ricadono tutti all'interno dello stesso gruppo. Lo stesso si può affermare anche per le Varietà Verna e Sieve che sono state ottenute da incroci che condividono una stessa varietà parentale, Est Mottin e che quindi si raggruppano all'interno dello stesso cluster.

Possiamo quindi concludere che le varietà antiche analizzate mostrano un'ampia variabilità genetica che deve essere conservata e preservata con politiche adeguate soprattutto a livello di produzione sementi, iscrivendo come varietà da conservazione le varietà a repertorio ancora non iscritte, in modo da regolamentarne la diffusione e garantire la qualità delle sementi da parte di ditte sementiere, in modo da controllare problematiche fitosanitarie come carie o carbone. I genotipi e i relativi semi che sono stati caratterizzati sono stati mantenuti in modo da ottenere singole linee di seme (single seed descent) da poter utilizzare in futuro in programmi di miglioramento varietale, come per esempio per la costituzione di incroci all'interno di programmi di breeding evolutivo partecipativo.

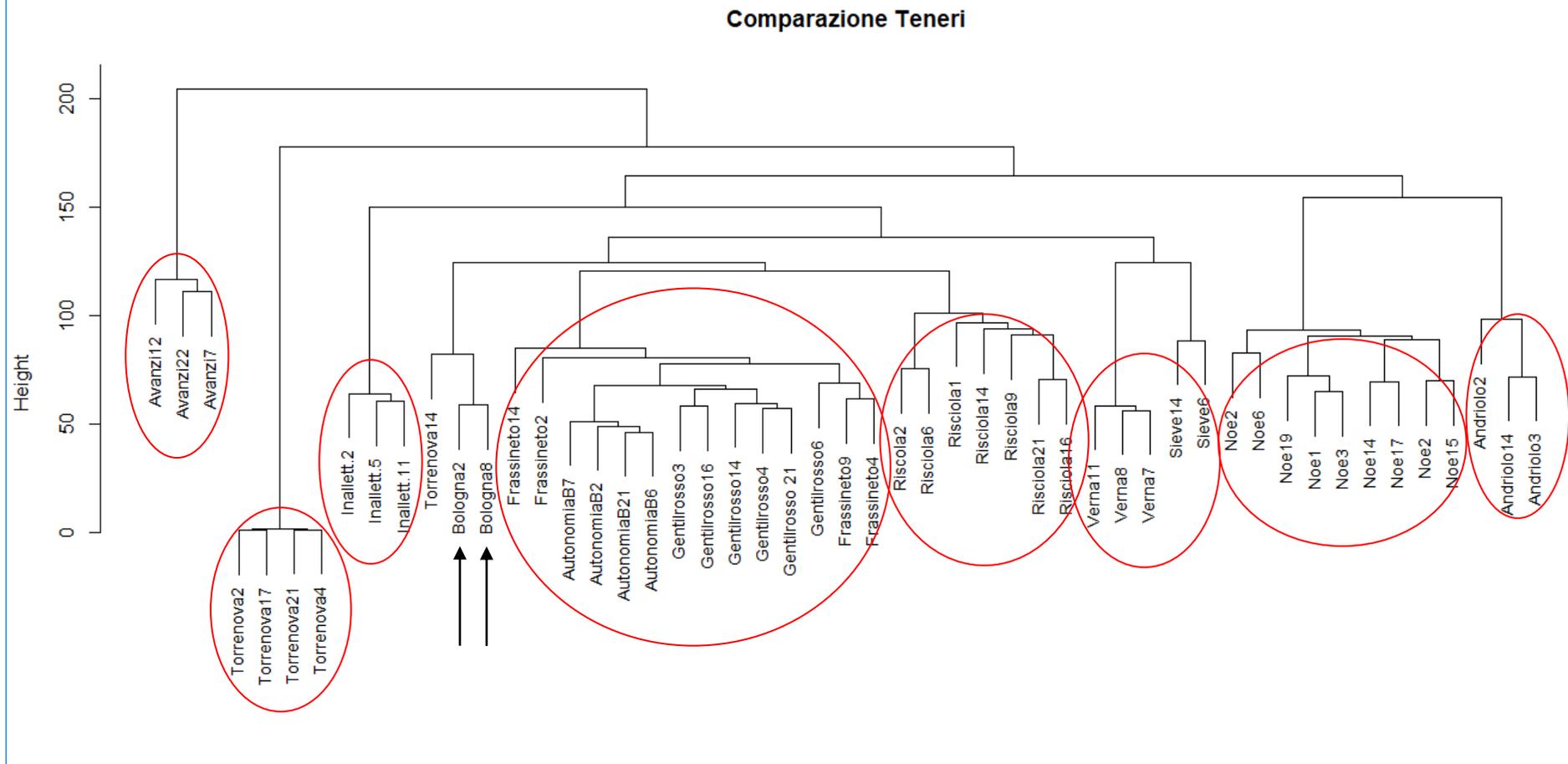


Fig6.3 Dendrogramma delle distanze genetiche presenti tra i diversi genotipi analizzati. Le ellissi in rosso rappresentano i diversi cluster ottenuti mentre le due frecce indicano i due genotipi moderni.

### Caratterizzazione produttiva e qualitativa:

Dalle prove di comparazione parcellare delle 12 varietà antiche svolte nell'azienda biologica Podere Belvedere nelle due annate agrarie del progetto sono stati raccolti ogni anno dati morfologico produttivi per ciascuna varietà. E' stata infatti campionata da ciascuna parcella sperimentale, a maturazione, un area di 1 mq raccogliendo le spighe prodotte e i parametri morfologici delle piante presenti. Tali valori sono stati mediati per singola varietà per blocco e poi tra blocchi per anno e utilizzati per effettuare una comparazione tra le diverse varietà testate. I parametri morfologici si sono dimostrati molto variabili tra le diverse varietà (Tab 6.1) e molto influenzati dall'andamento climatico delle due diverse annate di coltivazione.

Anno	NCulmi			Numero CulmiFert			lunghezza spiga (cm)			altezza culmi (cm)		
	1 anno	2 anno	Media	1 anno	2 anno	Media	1 anno	2 anno	Media	1 anno	2 anno	Media
<b>Andriolo</b>	2,8	2,6	2,7	2	1,4	1,7	7,14	7,5	7,32	129,44	107,48	118,46
<b>AutonomiaB</b>	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	8,62	8,32	8,47	88,9	78,8	83,85
<b>Avanzi3</b>	1,6	1,8	1,7	1,4	1,2	1,3	8,06	8,18	8,12	104,2	98,88	101,54
<b>Bologna</b>	1,4	1,2	1,3	1,4	1	1,2	6,56	6,1	6,33	58,6	59,4	59
<b>Frassineto</b>	1,8	2	1,9	1,4	1,8	1,6	8,8	8,44	8,62	95,2	95,1	95,15
<b>Gentilrosso</b>	1,6	1,8	1,7	1,6	1,8	1,7	10,2	10,54	10,37	116,94	111,4	114,17
<b>Inallettabile</b>	1,6	2	1,8	1,6	1,8	1,7	7,48	6,96	7,22	95,8	94,24	95,02
<b>Noè</b>	1,6	1,8	1,7	1,2	1,2	1,2	8,3	8,16	8,23	124,6	85	104,8
<b>Risciola</b>	1,8	1,6	1,7	1,8	1,4	1,6	8,78	8,22	8,5	103,9	100,8	102,35
<b>Sieve</b>	1,8	2,2	2	1,8	1,6	1,7	9,28	8,86	9,07	102,3	90,5	96,4
<b>Torrenova</b>	1,4	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5	7,8	8,02	7,91	104,48	94,76	99,62
<b>Verna</b>	1,8	2	1,9	1,8	1,8	1,8	8,44	7,4	7,92	120,56	92,6	106,58

Tab.6.1 Rilievi morfologici nei diversi anni e relativa media delle varietà analizzate

Per quanto riguarda l'accestimento la varietà che ha mostrato un maggior numero di culmi a maturazione, molti dei quali fertili, è stato Andriolo seguito da Sieve e Verna. La varietà Gentil Rosso e Inallettabile hanno prodotto una maggior quantità di biomassa (Tab. 6.2) mentre Bologna ha evidenziato il valore più basso in quanto varietà moderna a taglia ridotta. L'altezza dei culmi maggiore è stata registrata per Andriolo e Gentil rosso mentre le piante più basse sono quelle della varietà Bologna, come era atteso.

Anno	Biomassa pianta (g)			Peso spiga (g)			N spighe x pianta			N cariossidi x spiga			Peso seme		
	1 anno	2 anno	Media	1 anno	2 anno	Media	1 anno	2 anno	Media	1 anno	2 anno	Media	1 anno	2 anno	Media
<b>Andriolo</b>	4,972	4,308	4,64	0,994	1,344	1,169	10,8	11,6	11,2	16,2	21,4	18,8	0,718	1,02	0,869
<b>AutonomiaB</b>	3,214	3,168	3,191	1,536	1,444	1,49	13,6	15,4	14,5	28	31,6	29,8	1,078	1,072	1,075
<b>Avanzi3</b>	4,108	4,522	4,315	1,384	1,878	1,631	13,2	13,8	13,5	24,4	31	27,7	1,16	1,316	1,238
<b>Bologna</b>	1,796	1,578	1,687	0,69	0,732	0,711	12,2	12,4	12,3	15,4	16,4	15,9	0,522	0,53	0,526
<b>Frassineto</b>	4,658	4,972	4,815	1,464	1,514	1,489	14,2	12,8	13,5	25,6	22,2	23,9	1,128	1,104	1,116
<b>Gentilrosso</b>	5,304	6,59	5,947	1,904	2,15	2,027	16	15,4	15,7	29,6	30,2	29,9	1,484	1,608	1,546
<b>Inallettabile</b>	4,628	5,398	5,013	1,182	1,404	1,293	11,8	12,6	12,2	14,6	23	18,8	0,798	1,042	0,92
<b>Noè</b>	4,846	3,736	4,291	1,884	1,256	1,57	14,6	14	14,3	28,4	17,4	22,9	1,47	0,86	1,165
<b>Risciola</b>	4,54	3,196	3,868	1,23	1,048	1,139	12,6	12,4	12,5	16	15,8	15,9	0,844	0,682	0,763
<b>Sieve</b>	5,558	5,138	5,348	1,5	1,424	1,462	14,4	14,8	14,6	24,4	31,2	27,8	1,122	1,132	1,127
<b>Torrenova</b>	3,78	4,346	4,063	1,186	1,156	1,171	13	12,8	12,9	21,6	20	20,8	0,932	0,856	0,894
<b>Verna</b>	5,008	4,092	4,55	1,026	1,122	1,074	14,2	11,6	12,9	20	18,2	19,1	0,84	0,818	0,829

Tab.6.2 Rilievi produttivi nei diversi anni e relativa media delle varietà analizzate.

Per quanto riguarda la resa a ettaro calcolata su base parcellare (Fig. 6.4) le varietà più produttive nei due anni sono risultate Avanzi, Sieve e Torrenova con una produzione media maggiore del Verna. La varietà moderna Bologna ha mostrato una produzione relativamente bassa per i suoi standard dovuta molto probabilmente alle condizioni di coltivazioni biologiche (a basso input chimico) che non hanno favorito una produttiva ottimale di questa varietà come avviene normalmente in contesti convenzionali.



Fig.6.4 Resa delle diverse varietà nei due anni delle prove con la relativa media

Il chicco del frumento è una cariosside protetta esternamente dai tegumenti, molto ricchi in fibre, metaboliti secondari ed enzimi, al di sotto dei quali troviamo lo strato aleuronico. Questo sottile strato di cellule è molto ricco in proteine solubili ad alto valore nutritivo, albumine e globuline, enzimi (proteasi, alfa e beta amilasi, lipasi e maltasi ecc.) e contiene il 60% dei composti minerali del seme. Anche se il frumento non è considerato un alimento funzionale, dato che non presenta contenuti elevati di particolari sostanze (come ad esempio l'orzo che è ricco di  $\beta$ -glucani), presenta una variabilità di diverse sostanze che nel loro insieme e mediante le varie interazioni, conferiscono particolari caratteristiche nutraceutiche. Determinare queste proprietà non è quindi semplice, vista la complessità del modello e delle interazioni tra i vari composti, ma lo studio del germoplasma risulta fondamentale e permette di identificare le varie proprietà nutrizionali, che devono essere tassativamente considerate nei programmi di miglioramento genetico. Per questo sono state eseguite analisi qualitative sui campioni di granella raccolti dopo il primo anno di prove facendo un mix della granella prodotta nelle tre parcelle per ciascuna varietà. Ciascun campione è stato macinato per l'ottenimento di farina integrale che poi è stata utilizzata nelle diverse analisi. I composti che sono stati analizzati sono soprattutto metaboliti secondari, fibre solubili ed insolubili e la digeribilità. I metaboliti secondari sono composti soprattutto riconducibili al gruppo dei polifenoli (flavonoidi, lignani, isoflavoni), carotenoidi, tocoferoli, i quali, da un punto di

vista organolettico, sono responsabili dei profumi e dei sapori e svolgono un'azione protettiva per la salute umana svolgendo un'azione antiossidante.

Per ogni varietà antica valutata nel progetto è stato analizzato il contenuto di Polifenoli totali come mostrato in Fig. 6.5. Come si evince dal grafico il contenuto di polifenoli varia molto tra le diverse varietà assumendo i valori più elevati nel Verna, nel Gentil Rosso e nel Frassineto.

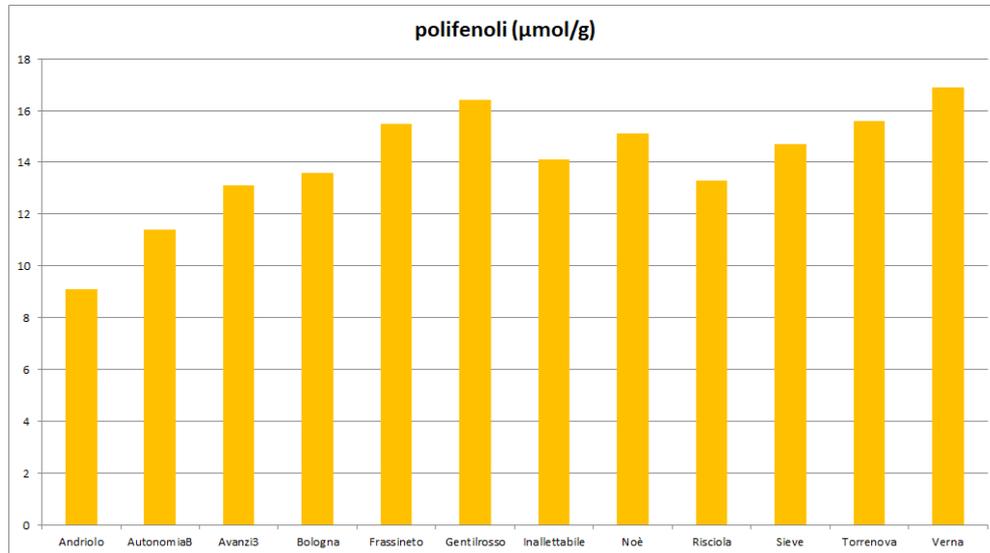


Fig. 6.4 Contenuto di Polifenoli totali nelle diverse varietà

Per quanto riguarda il contenuto di flavonoidi totali (fig6.6) il Verna ed il Gentil Rosso mostrano anche in questo caso i valori più alti seguiti dalle varietà Inallettabile ed Andriolo. Sia per quanto riguarda polifenoli che flavonoidi la varietà moderna Bologna mostra valori intermedi rispetto alle diverse varietà antiche.

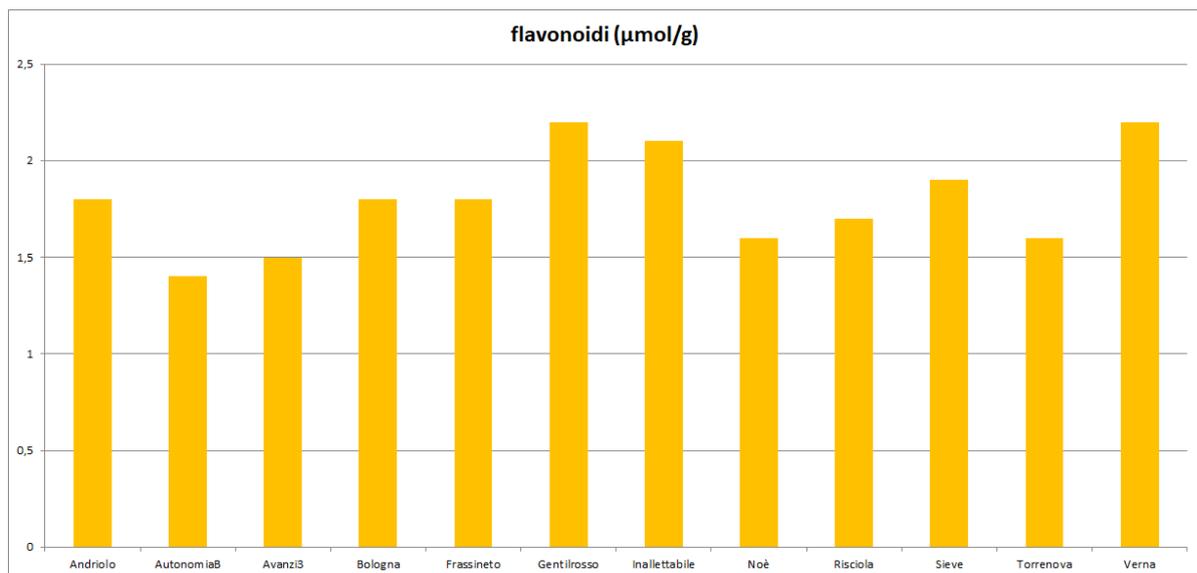


Fig6.5 Contenuto di Flavonoidi totali nelle diverse varietà

Vista la variabilità presente tra le diverse accessioni sarebbe necessario in futuro aumentare la qualità delle analisi andando a investigare le diverse frazioni libere sia di polifenoli che di flavonoidi per vedere come tali componenti si ritrovano nelle diverse varietà e se sono presenti composti specifici presenti in alcune varietà e non in altre.

E stato poi analizzato il contenuto di fibre nelle diverse farine integrali ottenute (Fig.6.6 e 6.7). Le fibre sono composti funzionali che si dividono in solubili (gomme, pectine ecc.) e insolubili (lignina, cellulose ecc.) e variano molto a seconda della varietà e dell'annata agraria.

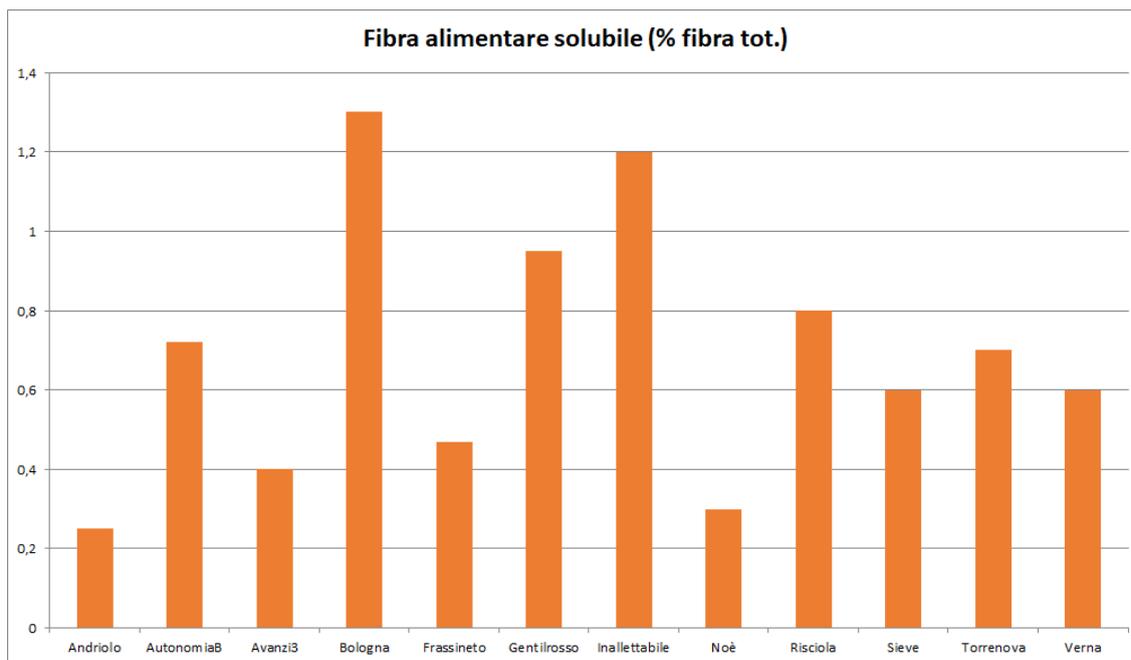


Fig6.6 Contenuto di Fibre solubili nelle diverse varietà

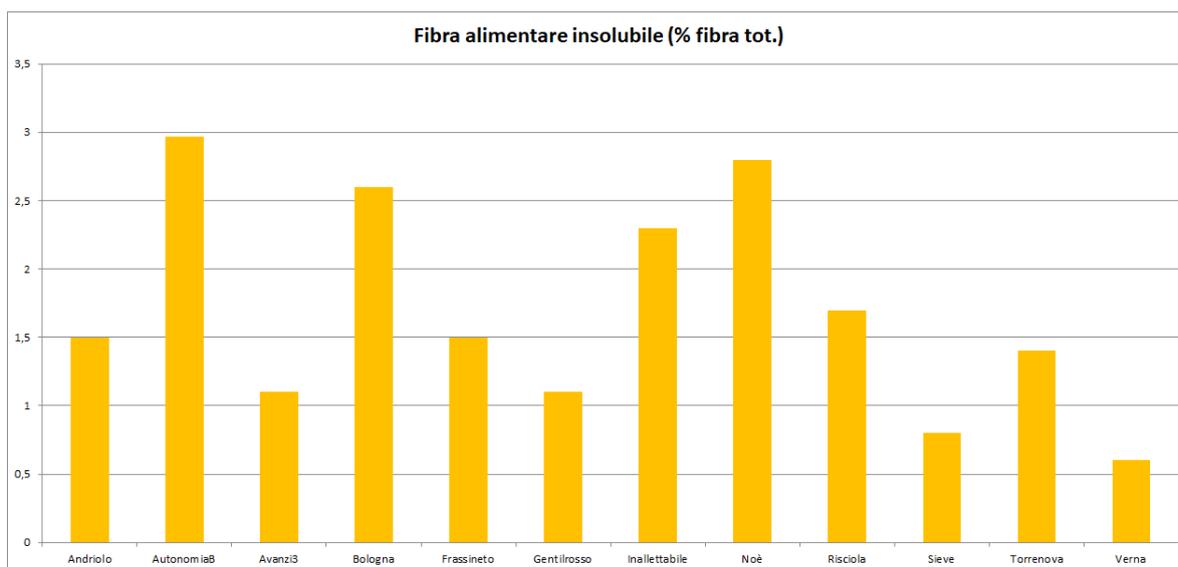


Fig6.7 Contenuto di Fibre insolubili nelle diverse varietà

La varietà Bologna mostra il contenuto di fibre solubili maggiore e un alto contenuto di insolubili seppur inferiore a Autonomia e Noè.

Le farine ottenute sono state utilizzate poi anche per analizzarne la digeribilità. Tale analisi sperimentale messa a punto dal gruppo del Prof. Benedettelli (UNIFI) e in fase di ottimizzazione si basa su saggi di digestione delle proteine, presenti in letteratura, ottimizzati per simulare la normale digestione di queste molecole a livello prima dello stomaco e poi dell'intestino umano. I risultati di tali analisi evidenziano la frazione delle proteine totali che vengono potenzialmente digerite nello stomaco e nell'intestino. Tale informazione risulta importante per capire la cinetica di digestione delle diverse varietà e quindi la potenziale facilità di digestione di esse. Per simulare la cinetica enzimatica dello stomaco viene effettuata una digestione con Pepsina per 30 minuti (T30) mentre per la parte intestinale viene aggiunta la Pancreatina per ulteriori 60 (T+P60) e 120 minuti (T+P120). Il contenuto proteico viene quantificato via via precipitando le proteine con successivi lavaggi salini rimuovendo le proteine digerite e facendo precipitare quelle ancora non digerite che vengono quantificate utilizzando il Flash Elemental Analyzer 1112 NC (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) secondo le istruzioni del produttore. Le proteine digerite nei vari step vengono quindi ottenute per differenza dai valori precedenti. Nel grafico sottostante (6.8) vengono riportate le cinetiche di degradazione delle proteine totali delle diverse varietà analizzate misurandole a tre diversi step di digestione.

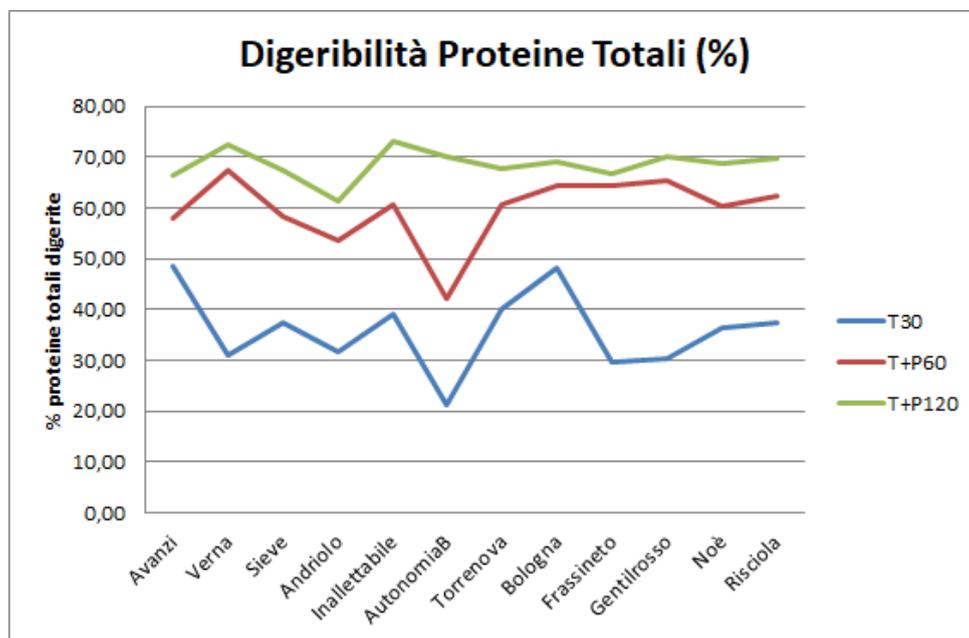


Fig.6.8 Andamento della cinetica di degradazione delle proteine totali. T30= trattamento con Pepsina per 30 minuti, T+P60= trattamento con pancreatina per 60 minuti successivo alla pepsina, T+P120= misurazione delle proteine totali dopo 2 ore dalla somministrazione della pancreatina

Le varietà Avanzi e Bologna presentano il più alto valore di digestione delle proteine al primo step T30 con quasi il 50% delle proteine totali che potenzialmente viene digerito a livello di stomaco. Autonomia B invece ha mostrato la minor digestione proteica con la sola aggiunta della pepsina. Al secondo step

T+P60 la varietà Verna mostra la più alta percentuale di proteine digerite seguita poi da Frassineto, Gentil Rosso e Bologna. Sia la varietà Autonomia che Andriolo hanno evidenziato una bassa digestione proteica nei primi due step. Al terzo step dopo 2 ore di digestione con pancreatina seguita al trattamento con la pepsina le varietà che hanno mostrato la maggior percentuale di proteine digerite sono Verna e Inallettibile, seguite dalle altre con ultime Sieve ed Andriolo.

Questa tipologia di analisi sperimentale ci ha permesso un'analisi preliminare, sebbene basata su un'unica annata agraria, della cinetica di digestione delle proteine presenti nella farina integrale di queste varietà. È stato possibile individuare varietà in cui la maggior parte delle proteine viene digerita già a livello dello stomaco come Bologna ed Avanzi ed altre in cui la maggior parte viene digerita nel tratto successivo intestinale come Verna e Gentil rosso. Dopo due ore di trattamento con pancreatina (T+P120) quasi tutte le varietà raggiungono lo stesso livello di proteine totali digerite. Queste informazioni preliminari devono essere contestualizzate e approfondite associandoci studi a livello medico per riuscire a capire se a una certa dinamica di digeribilità delle proteine possa essere associata una maggior facilità di digestione di una certa varietà che presenta tale cinetica. Tali informazioni saranno importantissime ai fini dell'impostazioni di futuri programmi di miglioramento genetico del frumento in modo da facilitare la digeribilità dei prodotti trasformati da esso ottenuti.

## **7. Valutazione delle interazioni genotipo-ambiente**

Partner attuatore: DISPAA - Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio - Università di Firenze

La valutazione delle interazioni fra le varietà di frumento scelte e le caratteristiche ambientali è stata effettuata tramite l'utilizzo di modelli colturali; sono state realizzate le seguenti fasi:

### **- Analisi e scelta del modello di simulazione da utilizzare**

Numerosi sono i modelli di simulazione delle colture adottati per studi di carattere agronomico, tra i quali CropSyst, DSSAT, APSIM, SiriusQuality che si differenziano per complessità e trasparenza. Per questo studio è stato scelto il modello di simulazione colturale SSM-Wheat (Simplified Simulated Model), ideato da Soltani et al., 2013. Si tratta di un modello di tipo meccanicistico caratterizzato da un basso numero di dati di input (55 parametri), e una buona robustezza, ossia buona correlazione tra dati osservati e simulati (Soltani and Sinclair, 2015). SSM-Wheat è in grado di riprodurre lo sviluppo e la crescita del frumento, in particolare, simula le fasi fenologiche di emergenza, accostimento, primo nodo, botticella, antesi, riempimento della granella, maturazione fisiologica e di raccolta, oltre all'accumulo di biomassa e di granella.

I dati di input necessari al modello riguardano dati meteorologici giornalieri (temperatura massima e minima, precipitazioni e radiazione solare), dati di suolo come la tessitura, dati gestionali quali la data e la densità di semina, date e quantitativi dei trattamenti di fertilizzazione e di irrigazione, parametri varietali che descrivono le specifiche varietà di frumento considerate.

SSM-Wheat considera la risposta del frumento ai fattori ambientali di temperatura, radiazione solare, concentrazione di CO<sub>2</sub>, disponibilità idrica e azotata. Lo sviluppo fenologico è simulato considerando il concetto di "giorno biologico", cioè un giorno con ottimali condizioni di temperatura, di fotoperiodo e di disponibilità idrica al suolo. La crescita della coltura è simulata considerando la formazione delle foglie, determinata dal fillocrone, ossia dalle unità termiche che intercorrono dallo sviluppo di una foglia e la sua successiva. La produzione giornaliera di biomassa è calcolata sulla base della radiazione fotosinteticamente attiva intercettata dalla coltura. In condizioni di carenze azotate, il modello riproduce la senescenza fogliare con conseguente riduzione dell'accumulo di biomassa. La biomassa giornalmente accumulata viene suddivisa in biomassa destinata alle foglie, agli steli e alla granella. Quest'ultima viene accumulata successivamente all'antesi fino al termine del riempimento della granella.

Inoltre, SSM-Wheat considera lo stress termico per i 5 giorni precedenti l'antesi e i 10 giorni successivi, quando le temperature eccedono determinate temperature soglia specificate del set di parametri varietali.

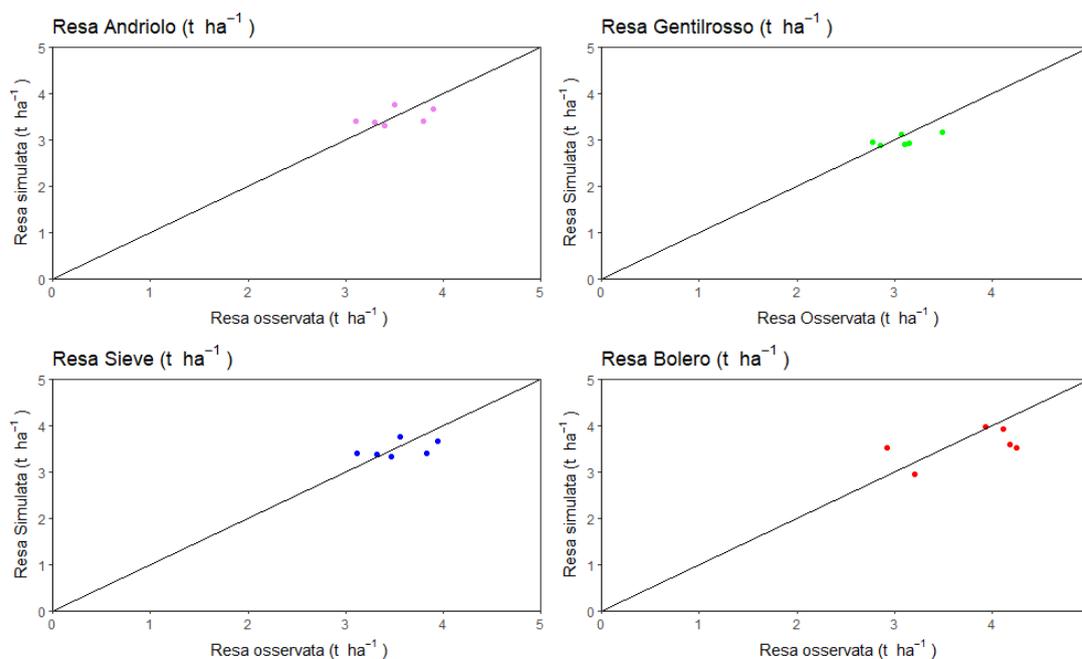
### - Calibro-validazione del modello colturale

Per la calibro-validazione del modello sono stati utilizzati dati provenienti da una sperimentazione effettuata a Cesa (Arezzo) nelle stagioni agrarie 2008-2009 e 2011-2012. Le varietà utilizzate per la calibro-validazione di SSM-Wheat sono state le varietà antiche Gentilrosso, Sieve e Andriolo, e la varietà moderna Bolero; quest'ultima è paragonabile per crescita e sviluppo, alla varietà Bologna oggetto delle prove sperimentali effettuate nel PIF. I risultati di calibro-validazione del modello per la resa sono stati valutati considerando i seguenti coefficienti, come riportato in Yang et al., (2014): coefficiente di correlazione ( $r$ ), l'errore quadratico medio relativo (RMSE) e l'indice di corrispondenza ( $d$ ) (Tabella 1). Per quanto riguarda la fenologia, il discostamento tra dati osservati e simulati è  $\pm 2$  die.

Tabella 1: Valutazione della calibro-validazione del modello colturale SSM-Wheat.

Varietà	$r$	RMSE	$d$
Gentilrosso	0.67	0.20	0.65
Sieve	0.45	0.25	0.61
Andriolo	0.42	0.17	0.69
Bolero	0.54	0.43	0.69

Figura 1: Calibro-validazione della resa in granella simulata e osservata in  $t\ ha^{-1}$  per le varietà Gentilrosso, Sieve, Andriolo e Bolero.



### - Determinazione delle capacità produttive delle cultivar

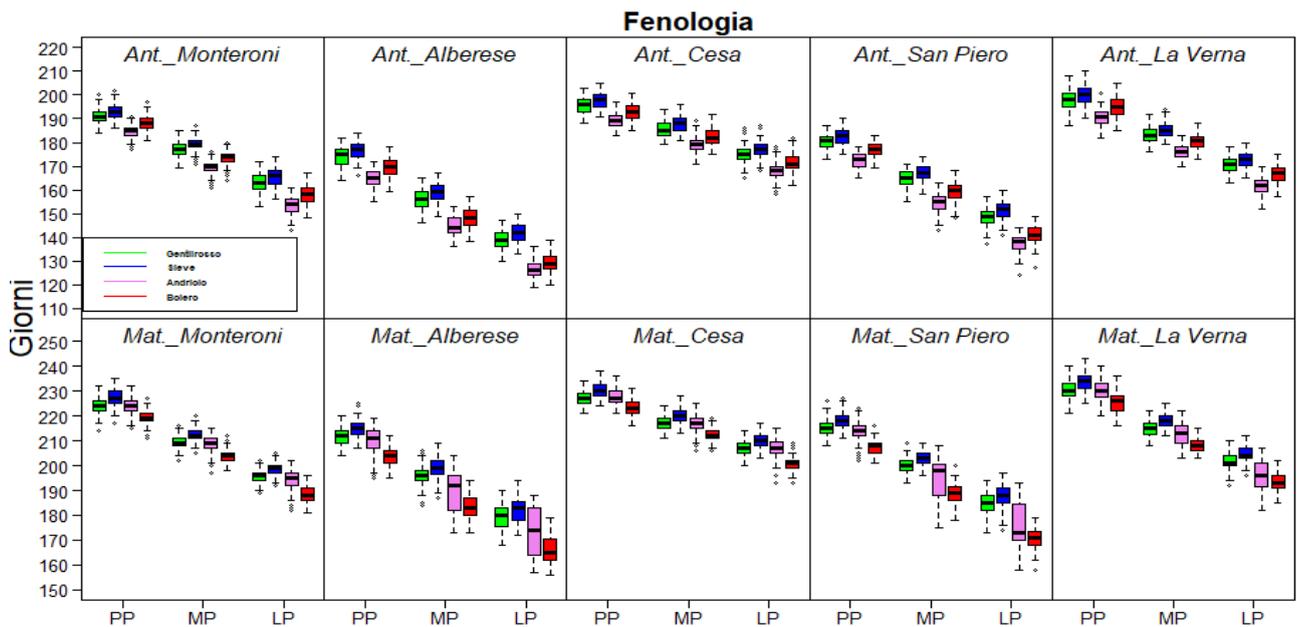
Considerando i risultati soddisfacenti della calibro-validazione, SSM-Wheat è stato applicato a Cesa (AR), Monteroni D'Arbia (SI), San Piero a Grado (PI), Alberese (GR) e La Verna (AR) utilizzando dati climatici per il medio (2046-2065) e lontano (2080-2099) periodo. I dati meteorologici sono stati prodotti dal generatore climatico LARS (Semenov and Barrow, 1997) e si basano sulle proiezioni climatiche future del modello climatico generale HadCM3 in accordo con lo scenario A1B dell'IPCC (2010). Le concentrazioni di CO<sub>2</sub> considerate sono state di 360 ppm per il periodo presente, 500 e 640 ppm rispettivamente per il medio e per il lungo periodo. Per l'applicazione del modello sono state utilizzate le tipiche pratiche agronomiche adottate in Toscana. Nello specifico è stata considerata una data di semina fissa al 15 novembre e una densità di semina di 450 semi m<sup>-2</sup>. Inoltre, sono stati simulati tre interventi di fertilizzazione: il primo intervento in pre - semina con 33 kg N ha<sup>-1</sup> come (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (11-25-0), e i successivi in copertura con 52 kg N ha<sup>-1</sup> come NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (26%), in accostimento e al termine della levata. I dati di suolo per ogni località sono stati ricavati dal Database della Regione Toscana.

I risultati ottenuti hanno mostrato che per il medio e per il lungo periodo la produttività delle varietà antiche considerate sarà, in media, maggiore della varietà moderna per tutte le località (Tabella 2). Inoltre, è prevista un'anticipazione delle fasi fenologiche con conseguente riduzione della stagione di crescita del frumento rispetto al periodo attuale (Figura 2).

Tabella 2: Variazione (%) della produttività delle varietà di frumento per gli areali considerati rispetto al periodo presente. In verde è riportata la variazione maggiore di resa simulata e in rosso la variazione minore di resa.

Varietà	Monteroni		Alberese		San Piero		Cesa		La Verna	
	MP	LP	MP	LP	MP	LP	MP	LP	MP	LP
<b>Gentilrosso</b>	14.01	14.65	18.03	23.47	8.95	22.11	18.35	34.46	12.89	24.74
<b>Sieve</b>	12.57	13.9	18.15	21.43	7.85	19.06	17.46	33.97	12.47	24.28
<b>Andriolo</b>	13.9	16.89	10.85	8.8	7.91	11.16	15.48	25.7	7.85	16.37
<b>Bolero</b>	11.29	12.95	5.47	-0.64	1.97	-0.25	16.45	25.81	2.97	3.88

Figura 2: Giorni dalla semina all'antesi simulati per il periodo presente, per il medio e per il lungo periodo nelle località di Monteroni D'Arbia, Alberese, Cesa, San Piero a Grado e La Verna per le varietà di frumento considerate.



- **Creazione di un dataset di dati agro-ambientali**

Al fine di individuare le aree agricole toscane potenzialmente idonee e migliori dal punto di vista pedoclimatico alla produzione delle coltivar prese in esame, sono stati raccolti i dati geografici relativi al clima, alla topografia e alla pedologia delle aree a seminativo non irrigue toscane. Per quanto riguarda le informazioni topografiche, pedologiche e di copertura del suolo, sono stati quindi acquisiti, dal portale GEOSCOPIO della Regione Toscana, i seguenti dataset:

- Confini amministrativi (Figura 3)
- Carta dell'uso e copertura del suolo aggiornata al 2013 (Il catalogo delle classi fa riferimento per le voci di legenda di III livello al sistema europeo di mappatura dell'uso e copertura del suolo del progetto CORINE Land Cover, integrato da un IV livello regionale. I contenuti sono orientati alla formalizzazione della legenda relativa alla cartografia tematica dell'UCS con scala di dettaglio 1:10.000 (CTR 10K) (Figura 3)
- Carta pedologica (classe LCC, Contenuto d'acqua, tessitura, ecc.) (Figura 4)
- Modello digitale del terreno – DTM (altimetria - risoluzione 1km x 1km) (Figura 5)

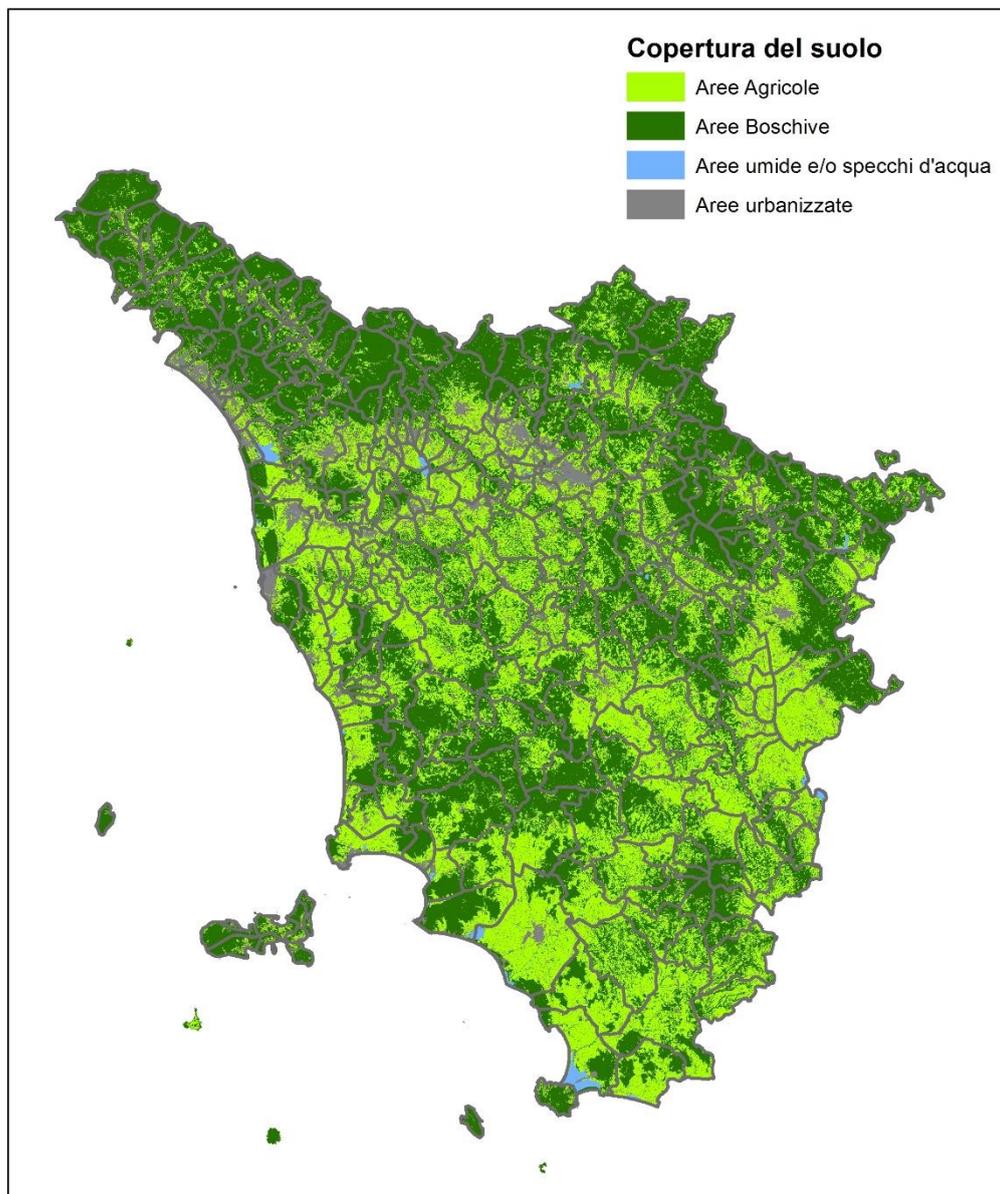


Figura 3. Confini amministrativi e Carta dell'uso e copertura del suolo (fonte: Regione Toscana)

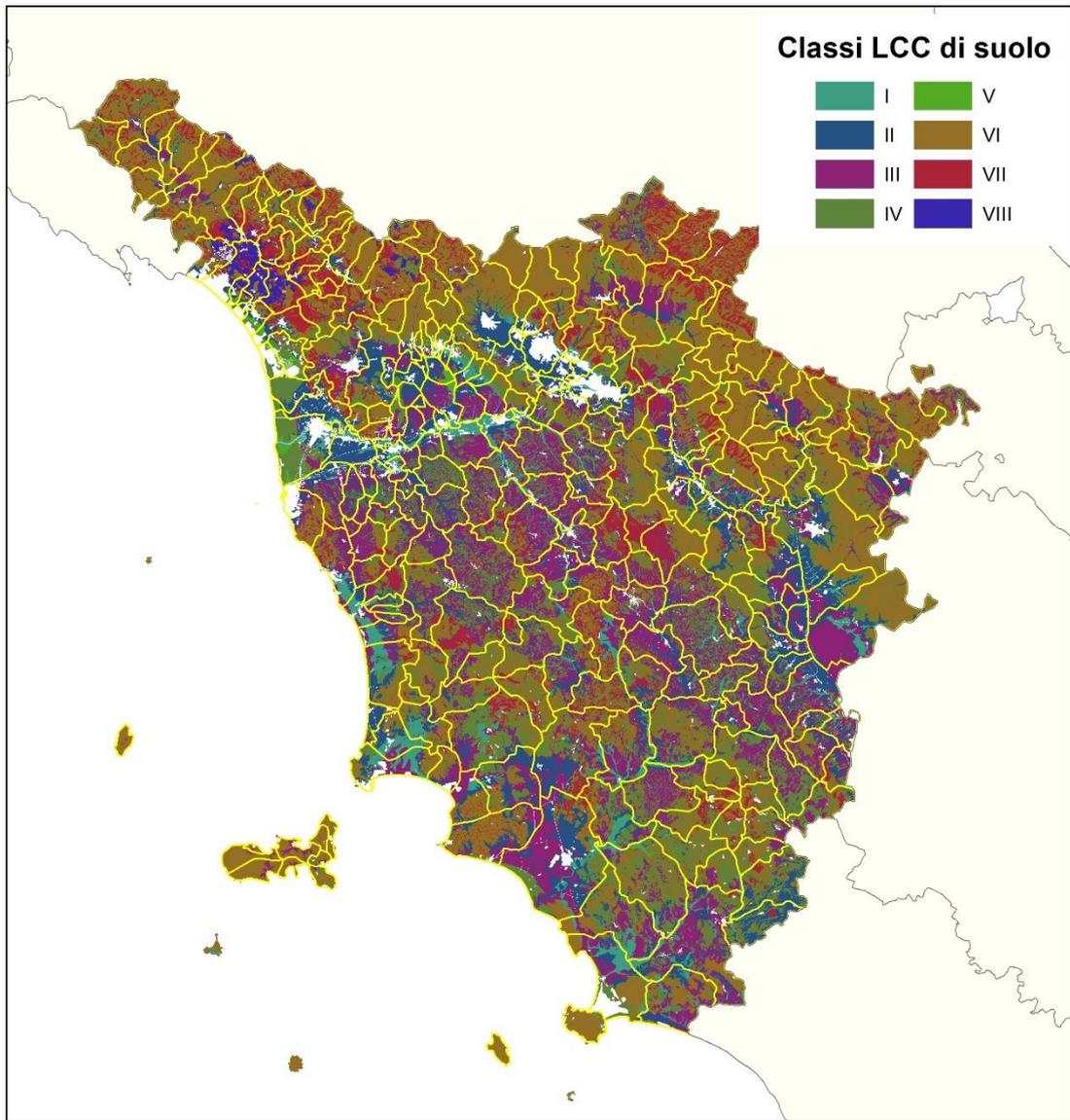


Figura 4. Classi LCC di suolo (fonte: Regione Toscana)

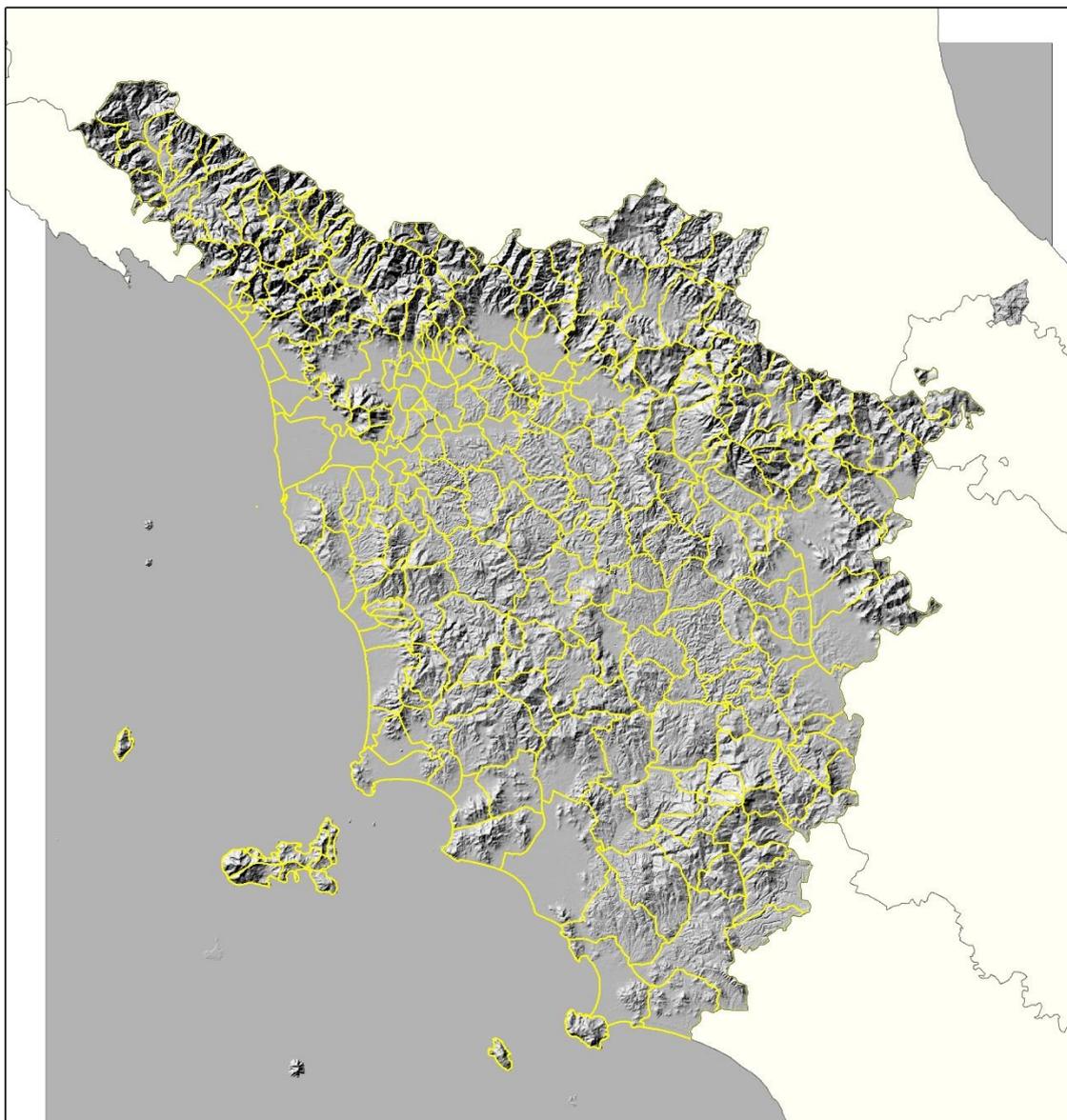


Figura 5. Modello digitale del terreno (1km x 1km, fonte: Regione Toscana)

Gli strati informativi acquisiti sono stati ritagliati sull'area di studio, omogenizzati fra di loro in termini di proiezione geografica e Datum (Gauss Boaga, EPSG 3003) e validati dal punto di vista geometrico attraverso opportuni operatori GIS.

Una volta effettuata tale correzione, dal database Carta e Uso del suolo, sono state estratte le aree corrispondenti ai seminativi non irrigui della Regione Toscana (codice: 211 del livello III) sia intensivi sia estensivi (rispettivamente codici 2111 e 2112 del livello IV) (Figura 6).

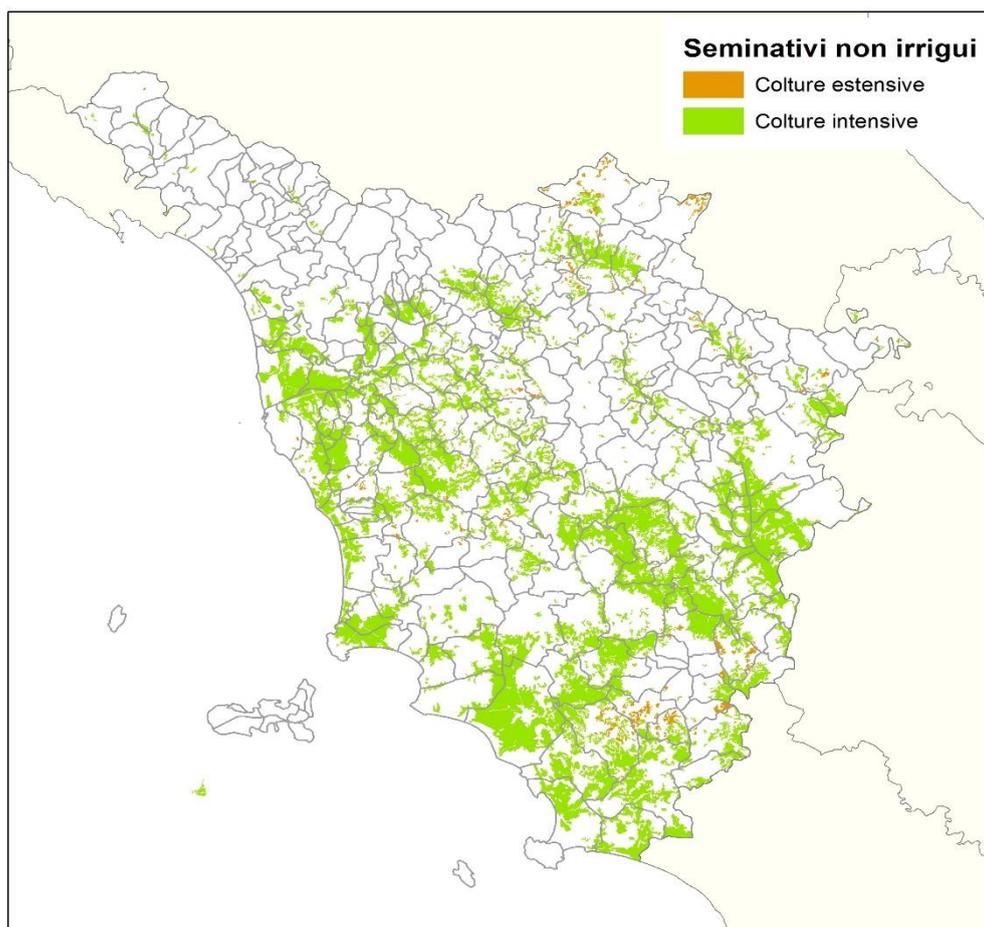


Figura 6. Seminativi non irrigui, colture estensive e intensive

La carta pedologica, avente risoluzione 1km x 1km contiene per tutta la regione le informazioni contenute in tabella 3:

Tabella 3. Descrizione delle informazioni contenute nel database dei suoli

DESCRIZIONE	UM
area	mq
perimetro	m
id inteno	-
id coverage provenienza	-
Codice unità cartografica	-
classe di capacità d'uso	-
sottoclasse di capacità d'uso	-
classe e sottoclasse	-
Available Water Content (AWC)	mm
acqua gravitazionale	mm
acqua capillare	mm
Costante di saturazione (Ksat sezione 0-150 cm)	cm/h
Costante di saturazione (Ksat sezione 0-30 cm)	cm/h
Gruppo idrologico SCS	-

contenuto medio in sabbia 0-50 cm	%
contenuto medio in argilla 0-50 cm	%
contenuto medio in limo 0-50 cm	%
contenuto medio in sostanza organica 0-50 cm	%

Il database dei suoli è stato quindi ritagliato (operazione CLIP) sulla base delle aree a seminativo in modo da estrarre i suoli corrispondenti alle aree oggetto di studio.

Il DTM (Digital Terrain Model, modello digitale del terreno) fornisce dati, ad una risoluzione spaziale di 1 km x 1km dell'altitudine. Tale dato è stato quindi ritagliato sulle aree a seminativo non irriguo. Inoltre, tramite operazioni GIS, è stata creata una mappa delle pendenze e delle esposizioni delle stesse aree sempre alla risoluzione spaziale di 1km x 1km (Figura 7).

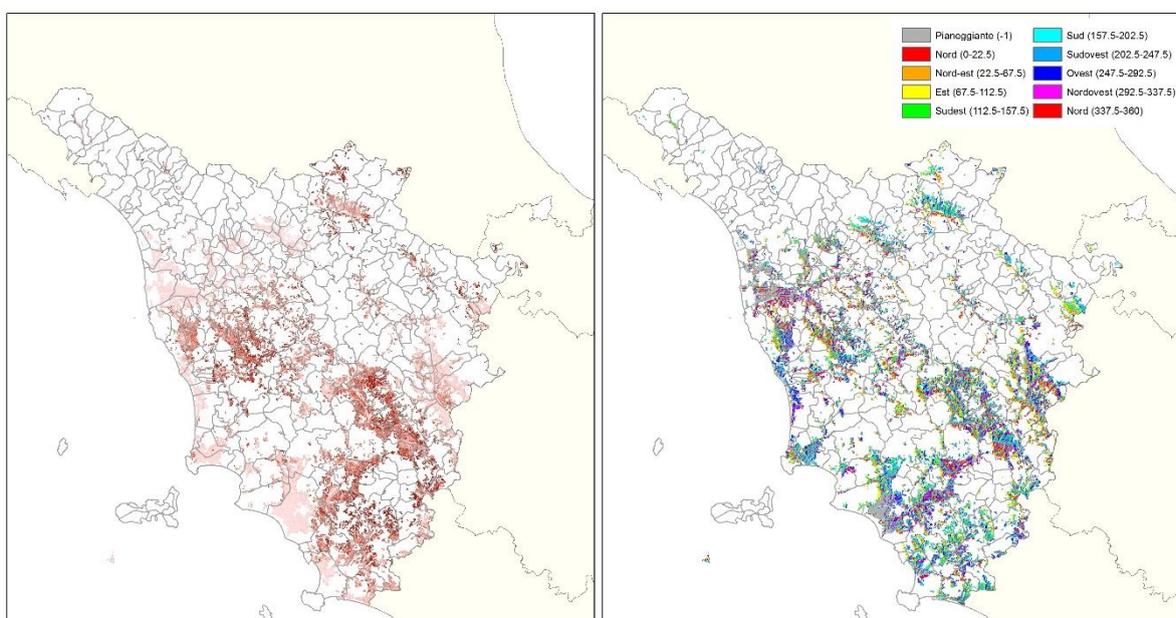


Figura 7. Carta delle pendenze (sx) e delle esposizioni (dx) derivate dal DTM

I dati climatici (dati giornalieri di temperatura minima, massima, pioggia e radiazione solare) sono stati estratti dal database Crop Growth Monitoring System (CGMS) del Joint Research Centre (JRC) (<http://ec.europa.eu/jrc/en/mars>) che contiene una serie completa di dati meteorologici osservati. Questo data set contiene dati derivanti dall'interpolazione di più di 3000 stazioni meteorologiche europee creata appositamente per scopi modellistici. I dati meteorologici forniti dal dataset sono sito-specifici, e forniscono dati di temperatura, pioggia e radiazione giornalieri dal 1975 ad una griglia regolare di 25 km di risoluzione spaziale. La procedura di interpolazione adottata (van der Goot &

Orlandi 2003), fa riferimento ad aree agricole all'interno di celle rappresentative (Semenov et al. 2010). Per questo studio, sono state estratte le variabili meteorologiche riferite al periodo 1975 - 2015. Successivamente, è stata creata una griglia di punti (1km x 1km), e ad ogni punto è stato associato un codice identificativo (ID), corrispondente alle informazioni relative ai dati meteo della cella più vicina, nonché ad altitudine, pendenza, esposizione, comune, coltura intensiva/estensiva, parametri pedologici. Tali informazioni sono state utilizzate per applicare il modello colturale SSM-Wheat su ogni punto di griglia (Figura 8).

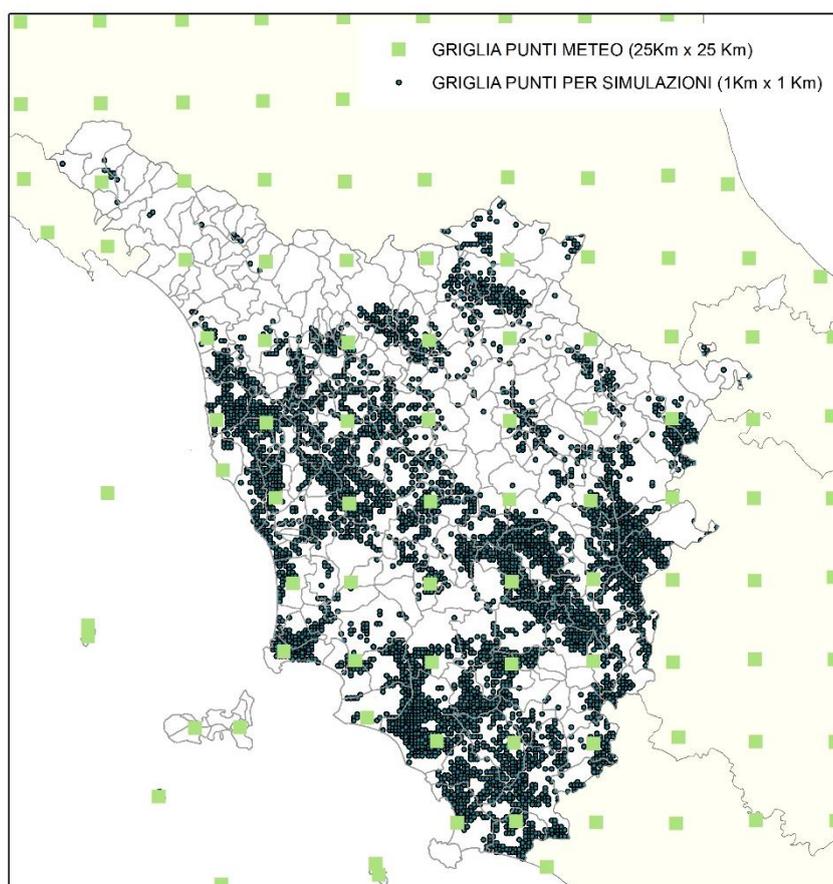


Figura 8. Griglia dei punti su cui è stato applicato il modello colturale SSM-Wheat e griglia di punti meteo

#### - **Produzione di mappe tematiche relative alle aree migliori di coltivazione**

Il modello calibrato SSM-Wheat è stato applicato su ciascun punto di griglia del dataset creato al fine di identificare e localizzare la produttività delle quattro varietà di frumento tenero prese in esame nelle aree non irrigue del territorio toscano. Il modello è stato quindi impiegato utilizzando i parametri varietali che descrivono le varietà Andriolo, Bolero, Sieve e Gentil rosso precedentemente individuati durante la fase di calibrazione del modello. Le simulazioni sono state effettuate considerando una data di semina fissa, 15 novembre e una densità di semina di 450 semi m<sup>-2</sup>. Per quanto riguarda la gestione,

sono stati previsti tre interventi di concimazione, in pre-semina, fase di accestimento e, al termine della levata, rispettivamente di 33 kg di azoto ha<sup>-1</sup> come (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (11-25-0) e in copertura entrambi di 52 kg di azoto ha<sup>-1</sup> come NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (26%). I dati meteorologici utilizzati nelle simulazioni sono quelli riferiti al database CGMS, precedentemente descritto, avente una risoluzione spaziale a 25 km, considerando il trentennio 1970-2010 e una concentrazione di CO<sub>2</sub> pari a 360 ppm. Per il suolo, sono stati invece presi i parametri del dataset creato avente risoluzione spaziale di 1 km. I risultati ottenuti dalle simulazioni sono riportati in Figura 9 suddivisi per le quattro varietà. I risultati di resa sono riportati come resa media del trentennio considerato.

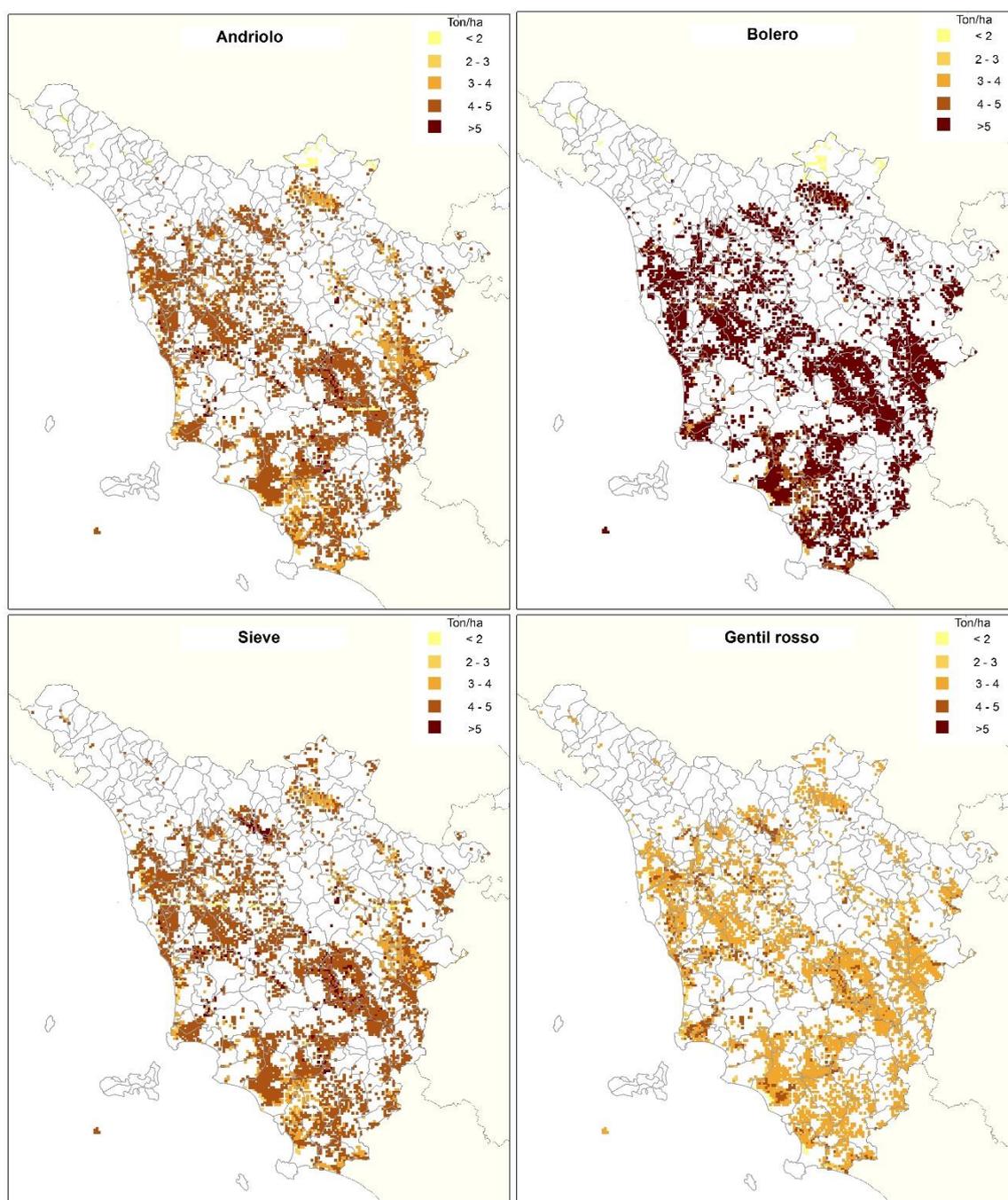


Figura 9: Resa media (ton ha<sup>-1</sup>) delle quattro varietà di frumento tenero, Andriolo (in alto a sx), Bolero (in alto a dx), Sieve (in basso a sx) e Gentil rosso (in basso a dx) per ciascun punto di griglia su cui è stato applicato SSM-Wheat.

I risultati mostrano come la varietà Bolero, considerata la varietà moderna di riferimento, risulta essere quella maggiormente produttiva con rese medie superiori a 5 ton ha<sup>-1</sup> in gran parte del territorio toscano (Figura 9). Al contrario, la varietà Gentil Rosso è risultata essere la meno produttiva rispetto alle altre due varietà antiche (Andriolo e Sieve), con rese medie che non superano 3-4 ton ha<sup>-1</sup> (Figura 9).

Considerando le sole varietà antiche, oggetto di questo studio, la produzione media risultante dalle simulazioni per le province toscane si attesta attorno alle 4 ton ha<sup>-1</sup> (Figura 10) e tale valore rientra nella media di produzione regionale (ISTAT, 2011). Le tre varietà antiche hanno mostrato dinamiche confrontabili in tutte le province toscane, con Andriolo e Sieve che hanno ottenuto rese medie simili, mentre Gentil Rosso è sempre risultata la meno produttiva. I risultati hanno mostrato che, per le varietà considerate, la provincia di Massa-Carrara è la meno produttiva della Regione.

La varietà Andriolo è risultata essere meno produttiva rispetto alla media varietale nella zona del Mugello (FI) e della Lunigiana (MS), con rese inferiori a 2 ton ha<sup>-1</sup>, mentre, per le medesime zone, le rese delle varietà Sieve e Gentil Rosso non si sono discostate dalle rispettive medie varietali.

Le rese più basse (<2.5 ton ha<sup>-1</sup>) per la varietà Gentil Rosso e Sieve si sono osservate nei comuni di Monsummano Terme (PT), a San Giuliano Terme (PI), Castelfranco di Sotto (PI) e a Bientina (PI).

Tra le aree meno produttive troviamo le zone situate nelle vicinanze della costa, come Camaiore (PI), Viareggio (LU), Orbetello (GR) dove si sono ottenute rese mediamente più basse per tutte le varietà (2-3 ton ha<sup>-1</sup>). Alcune località del grossetano e dell'aretino sono risultate meno produttive rispetto alle rispettive medie provinciali, come i comuni di Paganico (GR), Gavorrano (GR), Piandiscò (AR), Terranuova Bracciolini (AR).

Va inoltre considerato che il modello colturale SSM-Wheat non è in grado di simulare l'allettamento, l'attacco di eventuali parassiti o il manifestarsi di malattie che, in particolari annate, potrebbero aver colpito il frumento e causato una perdita di resa.

Come considerazione generale, possiamo affermare che gran parte delle aree considerate in questo studio sono vocate alla produzione delle varietà antiche, con differenze dettate dalla varietà di frumento considerata. Inoltre, tra le varietà, il Gentil Rosso è risultata la meno produttiva.

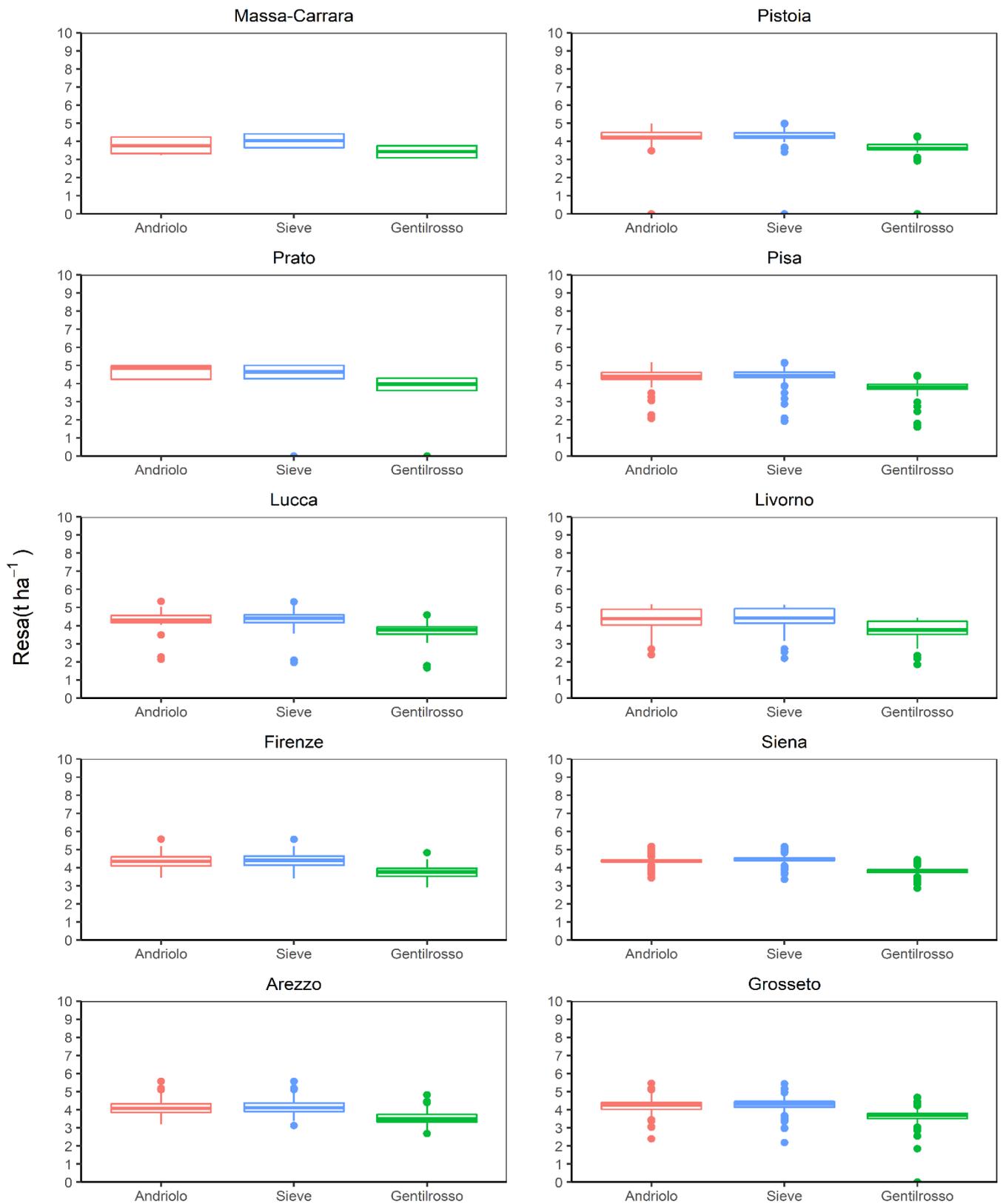


Figura 10: Resa media simulata (ton ha<sup>-1</sup>) delle tre varietà antiche di frumento tenero, Andriolo (rosso), Sieve (blu) e Gentil rosso (verde) per ciascuna provincia della Toscana.

#### Bibliografia:

ISTAT, 2011. <http://dati.istat.it>

van der Goot E, Orlandi S (2003) Technical description of interpolation and processing of meteorological data in CGMS. EC Joint Research Centre, Ispra

Semenov MA, Barrow EM, 1997. Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Clim Change*, 35: 397-414

Semenov MA, Donatelli M, Stratonovitch P, Chatzidaki E, Baruth B (2010) ELPIS: a dataset of local-scale daily climate scenarios for Europe. *Clim Res* 44: 3–15

Soltani A, Sinclair TR (2012) Modeling physiology of crop development, growth and yield. ISBN-13: 978 1 84593 970 0

Soltani A, Maddah V, Sinclair TR (2013) SSM-Wheat: a simulation model for wheat development, growth and yield. *Int J of Plant Prod* 7 (4) ISSN: 1735-6814 (Print), 1735-8043 (Online)

Yang JM, Yang JY, Liu S, Hoogenboom G (2014) An evaluation of the statistical methods for testing the performance of crop models with observed data. *Agricultural Systems*, 127: 81-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2014.01.008>

#### *Considerazioni finali*

Per la sezione “Interazioni genotipo-ambiente”, i risultati ottenuti applicando il modello di simulazione colturale SSM-Wheat, hanno mostrato che le varietà antiche potranno giovare del cambiamento climatico previsto per il futuro, in modo maggiore rispetto alla varietà moderna Bolero. Il motivo dell’incremento di resa è da ricercarsi nella combinazione dell’effetto positivo dell’anticipo delle fasi fenologiche e dell’incremento di CO<sub>2</sub>. Infatti, l’anticipo delle fasi fenologiche dovuto ad un incremento delle temperature previste per il medio e lungo periodo, farà sì che la fioritura possa avvenire in condizioni climatiche meno stressanti per la pianta. Di conseguenza, il rischio di problematiche legate ad elevate temperature, come ad esempio la minor vitalità del polline e gli aborti fiorali, saranno ridotte. Invece, è dimostrato da numerosi studi (Ventrella et al., 2012; Moriondo et al., 2016), che l’incremento di CO<sub>2</sub> aumenta l’efficacia d’uso della radiazione e l’efficacia d’uso dell’acqua, aumentando la biomassa prodotta dalla pianta e, di conseguenza, anche quella accumulata in granella.

Nell’identificazione delle aree maggiormente vocate alla coltivazione di frumento in Toscana, è emerso che le tre varietà antiche considerate possono essere coltivate in tutte le aree non irrigue della Regione. Nonostante ciò, le aree costiere sono risultate le meno produttive per tutte le varietà, mentre, in alcune

località, come ad esempio la zona del Mugello, si sono osservate rese diverse a seconda della varietà considerata.

Moriondo, M., Argenti, G., Ferrise, R., Dibari, C., Trombi, G., Bindi, M., 2016. Heat stress and crop yields in the Mediterranean basin: impact on expected insurance payouts. *Reg. Environ Change*, 16:1877-1890

Ventrella, D., Charfeddine, M., Moriondo, M., Rinaldi, M., Bindi, M., 2012. Agronomic adaptation strategies under climate change for winter durum wheat and tomato in southern Italy: irrigation and nitrogen fertilization. *Reg. Environ Change* 12, 407:419

## 8. Ottimizzazione delle tecniche di trasformazione

Partner attuatore: DISPAA - Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio - Università di Firenze

La selezione dei grani durante gli ultimi 50 anni ha avuto come obiettivo principale quello di determinare un aumento delle rese e del contenuto di proteine, al fine di facilitare il processo di panificazione. In questo scenario le antiche varietà di grano si sono mostrate sempre meno adatte alla coltivazione in quanto caratterizzate da rese inferiori e da un minor contenuto di glutine (o di inferiore qualità), rispetto alle varietà moderne. Negli ultimi anni si è riscontrato un rinnovato interesse nei confronti delle varietà antiche di grano, dovuto alle loro numerose proprietà positive quali: un equilibrato contenuto proteico totale, un elevato tenore in vitamine, minerali e fibra, alle loro interessanti proprietà nutrizionali, al fatto di essere il risultato di produttori piccoli a filiera corta e al fatto di rappresentare una tutela della biodiversità. Per tutti questi motivi, le varietà antiche sono rientrate in coltivazione. Dal punto di vista tecnologico però, tali varietà mostrano caratteristiche peggiori rispetto ai frumenti moderni; sono infatti contraddistinte da una minore forza ed estensibilità (basso W e alto P/L) e da una minore quantità/qualità di glutine. Ciò porta a numerose problematiche di lavorazione e all'ottenimento di prodotti da forno difficilmente accettabili da parte del consumatore.

Pertanto, all'interno del progetto sono state svolte alcune attività finalizzate al miglioramento delle proprietà tecnologiche degli impasti prodotti a partire da frumenti antichi e delle caratteristiche dei corrispettivi pani. In particolare, le attività svolte nel progetto sono state incentrate sulle seguenti attività:

- Valutazione dei protocolli di lavorazione dei panifici.
- Messa e punto e valutazione di una tecnica di pregelatinizzazione dell'amido di frumento da inserire negli impasti per il miglioramento delle caratteristiche dei pani prodotti. Tale tecnica è emersa durante la valutazione dei protocolli di lavorazione dei panifici.
- Messa a punto di un modello previsionale delle performance alveografiche (W e P/L), dei frumenti antichi a diversi gradi di raffinazione (integrale, tipo 2 e tipo 0 ), e con diversi livelli di acqua nell'impasto.
- Valutazione, mediante analisi delle caratteristiche tecnologiche e test di micro-panificazione, delle performance delle farine provenienti da cultivar diverse sottoposte a differenti pratiche agronomiche: densità di semina, dose di concimazione azotata, apporto di zolfo
- Valutazione, mediante analisi delle caratteristiche tecnologiche degli impasti, di varietà antiche coltivate nell'areale costiero

Tali attività sono state svolte in scala laboratorio per lo studio dei fenomeni e la costruzione dei modelli con un numero di repliche sufficiente per consentire un'attendibilità statistica delle conclusioni tratte. Nel caso dei test sulla pre-gelatinizzazione dell'amido i risultati sono stati validati presso il laboratorio di Montepaldi su scala più grande (10 kg di impasto). Tale scala, da un lato è da considerarsi rappresentativa dei processi che avvengono in panificio e, dall'altro, consente di poter svolgere delle repliche con un risparmio di materiale rispetto alla prova in panificio vera e propria.

#### *Valutazione dei protocolli di lavorazione dei panifici*

Questa attività è stata svolta con l'obiettivo di descrivere, ad oggi, come vengono trasformate in pane le farine provenienti da frumenti antichi in Toscana. Per poter compiere questa valutazione è stato sottoposto ai panificatori (facenti parte del progetto e non), il questionario di seguito riportato. Il questionario è stato somministrato sia tramite sopralluoghi in panificio, sia telefonicamente.

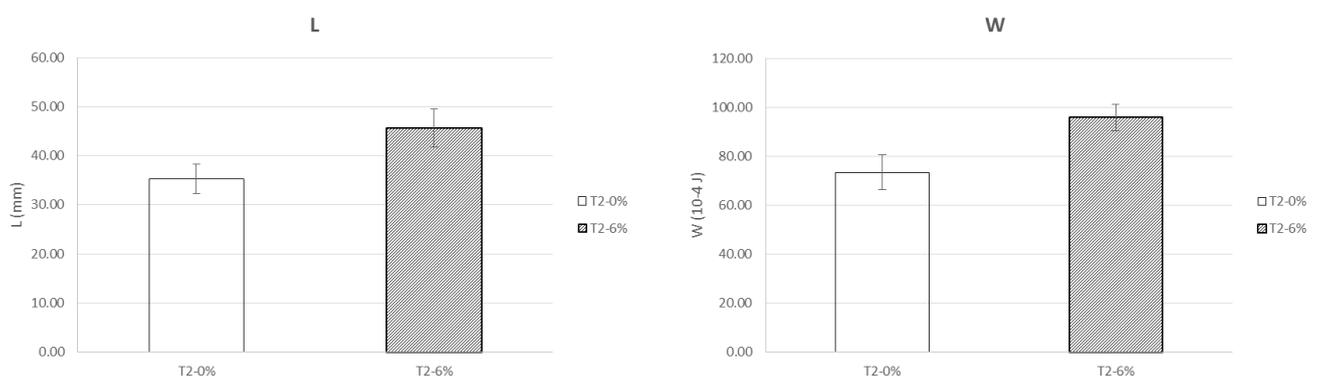
1. *Utilizzate farine macinate a pietra o a laminatoio?*
2. *Quali varietà da grani antichi utilizzate?*
3. *Perché avete scelto di utilizzare queste varietà?*
4. *Ci sono varietà che avete provato ma hanno dato problemi di lavorazione? (Se sì quali)*
5. *Quali sono gli ingredienti dell'impasto da grani antichi e in che rapporto vengono aggiunti? (se presente la pasta madre: domande lavorazione pasta madre)*
6. *Utilizzate qualche migliorante per favorire la lavorazione dell'impasto?*
7. *Pasta madre: da quali ingredienti è composta e in che rapporto si trovano?*
8. *Pasta madre: come viene lavorata prima e dopo essere utilizzata per l'impasto?*
9. *Quali sono le schede tecniche delle farine che acquistate? Quali valori hanno come riferimento?*
10. *Il pane da grani antichi che produce è formato al 100% da grani antichi o è una miscela di farine? In quest'ultimo caso indicare la composizione della miscela*
11. *Fase di impastamento: tipo di impastatrice, tempo totale di impastamento, momento di aggiunta degli ingredienti all'impasto (NB: temperatura dell'acqua)*
12. *Quali fasi seguono l'impastamento e in quale sequenza? (puntatura, pezzatura, messa in forma, lievitazione)*
13. *Fase di lievitazione: tempo e temperatura di lievitazione, eventuale presenza di cella di lievitazione, umidità relativa dell'ambiente*
14. *Fase di cottura: tipo di forno (statico o ciclo termico) tempo e temperatura di cottura, eventuale controllo dell'umidità*
15. *Quali pezzature di pane produce?*
16. *Qual è l'accorgimento indispensabile per ottenere un pane da grani antichi di qualità?*
17. *Quale tipo di valutazione/i fate per considerare un prodotto soddisfacente? (durante le varie fasi del processo)*
18. *Quali problematiche sono connesse all'utilizzo di grani antichi?*

Dall'analisi delle risposte al questionario è emersa una tecnica particolarmente interessante che, a detta del fornaio che ce l'ha descritta, permette di migliorare le performance tecnologiche degli impasti e le

caratteristiche qualitative dei pani prodotti, senza aggiungere alcun ingrediente alla ricetta. Questo procedimento chimico-fisico consiste nella pre-gelatinizzazione di una parte dell'amido del frumento ed è stato testato con prove dedicate.

### *Messa e punto e valutazione di una tecnica di pre-gelatinizzazione dell'amido di frumento*

In letteratura, l'aggiunta di amido pre-gelatinizzato in impasti per panificazione ottenuti da farine raffinate di differente origine (riso, frumento, chia), determina un aumento del volume del pane e della sua sofficità. Sulla base delle indicazioni della letteratura e delle indicazioni emerse dal questionario somministrato ai panificatori, in questo lavoro è stato studiato l'effetto dell'aggiunta di amido pre-gelatinizzato a impasti ottenuti a partire da farine di grani antichi. Sono stati effettuati due trial differenti: nel primo trial sono stati testati tre livelli di acqua (59%, 70% e 80% rispetto alla quantità di farina utilizzata), e due livelli di amido pre-gelatinizzato (0% e 6% rispetto alla quantità di farina utilizzata). I risultati ottenuti hanno evidenziato la necessità di utilizzare specifiche e differenti quantità di acqua nella ricetta per gli impasti controllo rispetto a quelli con aggiunta di amido pre-gelatinizzato, al fine di ottimizzare le loro performance sia in relazione alle proprietà reologiche che alla texture del prodotto finito (ottimizzare la performance in panificazione forse?). Nel secondo trial sono stati testati i due livelli di amido pre-gelatinizzato precedentemente descritti in impasti preparati alla consistenza riportata come ottimale in letteratura, 500 UB. È stato necessario aggiungere una maggiore quantità di acqua nel campione contenente amido pre-gelatinizzato rispetto al controllo per raggiungere il valore di 500 UB. Inoltre, gli impasti contenenti amido pre-gelatinizzato hanno mostrato le migliori caratteristiche reologiche: un significativo aumento del valore della forza dell'impasto,  $W$  ( $J \cdot 10^{-4}$ ) e della sua estensibilità,  $L$  (mm), nonché un andamento tendenzialmente in diminuzione del rapporto  $P/L$  che più si avvicina ai valori del range ottimale (0.4-0.7). Le figure riportate di seguito riassumono gli effetti evidenziati sugli impasti, dove si può vedere l'aumento dell'estensibilità ( $L$ ) e della forza dell'impasto ( $W$ ) rappresentati dalle colonne scure rispetto al controllo (colonne chiare).



Anche i pani ottenuti dagli impasti con amido pre-gelatinizzato hanno rivelato caratteristiche migliori rispetto ai controlli: un significativo aumento del volume e una migliore texture (minore durezza, gommosità e masticabilità).

Nella figura si riportano le fette centrali dei pani ottenuti senza (colonna sinistra) e con (colonna destra), l'aggiunta di amido pre-gelatinizzato. Dall'immagine appaiono evidenti i cambiamenti descritti sopra.



Pertanto, l'aggiunta di amido pre-gelatinizzato potrebbe rappresentare una buona strategia per migliorare le performance in panificazione di impasti ottenuti a partire da farine di grani antichi, senza dover ricorrere all'aggiunta di additivi o miglioranti, preservando così il loro elevato valore nutrizionale.

*Messa a punto di un modello previsionale delle performance alveografiche (W e P/L) dei frumenti antichi a diversi gradi di raffinazione (integrale, tipo 2 e tipo 0) e con diversi livelli di acqua nell'impasto*

Questa prova ha permesso in primo luogo di effettuare una valutazione analitica delle proprietà fisico-meccaniche degli impasti a diverso grado di raffinazione e sulla determinazione della quantità ottimale di acqua da aggiungere all'impasto. I metodi alveografici che sono utilizzati ad oggi per determinare queste proprietà forniscono interessanti indicazioni sulle caratteristiche tecnologiche delle farine e sul loro

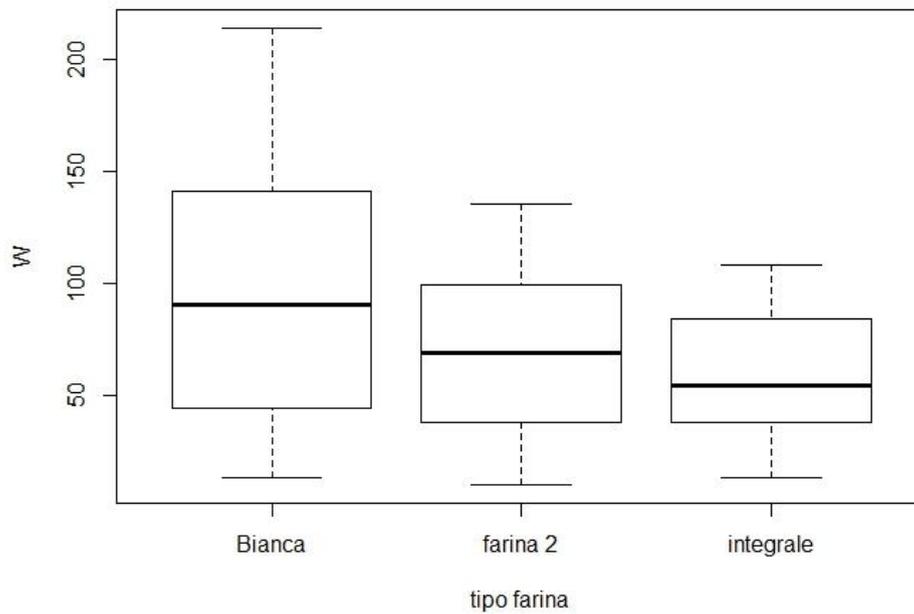
comportamento durante il processo di panificazione. Tuttavia, questi metodi alveografici sono stati sviluppati per testare farine raffinate, mentre la maggior parte dei grani antichi sono trasformati in farine integrali e di tipo 2. Dato che le indicazioni ottenute con l'alveografo sono utilizzate dal panificatore per decidere il tempo di impastamento, il tipo di impastatrice ed i suoi settaggi, abbiamo in primo luogo verificato la diversa risposta di questo strumento durante l'analisi della stessa farina a 3 diversi gradi di raffinazione.

Sono state caratterizzate 4 diverse tipologie di farina: 2 monovarietalì (cv. Verna e cv. Nogal) e 2 mix: uno composto di soli grani antichi teneri e lo stesso mix con l'aggiunta del 20% di grano duro cv. Senatore Cappelli.

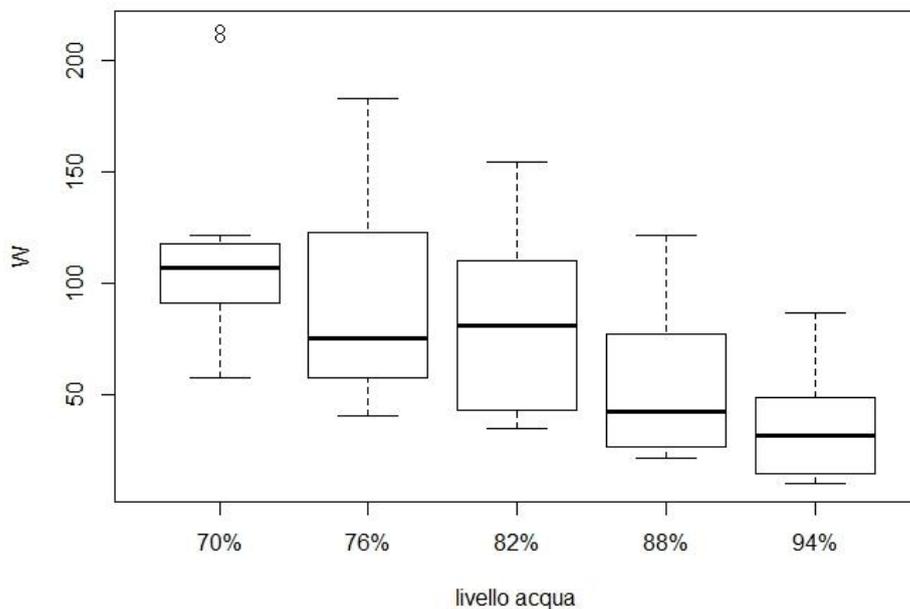
I due parametri maggiormente considerati durante la trasformazione sono il W ed il rapporto P/L. In breve, il parametro P rappresenta la tenacità della farina, ed il parametro L la sua estensibilità. Il rapporto P/L mette quindi in relazione questi due parametri. Una farina ben bilanciata tra tenacità (P), e estensibilità (L), produce come prodotto finito un pane con il massimo volume e con una struttura interna ben proporzionata. Il W rappresenta invece l'energia che può sopportare l'impasto in termini di deformazione prima di rompersi. Per valutare la qualità panificabile delle farine sono considerati tradizionalmente i seguenti valori di W e di P/L:

- Farine di bassa qualità: con  $W < 90$ , non idonee alla panificazione.
- Farine deboli: con W tra 90 e 160, adatte alla produzione di biscotti e cracker, esse hanno un basso contenuto proteico, solitamente intorno al 9%.
- Farine con forza media: con W tra 160 e 250 e P/L tra 0,3 e 0,7, adatte alla produzione di paste fresche, pane francese, ferrarese e pugliese; inoltre si usano per rinfrescare il lievito e per realizzare impasti di tipo diretto o lievitazioni di breve durata come, per esempio, impasti per pizze e focacce.
- Farine di forza: con W tra 250 e 310 e P/L maggiore di 0,7, adatte alla produzione di pani a pasta dura, rosetta, baguette e biove, prodotte con grani nazionali ed esteri.
- Farine per lievitati con W tra 310 e 370 e P/L maggiore di 0,7, adatte per impasti a lunga lievitazione e per la produzione di prodotti da forno da ricorrenza come pandoro, panettone, colombe pasquali ma anche brioches e croissant.

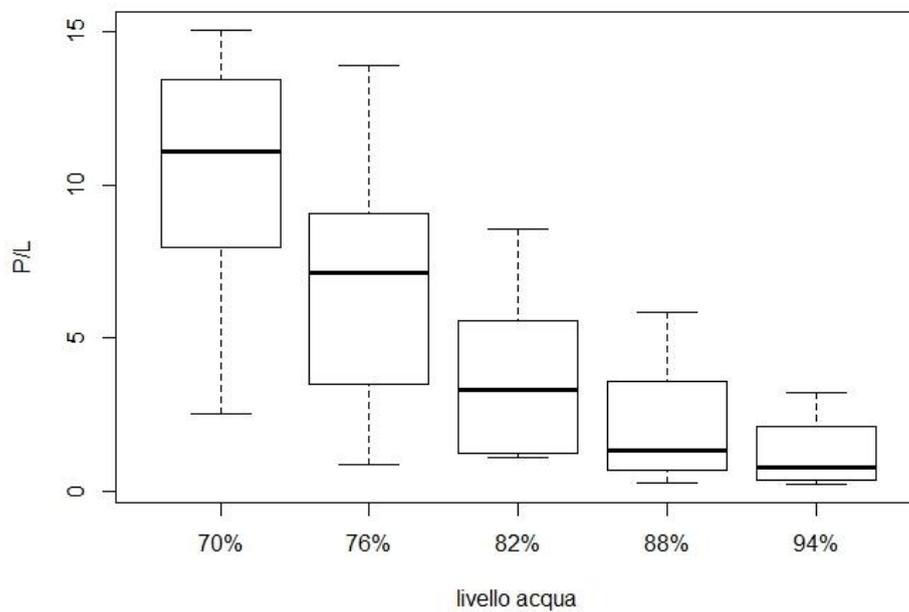
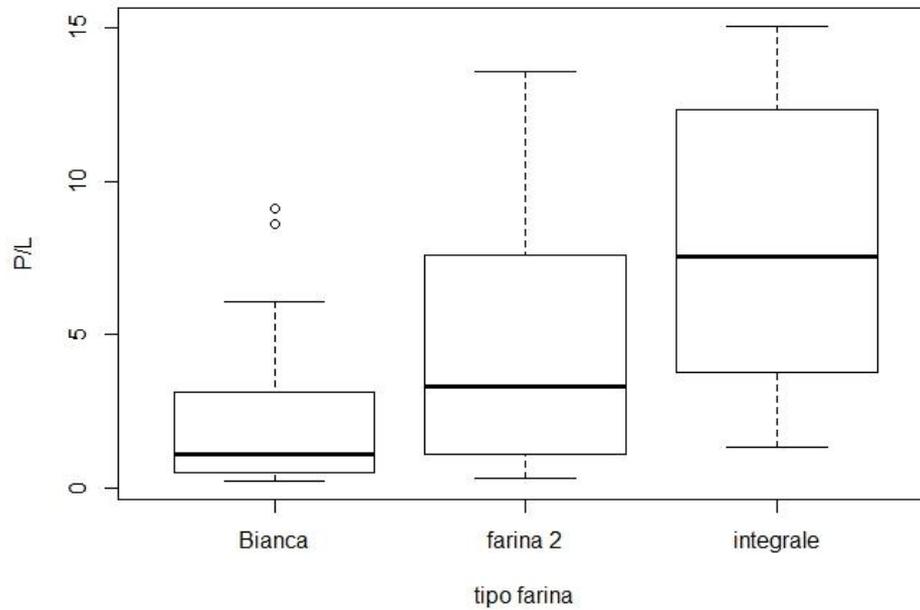
In termini di W i frumenti da noi testati si assestano fra le farine deboli, anche se il valore di questo parametro cambia in funzione del grado di raffinazione. Infatti, come si può vedere nella figura sottostante, il valore di W cresce all'aumentare del grado di raffinazione. Le farine bianche hanno i W maggiori, mentre quelle integrali i valori più bassi.



Inoltre, il valore di  $W$  decresce all'aumentare del contenuto di acqua all'interno degli impasti. Tali misure sono importanti per la scelta della quantità di acqua ottimale da introdurre all'interno degli impasti, dato che da prove svolte in precedenza lo strumento che di solito viene usato per questo tipo di determinazione (il farinografo), risulta essere poco attendibile per i frumenti antichi. Nella figura successiva sono riportati i  $W$  misurati a diversi contenuti di acqua dell'impasto e le concentrazioni di acqua sono espresse come percentuale in peso rispetto alla farina (un valore del 100% indica lo stesso peso di acqua e farina).



Il rapporto P/L evidenzia lo stesso comportamento: cresce all'aumentare del grado di raffinazione della farina e decresce all'aumentare del contenuto d'acqua, come evidenziato nelle due figure seguenti.



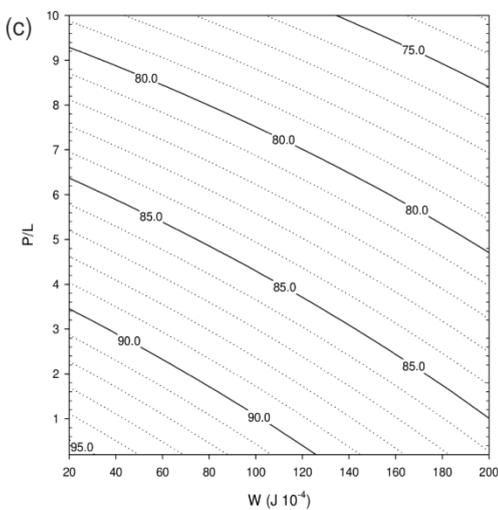
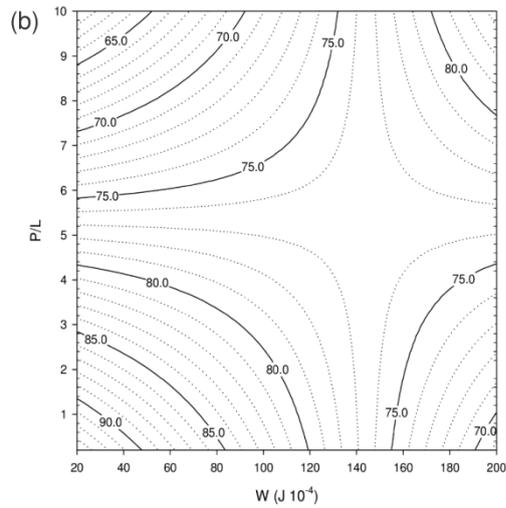
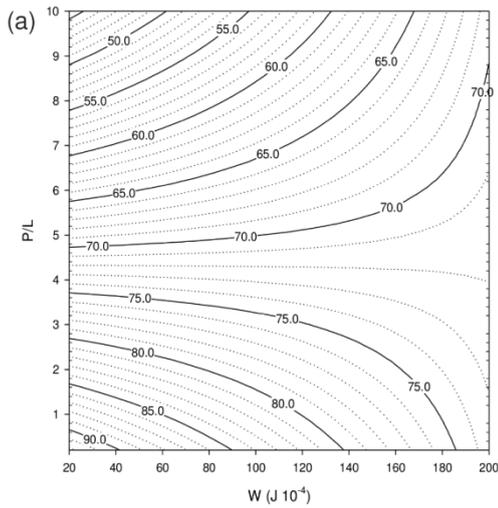
Ci troviamo di fronte ad un comportamento alveografico molto sfavorevole al panificatore, dato che questi dovrebbe da un lato cercare di avere P/L bassi, che richiederebbero molta acqua e dall'altro tentare di massimizzare il W, operazione che invece richiede poca acqua. Per quanto riguarda invece il grado di raffinazione della farina, la migliore dal punto di vista tecnologico appare essere quella bianca,

che viceversa risulta essere la peggiore dal punto di vista nutrizionale. La farina di tipo 2 mostra invece un comportamento intermedio.

L'analisi ha inoltre permesso di sviluppare un modello per prevedere le proprietà reologiche degli impasti prodotti con farine raffinate e non raffinate, se l'amido, la fibra insolubile, le proteine e il contenuto di glutine sono noti. Sebbene i grani antichi siano noti per le loro proprietà tecnologiche inferiori, anche un minimo miglioramento delle prestazioni reologiche, contribuirebbe a soddisfare la crescente domanda di questi prodotti e ad agevolare la loro produzione, con effetti positivi sulla redditività e la biodiversità delle produzioni. Nella tabella sottostante sono riportate le significatività statistiche dei diversi parametri chimici nella previsione dei parametri alveografici, ovvero quanto ciascuno di questi parametri influisce sulle caratteristiche reologiche degli impasti.

<b>Flour constituent</b>	<b>G</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>W</b>	<b>P/L</b>
Starch	p 0.026	p 0.001	p 0.012	p < 0.001	p 0.041
Protein	-	p < 0.001	-	p < 0.001	p 0.036
Gluten	p < 0.001	p 0.006	p < 0.001	-	p 0.001
Insoluble fiber	p < 0.001	p < 0.001	p 0.007	-	p < 0.001
Soluble fiber	-	-	p 0.022	-	-

Infine, i diagrammi a curve di livello hanno permesso di identificare il contenuto d'acqua ottimale degli impasti necessario per l'ottenimento di un prodotto finito con le proprietà tecnologiche richieste.

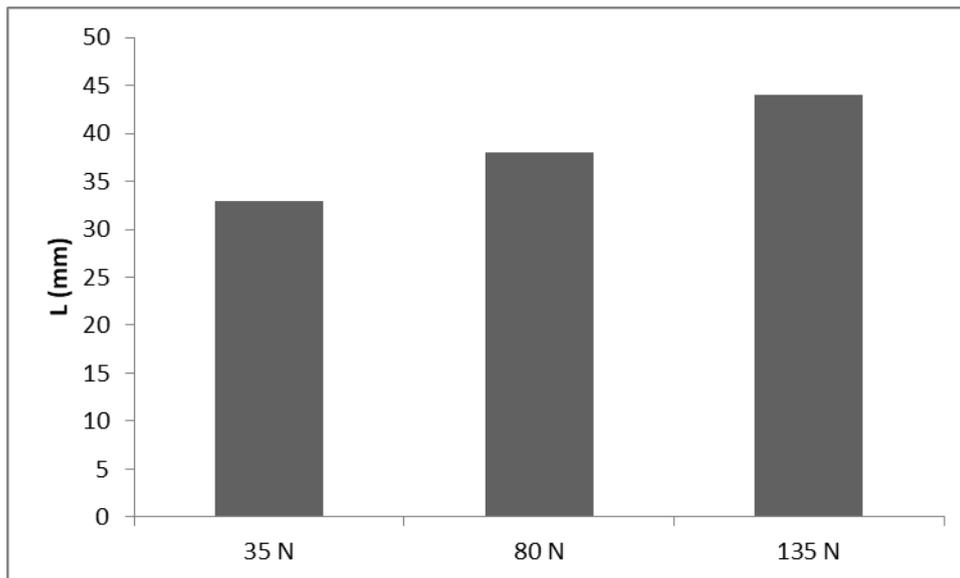


Tali grafici riportano i valori di W e P/L ottenibili a diversi contenuti di acqua (curve di livello) in farine da frumenti antichi bianche (a), tipo 2 (b) e integrali (c).

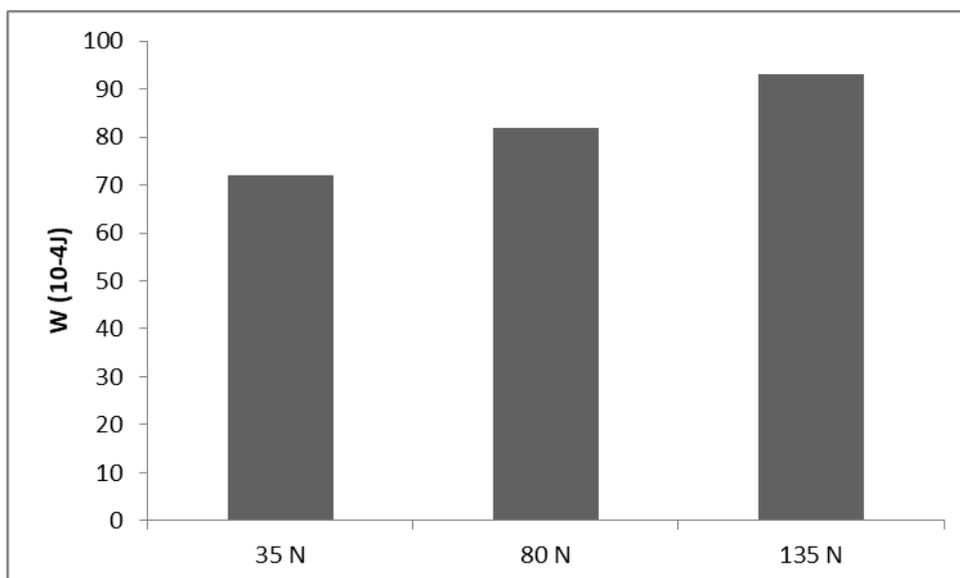
*Valutazione delle performance delle farine provenienti da cultivar diverse sottoposte a differenti pratiche agronomiche: densità di semina, dose di concimazione azotata, apporto di zolfo*

I risultati di seguito elencati fanno riferimento al piano sperimentale dei test agronomici effettuati presso l'azienda Chiarion nel 2017. Lo scopo delle nostre valutazioni era quello di individuare se le pratiche agronomiche avessero un effetto sulle proprietà tecnologiche degli impasti o sulle caratteristiche dei pani.

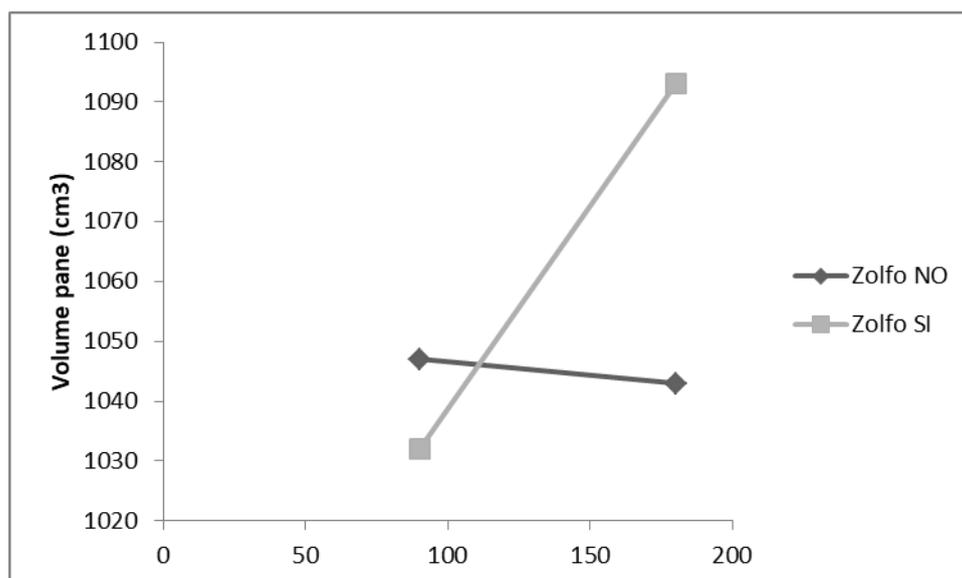
Una prima differenza messa in luce è stata la relazione fra dose di azoto ed estensibilità alveografica degli impasti. In particolare, si nota che, all'aumentare della dose di azoto utilizzata in campo durante la coltivazione del frumento, aumenta anche significativamente ( $p < 0.05$ ) l'estensibilità degli impasti (parametro L dell'alveografo), come evidente nel grafico sottostante.



Coerentemente, anche il parametro  $W$  risulta essere influenzato significativamente ( $p < 0.01$ ) dalla dose di concimazione azotata. Come si evince dal grafico sottostante, passare da 35 unità di azoto a 135 unità di azoto comporta un incremento medio di circa il 30% del valore di  $W$ .



Per quanto riguarda il volume dei pani finiti si ha un'interazione significativa fra la densità di semina e la dose di zolfo ( $p < 0.05$ ). I campioni non trattati con zolfo hanno messo in evidenza volumi finali del pane di  $1040 \text{ cm}^3$  ad entrambe le densità di semina. Al contrario, quelli trattati con zolfo sono rimasti pressochè invariati alla densità di semina inferiore ( $1032 \text{ cm}^3$  in media), mentre sono aumentati di volume alla densità maggiore, arrivando in media a  $1093 \text{ cm}^3$ . Un riassunto grafico di questo comportamento è riportato di seguito.

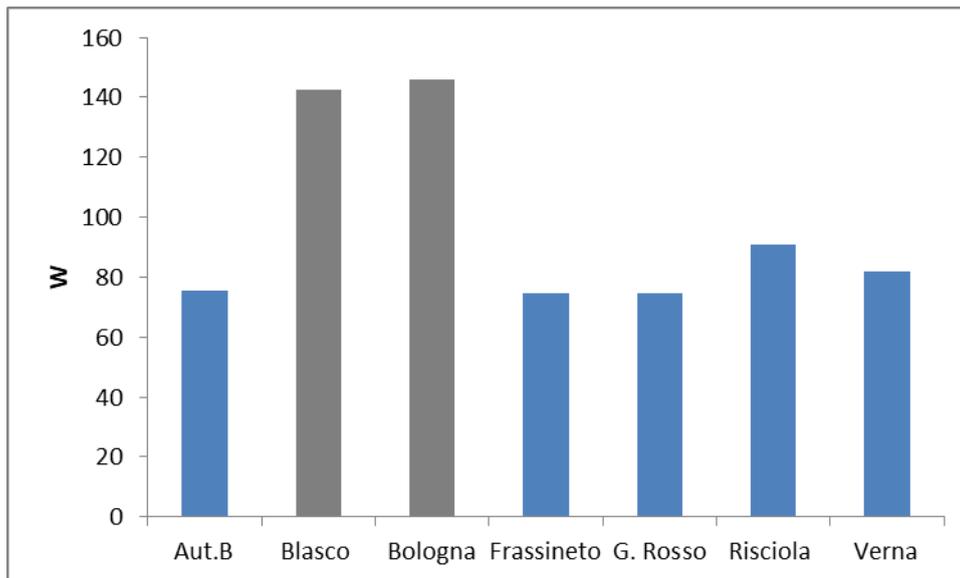


In definitiva, mediante la concimazione azotata è possibile cambiare, seppure in maniera abbastanza limitata, le caratteristiche reologiche degli impasti. Mediante la giusta combinazione di differenti densità di semina e l'apporto di zolfo è invece possibile aumentare leggermente il volume finale del pane.

*Valutazione, mediante analisi delle caratteristiche tecnologiche degli impasti, di varietà antiche coltivate nell'areale costiero*

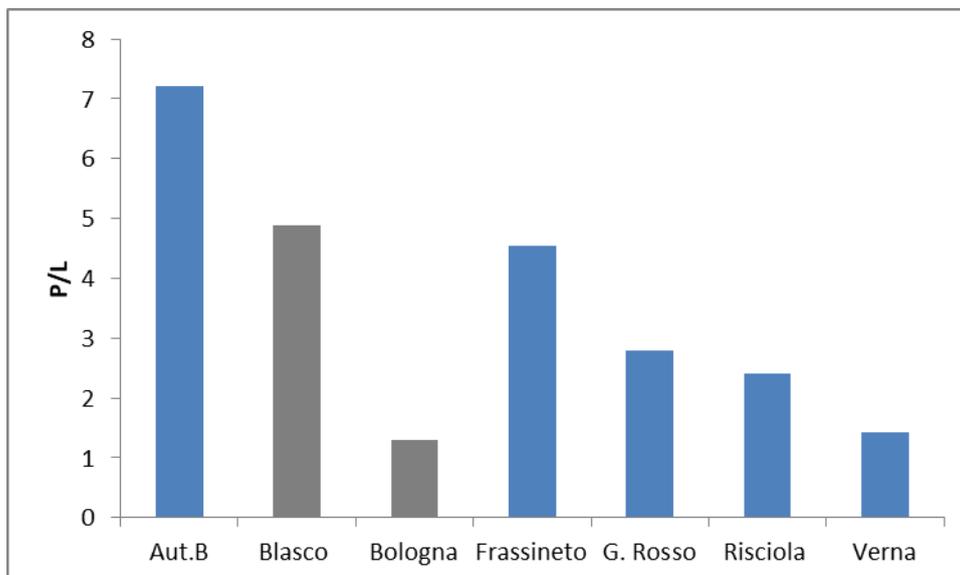
Dopo aver caratterizzato il differente comportamento delle farine a diverso grado di raffinazione, abbiamo indagato i valori alveografici di 7 varietà del progetto: Autonomia B, Blasco, Bologna, Frassineto, Gentilrosso, Risciola e Verna. Tali varietà sono state coltivate nel 2016 in areale costiero. Fra queste sono presenti 2 cultivar moderne (Blasco e Bologna) e 5 varietà antiche.

Per quanto riguarda i valori di W, le migliori performance sono state ottenute dai grani moderni Blasco e Bologna, che mostrano i valori maggiori fra le varietà testate (in grigio nella figura sottostante).



Secondo la classificazione dei valori di W riportata sopra, solo queste due varietà sono “idonee” alla panificazione, mentre le varietà antiche oggetto di test ricadono nella categoria “Farine di bassa qualità: con  $W < 90$ , non idonee alla panificazione”.

Il valore del rapporto fra tenacità ed elasticità dell’impasto è mostrato nel grafico sottostante.



Il valore migliore di questo rapporto è stato ottenuto con la varietà moderna “Bologna”, mentre le varietà antiche Verna, Risciola, Gentilrosso e Frassineto hanno evidenziato valori elevati, ma comunque accettabili per la panificazione. In particolare, tali frumenti mostrano valori di elasticità dell’impasto bassi, che fanno aumentare il valore di questo rapporto.

Ad ogni modo, questa analisi evidenzia la necessità di mettere a punto strategie per incrementare il valore di  $W$  delle varietà sopra menzionate, con una preferenza per l'aumento della sua componente di elasticità ( $L$ ).

## **9. Prove di adattabilità dei genotipi antichi in areali costieri della Toscana**

Partner attuatore: Istituto di Scienze della Vita - Laboratorio Land Lab - Agricoltura, Ambiente e Territorio  
- Scuola Superiore Sant'Anna

In due areali di coltivazione ed in due aziende (pianura litoranea pisana, PLP, Centro di Ricerche Interdipartimentali Enrico Avanzi, San Piero a Grado, Pisa; pianura litoranea grossetana, PLG, Terre di Toscana, Alberese, Grosseto) una a conduzione convenzionale (PLP) ed una a conduzione biologica (PLG), sono stati coltivati in due anni genotipi antichi di frumento tenero in confronto a due genotipi moderni di ampia diffusione sul territorio regionale.

Rispetto a quanto previsto in sede di progetto iniziale sono state testate nel collaudo a San Piero a Grado (PI) 19 varietà antiche ed una moderna di confronto invece di 10 varietà antiche e due moderne.

Nel collaudo ad Alberese sono state testate 11 varietà antiche ed una moderna di confronto invece di 10 varietà antiche e due moderne. Inoltre, ad Alberese in entrambi gli anni di coltivazione, è stata testato l'effetto della biofertilizzazione con funghi micorrizici arbuscolari. Nel primo anno infine, è stato eseguito il monitoraggio con metodi morfologici e molecolari del fungo inoculato nelle radici, come pure la determinazione della diversità intraradicale dei funghi AM in tre genotipi di frumento tenero (Autonomia B, Frassineto e Bologna).

Di seguito si riporta il dettaglio delle attività svolte e dei risultati conseguiti:

### **Areale 1 - Pianura litoranea grossetana**

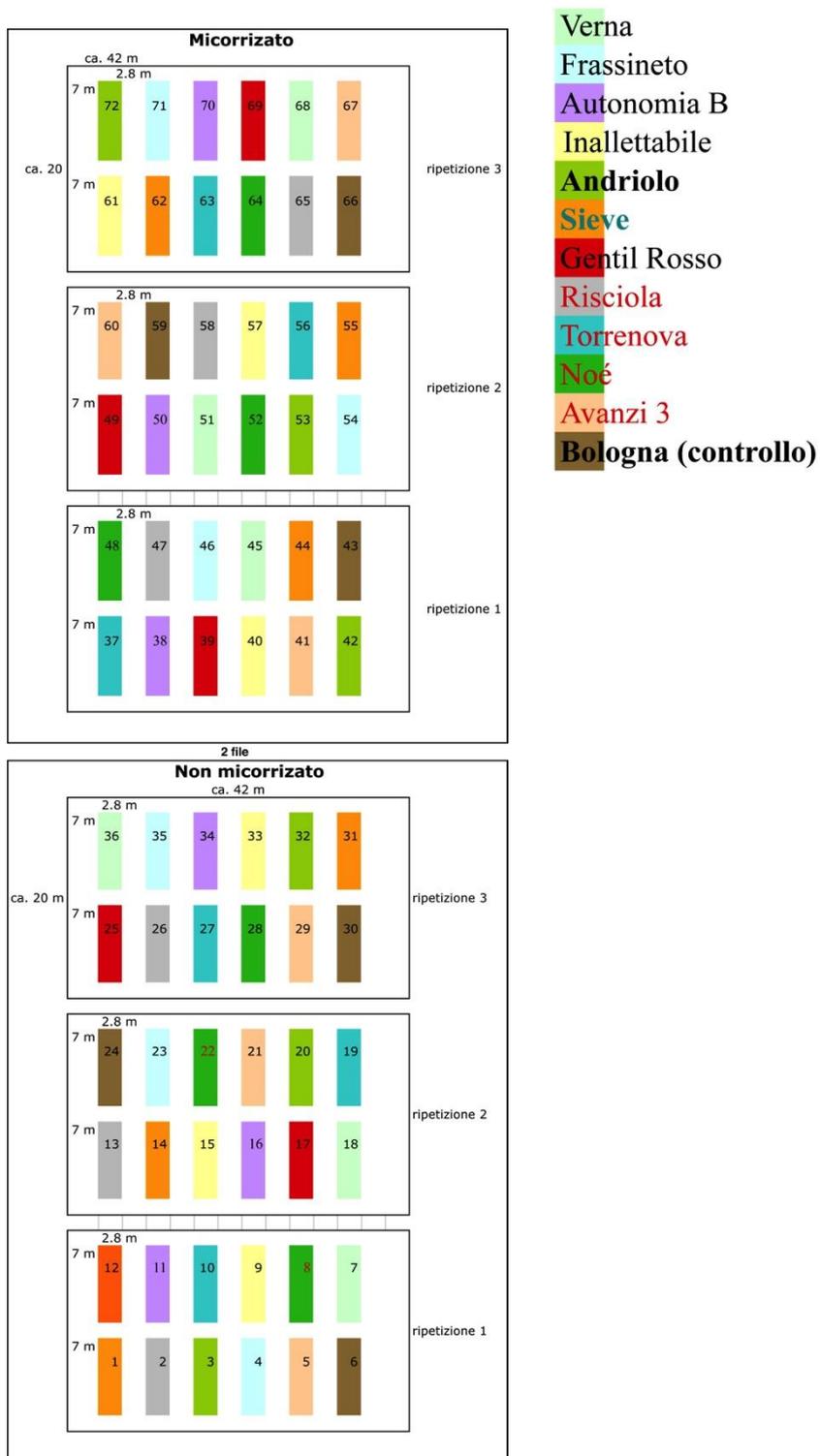
#### **Primo ciclo colturale (2016-2017)**

Nella pianura litoranea grossetana presso l'ente Terre Regionali Toscane, Alberese, Grosseto, (42.674294 N, 11.105472 E) sono stati coltivati in regime biologico 11 genotipi antichi di frumento tenero ed una varietà moderna ed è stata collaudata la fertilizzazione biologica a base di funghi micorrizici arbuscolari. I genotipi sottoposti a collaudo sono stati i seguenti: Verna, Frassineto, Autonomia B, Inallettibile, Andriolo, Sieve, Gentil Rosso, Risciola, Torrenova, Noè, Avanzi 3 (genotipi antichi) e la varietà moderna Bologna usata come controllo del collaudo. Il biofertilizzante è stato distribuito alla semina. In dettaglio, i funghi micorrizici arbuscolari sono stati distribuiti come polvere bagnabile (MICOSAT F, [www.micosat.it](http://www.micosat.it)), che rappresenta un prodotto registrato e già in commercio. La semina è stata eseguita il 6 dicembre 2016 e la dose di prodotto applicato è stata di 6.8 g per parcella, corrispondente a circa 3.444 spore m<sup>-2</sup> (Tabella 1). La dimensione delle parcelle era di circa 7 m x 2.88 m, per una superficie di circa 20.16 m<sup>2</sup>. In entrambi i cicli colturali, la coltura in precessione era l'erba medica (*Medicago sativa* L.). Il terreno è stato lavorato mediante un'aratura a 25 cm ed una erpicatura leggera (15 cm). Non sono stati applicati

concimi minerali. La densità di semina era pari a 400 piante per m<sup>2</sup> e l'interfila era di 18 cm. La seminatrice usata per la semina era una seminatrice parcellare (Vignoli, Italy) (Fig. 1). Il terreno su cui è stato eseguito il collaudo era argilloso (tessitura del terreno: sabbia: 42%, limo 11%, argilla 47%), un pH alcalino [pH(H<sub>2</sub>O) 8.22], una scarsa dotazione in sostanza organica e C organico (sostanza organica 1.33% e C organico 0.77%), una scarsa dotazione in N totale (N totale 0.093 %), un basso rapporto C/N (8,3), una capacità di scambio cationico alta (20,5 meq L<sup>-1</sup>), una dotazione in calcare totale normale (1,8%), in fosforo assimilabile scarsa (3 %), in potassio assimilabile ricca (432 mg kg<sup>-1</sup>), in calcio assimilabile ben dotata (3881 mg kg<sup>-1</sup>), in magnesio assimilabile ricca (960 mg kg<sup>-1</sup>), e in calcare attivo normale (0,9%). Il disegno del collaudo è stato un blocco randomizzato con tre repliche ed il campo era stato diviso in due per permettere il test sulla biofertilizzazione (fattore split) (Fig. 2).



**Fig. 1.** *Seminatrice parcellare (Vignoli, Italia) usata per la semina del collaudo genotipi antichi e biofertilizzazione con funghi micorrizici arbuscolari (concia del seme).*



**Fig. 2.** Disegno in campo del collaudo di 11 genotipi antichi di frumento tenero e della varietà moderna Bologna di confronto e della biofertilizzazione a base di funghi micorrizici arbuscolari nei due anni di prova.

**Tabella 1.** Calcoli della dose di inoculo delle spore di funghi micorrizici arbuscolari.

Superficie parcella (m <sup>2</sup> )	n° parcella da inoculare	Superficie totale da inoculare (m <sup>2</sup> )	n° spore/100g inoculo	n° spore/g di inoculo
20.16	36	725.76	1000000	10000
n° spore inoculate (m <sup>2</sup> ) prova	Peso (g m <sup>-2</sup> ) di spore	peso spore per parcella	Inoculo totale per la prova (g)	Numero spore totali
3444.66	0.34446649	6.94	250	2500000

Il 23 marzo 2017 ed in corrispondenza della fase di allungamento delle foglie (GS30, Zadoks et al. 1974) è stato eseguito il primo campionamento di collaudo. In dettaglio, sono stati prelevati 72 campioni di piante (3 per parcella) con l'apparato radicale completo e parte del terreno della rizosfera. In figura 3 un'immagine delle piante in campo al momento del rilievo.



**Fig. 3.** Fase di allungamento delle foglie (GS30, Zadoks et al. 1974) (Fig. 3) al momento del primo campionamento del collaudo nel primo anno di coltivazione (23 marzo 2017).

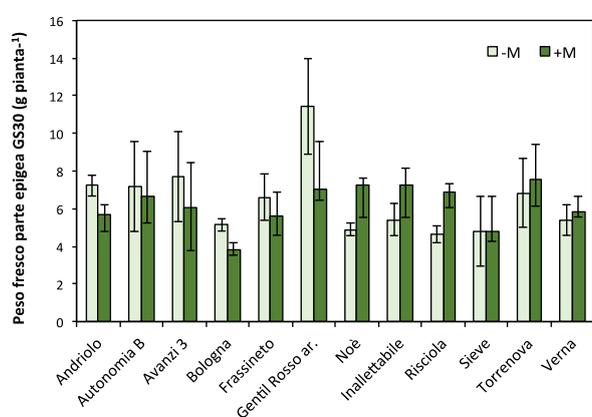
Il peso fresco totale per pianta come pure il peso secco totale per pianta variava tra le tesi micorrizzate e non ( $P=0.004$  e  $P=0.002$ , rispettivamente), mentre i diversi genotipi avevano un comportamento simile tra loro ( $P=0.443$  e  $P=0.378$ , rispettivamente). Nelle tesi non inoculate con AMF il peso fresco totale era pari a 45,68 g per pianta rispetto ai 65 g per pianta nelle tesi inoculate con funghi AMF, mentre il peso secco totale era pari a 8,41 nelle tesi non inoculate con funghi AMF rispetto a 11,91 g per pianta nelle tesi inoculate con AMF (Tabella 2).

Il peso fresco epigeo per pianta non variava invece in maniera statisticamente significativa né tra i genotipi e neppure tra le tesi micorrizzate e non, con un minimo di 3,85 g pianta<sup>-1</sup> nella varietà bologna

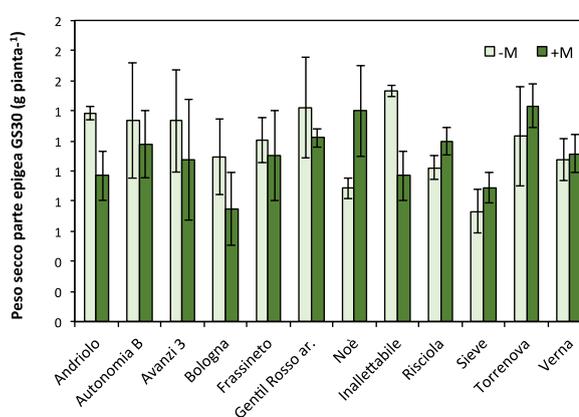
inoculata con AMF ad un massimo di 11,41 g pianta<sup>-1</sup> in Gentil Rosso non inoculato con AMF (Fig. 4a;  $P_{gen}= 0,260$ ;  $P_{Myc}=0,416$ ;  $P_{gen \times Myc}=0.616$ ). Variazioni significative sono state invece evidenziate nel peso fresco e secco ipogeo, che variava tra le tesi micorrizzate e non micorrizzate (Tabella 2).

Tabella 2. Peso fresco e secco della pianta e della parte ipogea (g pianta<sup>-1</sup>± errore standard) di genotipi di frumento tenero inoculate con funghi micorrizici arbuscolari, collaudo alla fase GS30.

Trattamento	Peso fresco totale	Peso secco totale	Peso fresco ipogeo	Peso secco ipogeo
Non inoculato con AMF	45,68 ± 2,58 a	8,41 ± 0,42 a	39,13 ± 2,51 a	7,22 ± 0,41 a
Inoculato con AMF	65,00 ± 2,71 b	11,91 ± 0,44 b	58,95 ± 2,64 b	10,80 ± 0,43 b



(a)



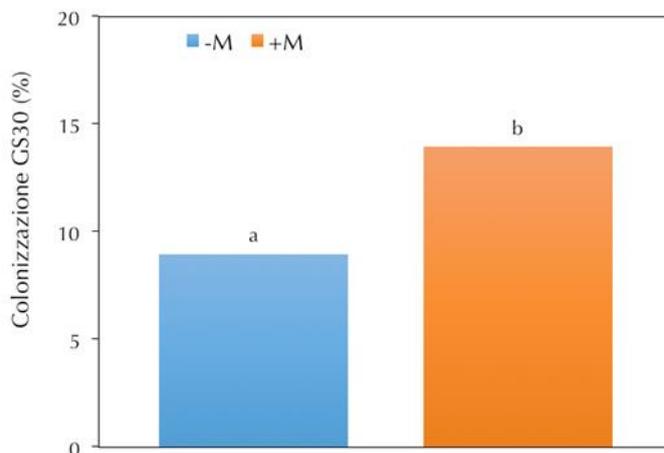
(b)

Fig. 4. Peso fresco e secco di piante di genotipi di frumento tenero inoculate con funghi micorrizici arbuscolari e non inoculate (fase di crescita GS30).

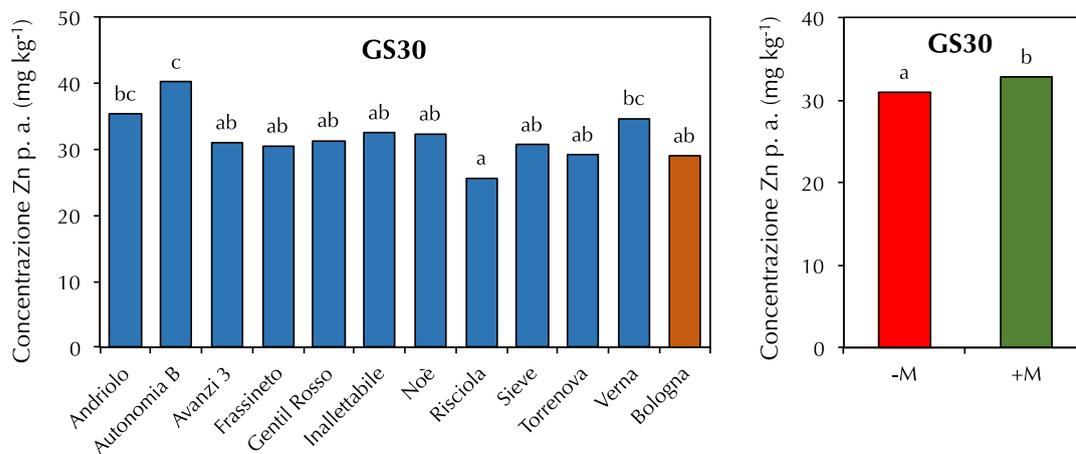
In modo simile, il peso secco epigeo per pianta non variava tra i genotipi e neppure tra le tesi micorrizzate e non, risultando compreso tra un minimo di 0,73 g pianta<sup>-1</sup> nella varietà Sieve non inoculata ad un massimo di 1,53 g pianta<sup>-1</sup> nella varietà Inallettabile non inoculata (Fig. 4b;  $P_{gen}= 0,660$ ;  $P_{Myc}=0,423$ ;  $P_{gen \times Myc}=0.616$ ).

La colonizzazione AMF radicale è stata misurata dopo decolorazione e colorazione con trypan blue e seguendo il metodo di lettura delle radici di Giovannetti e Mosse (1980). Nelle tesi non inoculate con AMF la percentuale di colonizzazione radicale non variava tra genotipi di frumento ( $P=0.924$ ) ma è stata incrementata in maniera statisticamente significativa in conseguenza dell'inoculazione con funghi AM, passando dal 9% al 14% (Fig. 5). Inoltre, in fase di collaudo, un sotto campione della parte epigea delle piante raccolte in fase GS30 è stato macinato per la successiva determinazione dell'assorbimento di due micronutrienti: Fe e Zn. I risultati ottenuti hanno dimostrato l'efficacia dell'inoculazione con AMF in

termini di incremento della quantità di Zn assorbita dalle piante e accumulate nella parte aerea. (Fig. 6). Di contro, la concentrazione di Fe nei tessuti non ha mostrato variazioni significative né tra le varietà né per effetto dell'inoculazione, risultando mediamente pari a 378,1 mg kg<sup>-1</sup>.



**Fig. 5.** Percentuale di colonizzazione radicale del frumento in fase GS30 in parcelle non inoculate (-M) ed inoculate con *Rhizophagus irregularis* (+M).



**Fig. 6.** Concentrazione di zinco nella parte aerea delle piante dei genotipi di frumento in fase GS30. Effetto medio varietà (sin) e effetto medio inoculazione (dx).

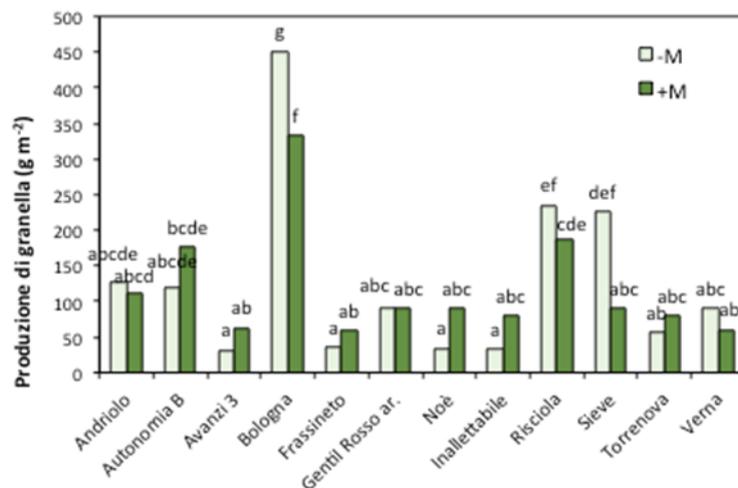


Fig. 7. Resa di granella di genotipi di frumento inoculati con funghi micorrizici arbuscolari e non inoculati.

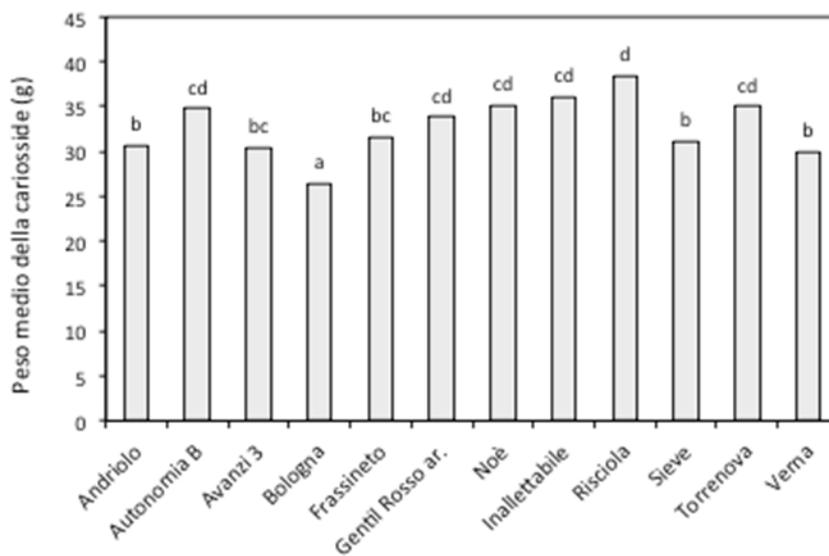
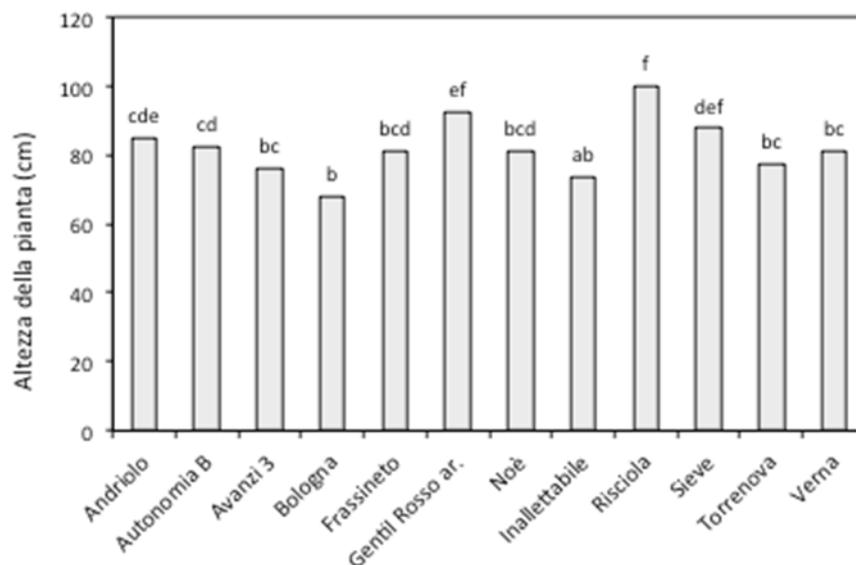


Fig. 8. Peso medio della cariosside di genotipi di frumento.



**Fig. 9.** Altezza della pianta di genotipi di frumento tenero inoculati con funghi micorrizici arbuscolari e non inoculati

Durante il ciclo di coltivazione, non è stata accertata la presenza di malattie crittogamiche e le parcelle non hanno subito allettamento.

In fase di maturazione fisiologica delle piante (13 luglio 2017) le piante sono state raccolte mediante mietitrebbia parcellare, ed i seguenti parametri sono stati misurati: produzione granellare, peso ettolitrico, peso di mille semi, numero di spighe ed altezza delle piante. Tali misure sono state effettuate anche mediante campionamento manuale di due metri lineari per parcella e le determinazioni sono attualmente in corso. La resa di granella ha fatto registrare una forte variabilità tra i genotipi testati e nella loro capacità di risposta all'inoculo micorrizico. La varietà moderna Bologna ha fornito i valori più elevati ed una diminuzione in conseguenza dell'inoculo, mentre le altre varietà hanno fornito produzioni più basse e non hanno risposto all'inoculo (Fig. 7). Il peso medio delle cariossidi ha mostrato variazioni statisticamente significative tra le varietà con i valori più bassi per Bologna, valori intermedi per Andriolo, Frassineto, Sieve e Verna, e valori più alti per Autonomia B, Gentil Rosso aristato, Noè, Inallettabile, Risciola e Torrenova (Fig. 8). Anche l'altezza delle piante variava tra le varietà con i valori più bassi per le varietà Avanzi 3, Bologna, Frassineto, Noè, Inallettabile, Torrenova e Verna, e valori più alti per Gentil Rosso aristato, Risciola e Sieve (Fig. 9).

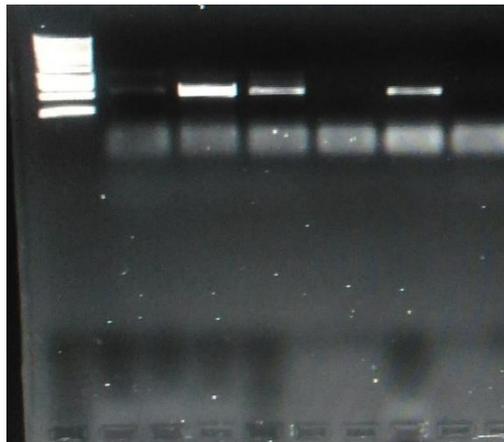
In fase di maturazione fisiologica delle piante (13 luglio 2017), una porzione dell'apparato radicale delle piante è stata prelevata in tre punti per parcella, i campioni sono stati in seguito mescolati per la successiva determinazione della colonizzazione radicale e l'estrazione del DNA. Un sotto campione di radici per parcella è stato decolorato e colorato con trypan blue e la determinazione della colonizzazione

radicale AMF è in corso. Dall'altro sotto campione è stato estratto il DNA ed è stata eseguita una PCR con primer specifici per AMF (NS31 e AML2, Simon et al., 1992; Lee et al., 2008). Il DNA estratto è stato quantizzato mediante nanodrop. I valori di concentrazione sono riportati nella tabella 3. In figura 10 sono riportate le bande dei segmenti di PCR amplificati con NS31 e AML2. I singoli amplificati saranno usati per una successiva determinazione della diversità degli AMF intraradicale mediante piattaforma Miseq Illumina.

**Tabella 3.** Concentrazioni di DNA estratto dall'apparato radicale delle radici di frumento in fase GS90.

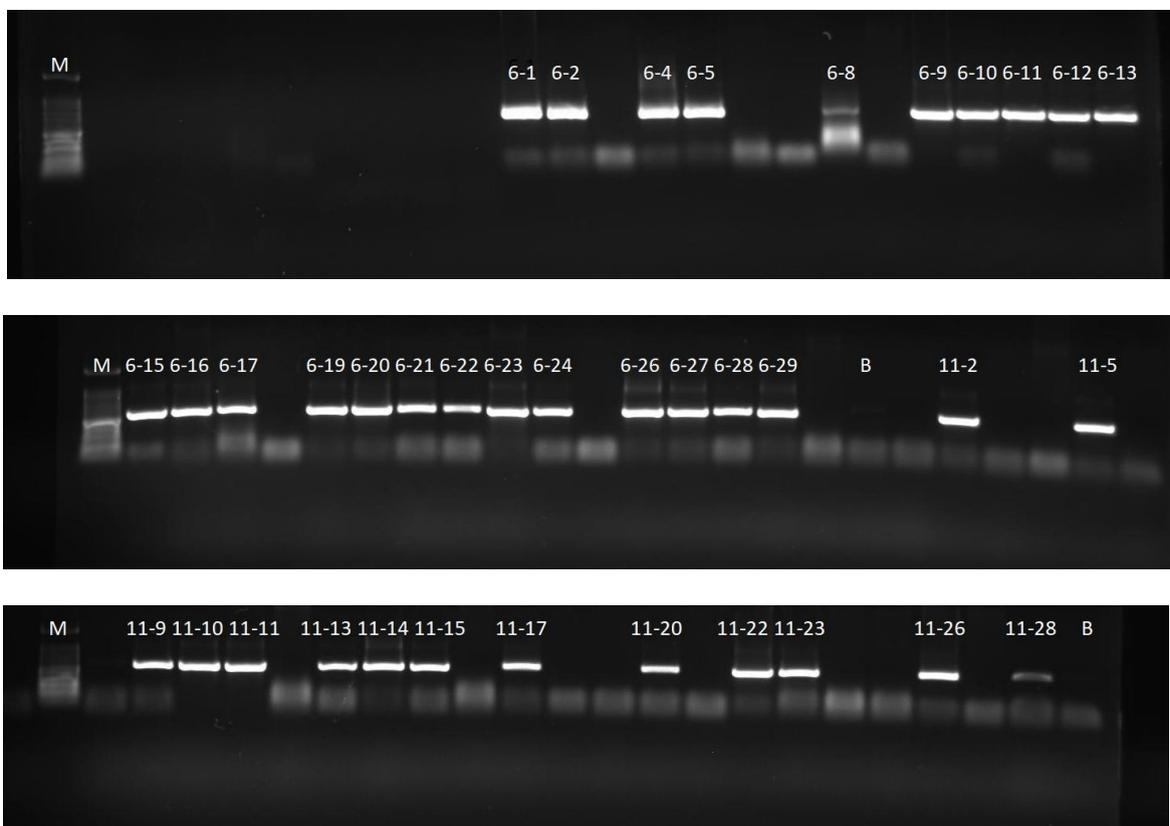
Codice campione	Genotipo	Concentrazione DNA (ng/μl)
1	Sieve	36,0
2	Risciola	35,4
3	Andriolo	69,3
4	Frassineto	127,7
5	Avanzi 3	118,3
6	Bologna	28,2
7	Verna	27,5
8	Grano Noè di Pavia	43,9
9	Inallettibile	62,2
10	Torrenova	188,8
11	Autonomia B	70,6
12	Gentil Rosso	17,0
13	Risciola	57,0
14	Sieve	76,8
15	Inallettibile	549
16	Autonomia B	30,6
17	Gentil Rosso	560,1
18	Verna	233,1
19	Torrenova	73,3
20	Andriolo	69,6
21	Avanzi 3	60,8
22	Grano Noè di Pavia	29,6
23	Frassineto	266,8
24	Bologna	281,3
25	Gentil Rosso	55,6
26	Risciola	56,8
27	Torrenova	107,8
28	Grano Noè di Pavia	73,6
29	Avanzi 3	72,7
30	Bologna	49,0
31	Sieve	58,3
32	Andriolo	75,4
33	Inallettibile	87,3
34	Autonomia B	49,3
35	Frassineto	73,6
36	Verna	106,4

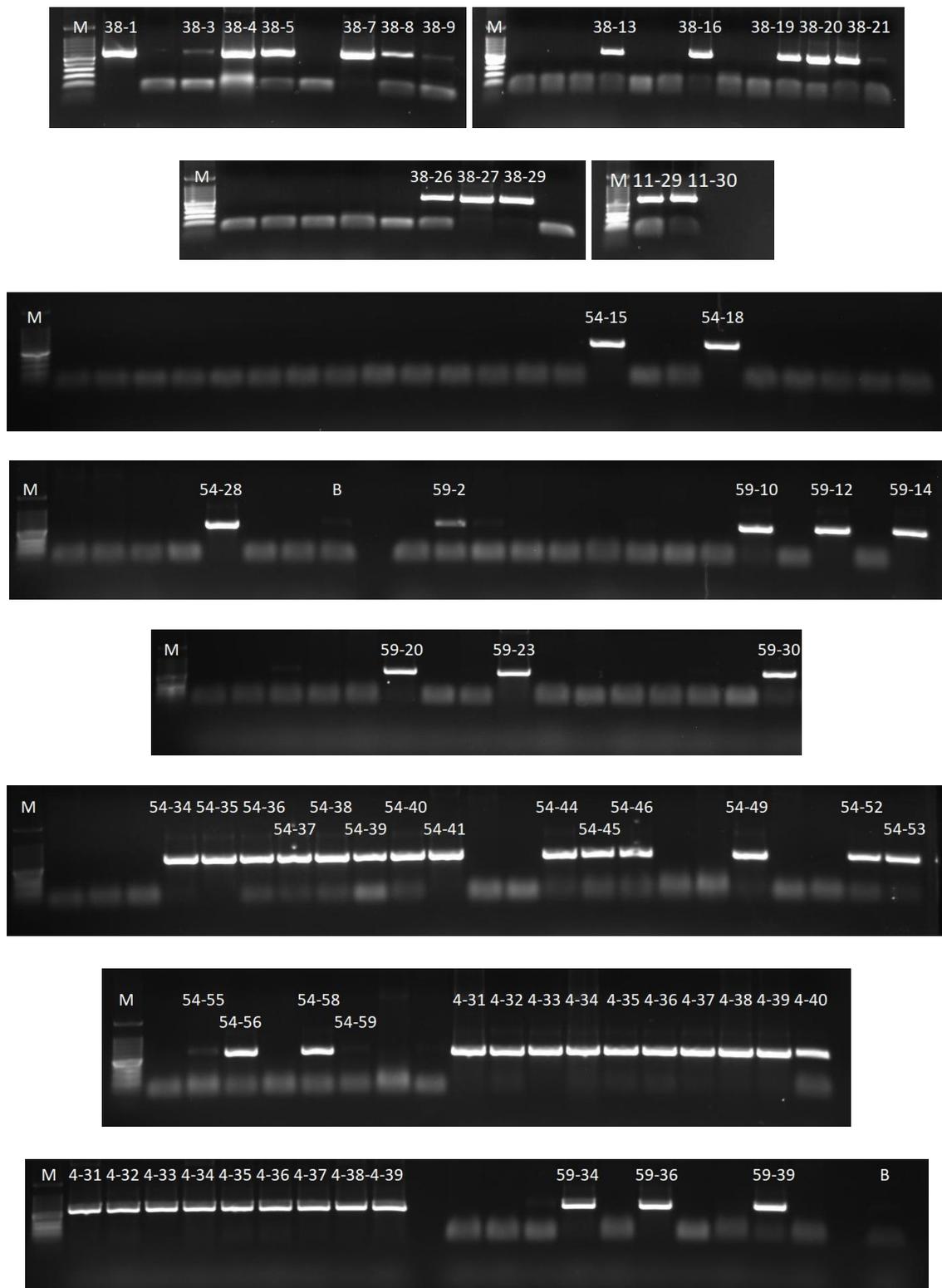
<b>Codice campione</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Concentrazione DNA (ng/μl)</b>
37	Torrenova	27,4
38	Autonomia B	57,4
39	Gentil Rosso	26,5
40	Inallettabile	114,9
41	Avanzi 3	59,8
42	Andriolo	41,9
43	Bologna	370,4
44	Sieve	80,4
45	Verna	205,1
46	Frassineto	86,4
47	Risciola	6,7
48	Grano Noè di Pavia	97,4
49	Gentil Rosso	14,4
50	Autonomia B	33,1
51	Verna	88,8
52	Grano Noè di Pavia	81,3
53	Andriolo	40,1
54	Frassineto	32,1
55	Sieve	31,8
56	Torrenova	6,4
57	Inallettabile	85,7
58	Risciola	63,9
59	Bologna	57,7
60	Avanzi 3	52,8
61	Inallettabile	96,2
62	Sieve	28,3
63	Torrenova	36,7
64	Grano Noè di Pavia	14,6
65	Risciola	79,9
66	Bologna	176,2
67	Avanzi 3	21,9
68	Verna	46
69	Gentil Rosso	75,4
70	Autonomia B	53
71	Frassineto	31,7
72	Andriolo	67,4



**Fig. 10.** Bande di segmenti di PCR amplificati con NS31 e AML2 (650 bp). Il marker utilizzato è l'1 Kb, e la seconda e la terza banda corrispondono a 500 e 750 bp.

Il clonaggio e la trasformazione delle cellule competenti è andata a buon fine, mostrando nei risultati della colony PCR una positività di almeno 15 colonie a campione. Le colonie sono state denominate con numerazione progressiva a partire dal numero del campione e i risultati sono mostrati nelle immagini della corsa elettroforetica (Fig. 11).

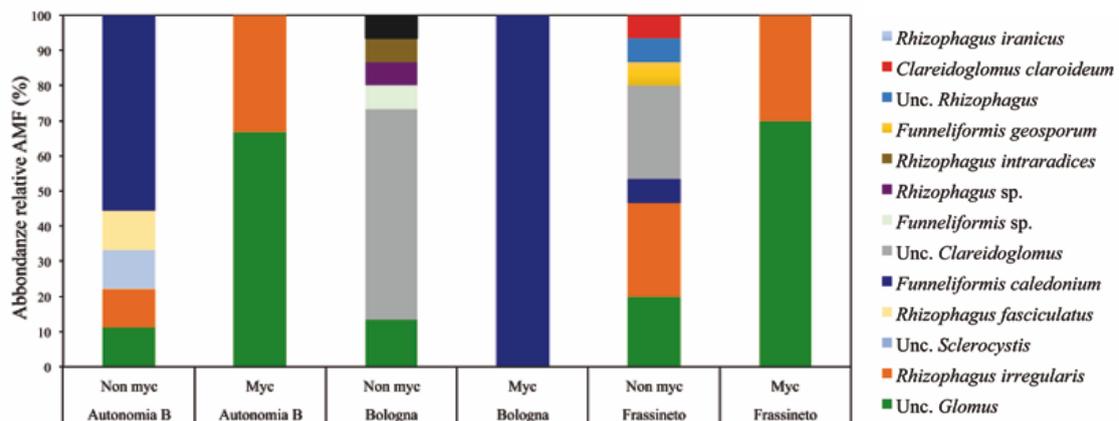




**Fig. 11.** Risultati della colony PCR visionati tramite lampada UVP dopo corsa elettroforetica. I numeri indicano il codice della colonia, la M indica la posizione del Marker e la B il campione bianco di controllo.

Per la determinazione della diversità intraradicale dei funghi AM, sono state selezionate tre genotipi di frumento tenero (Autonomia B, Frassineto e Bologna). E' stato eseguito un sequenziamento Sanger e successiva analisi delle sequenze mediante Blast e analisi. Tredici molecular operational taxonomic units

(MOTU) sono state rilevate: *Unc. Glomus*, *Rhizophagus irregularis*, *Unc. Sclerocystis*, *Rhizophagus fasciculatus*, *Funneliformis caledonium*, *Unc. Clareidoglomus*, *Funneliformis sp.*, *Rhizophagus sp.*, *Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis geosporum*, *Unc. Rhizophagus*, *Clareidoglomus claroideum* e *Rhizophagus iranicus* (Fig. 12).

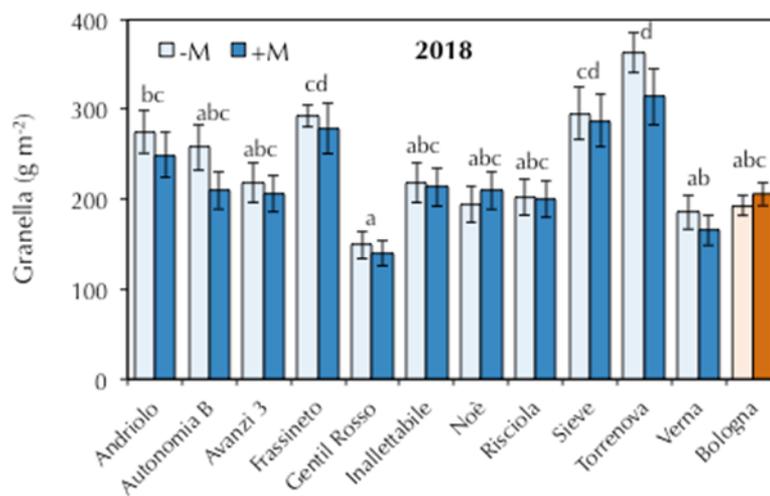


**Fig. 12.** Abbondanze relative della diversità intraradicale degli AMF (%) nei tre genotipi di frumento tenero selezionati (Autonomia B, Bologna e Frassineto).

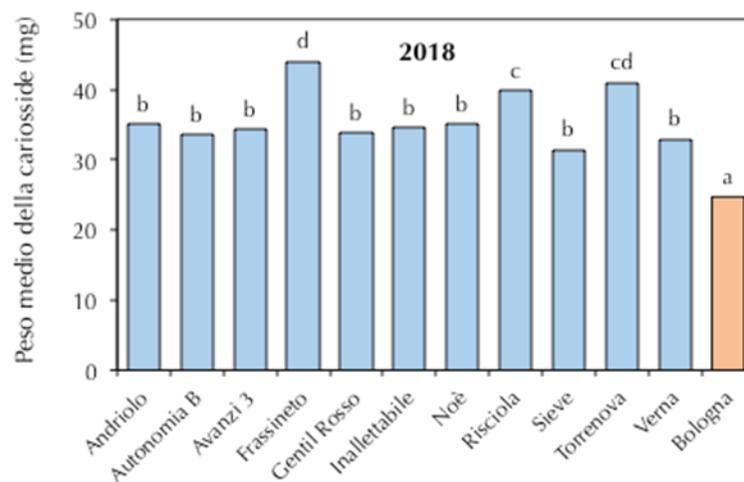
Nello specifico si è osservato un decremento della diversità AMF in tutte le tesi inoculate con *Rhizophagus irregularis*. Nell'Autonomia B si è passati da 5 MOTU (*Unc. Glomus* 11,1%, *Rhizophagus irregularis* 11,1%, *Unc. Sclerocystis* 11,1%, *Rhizophagus fasciculatus* 11,1%, *Funneliformis caledonium* 55,6%) a 2 MOTU (*Unc. Glomus* 66,7%, *Rhizophagus irregularis* 33,3%) in seguito ad inoculazione. Nella varietà Frassineto si è passati da 7 MOTU (*Unc. Glomus* 20%, *Rhizophagus irregularis* 26,7%, *Funneliformis caledonium* 6,7%, *Unc. Clareidoglomus* 26,7%, *Funneliformis geosporum* 6,7%, *Unc. Rhizophagus* 6,7%, *Clareidoglomus claroideum* 6,7%) a 2 MOTU (*Unc. Glomus* 70%, *Rhizophagus irregularis* 30%) in seguito ad inoculazione. Infine, nella varietà Bologna si è passati da 6 MOTU (*Unc. Glomus* 13,2%, *Unc. Clareidoglomus* 60%, *Funneliformis sp.* 6,7%, *Rhizophagus sp.* 6,7%, *Rhizophagus intraradices* 6,7%, *Rhizophagus iranicus* 6,7%) si è passati alla presenza di una sola MOTU (*Funneliformis caledonium*). Il *Rhizophagus irregularis*, che rappresenta la specie inoculata, è stato ritrovato nelle varietà Autonomia B e Frassineto (Fig. 12).

## Secondo ciclo colturale (2017-2018)

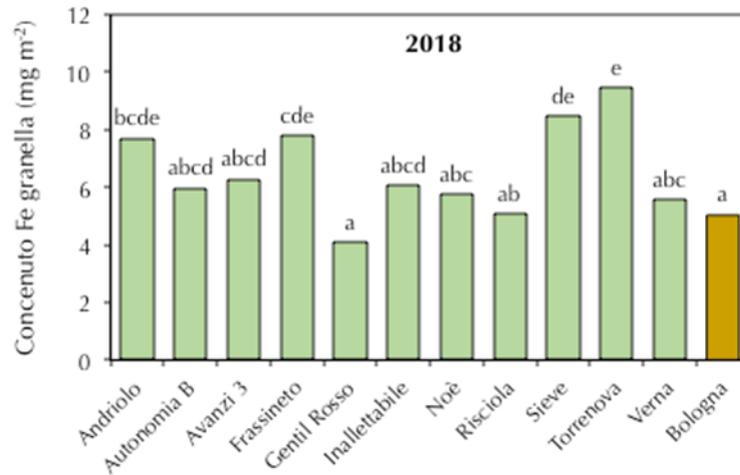
Per il secondo anno di collaudo (2017-2018) i semi dei diversi genotipi sono stati disinfettati con ipoclorito di sodio al 4% ed è stata applicata la tecnica di coltivazione precedentemente descritta in ambedue gli areali di coltivazione. La produzione di granella non è stata modificata dall'inoculo AMF ma è risultata statisticamente diversa tra i genotipi, variando tra i 175 g m<sup>-2</sup> del Verna ai 339 g m<sup>-2</sup> del Torrenova (Fig. 13). Similmente, il peso medio delle cariossidi ha fatto registrare variazioni statisticamente significative tra i genotipi, con valori compresi tra i 24,7 mg per cariossidi del Bologna ai 44 mg del Frassineto (Fig. 14). Il contenuto di Fe e Zn nelle cariossidi non è stato influenzato dall'inoculo AMF ma ha mostrato valori variabili tra i genotipi (Fig. 15 e 16). Per il ambedue gli elementi, i contenuti più bassi sono stati registrati nella granella della varietà moderna Bologna.



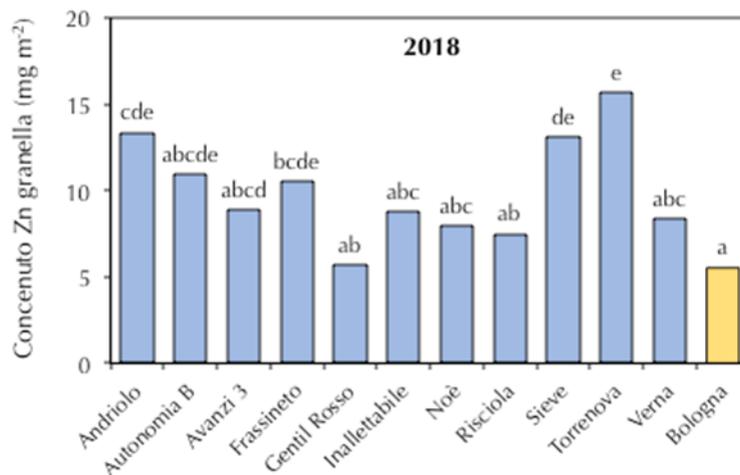
**Fig. 13.** Resa di granella di genotipi di frumento inoculati con funghi micorrizici arbuscolari e non inoculati.



**Fig. 14.** Peso medio della cariosside di genotipi di frumento.



**Fig. 15.** Contenuto di ferro nella granella di genotipi di frumento.



**Fig. 16.** Contenuto di zinco nella granella di genotipi di frumento.

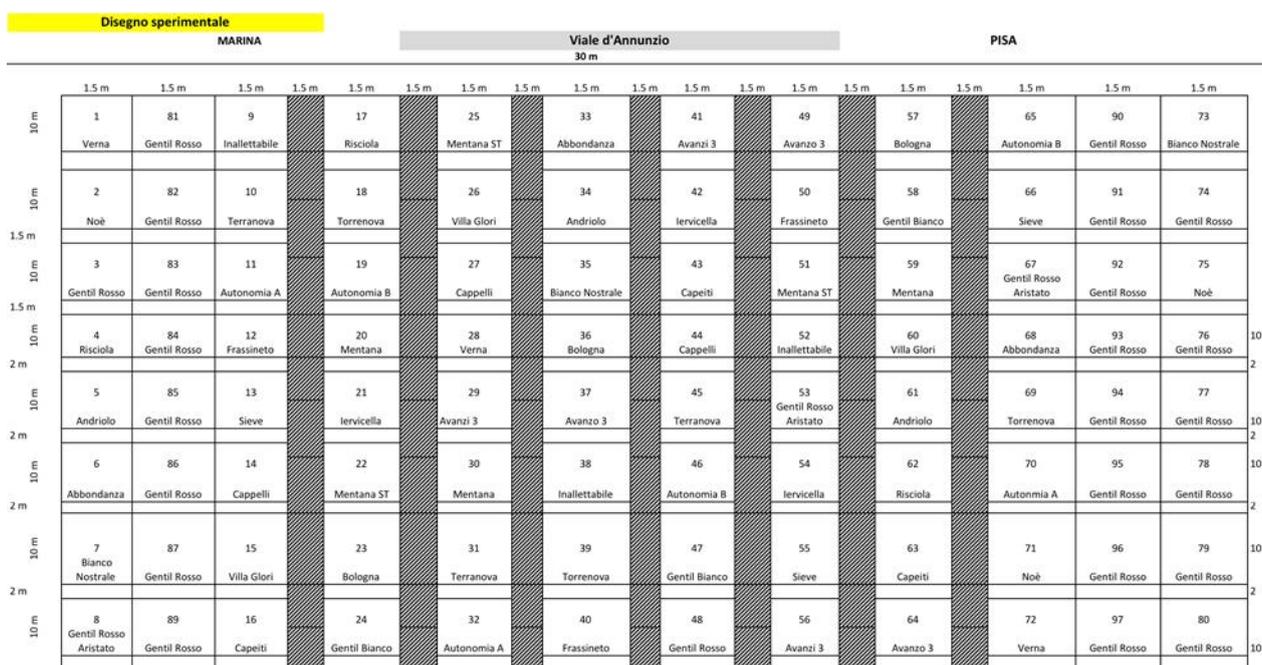
## Areale 2 - Pianura litoranea pisana

### Primo ciclo colturale (2016-2017)

Nella pianura litoranea pisana presso il Centro di Ricerche Interdipartimentali Enrico Avanzi, San Piero a Grado, Pisa sono stati coltivati in regime convenzionale 19 genotipi antichi di frumento tenero ed una varietà moderna. I genotipi antichi sottoposti a collaudo sono stati i seguenti: Abbondanza, Andriolo, Autonomia A, Autonomia B, Avanzi 3, Bianco Nostrale, Frassineto, Gentil Rosso, Gentil Bianco, Gentil Rosso aristato, Iervicella, Inallettabile, Mentana, Noè, Risciola, Sieve, Torrenova, Verna, Villa Glori, che sono stati posti a confronto con la varietà moderna Bologna (Fig. 17). La tecnica colturale adottata ha

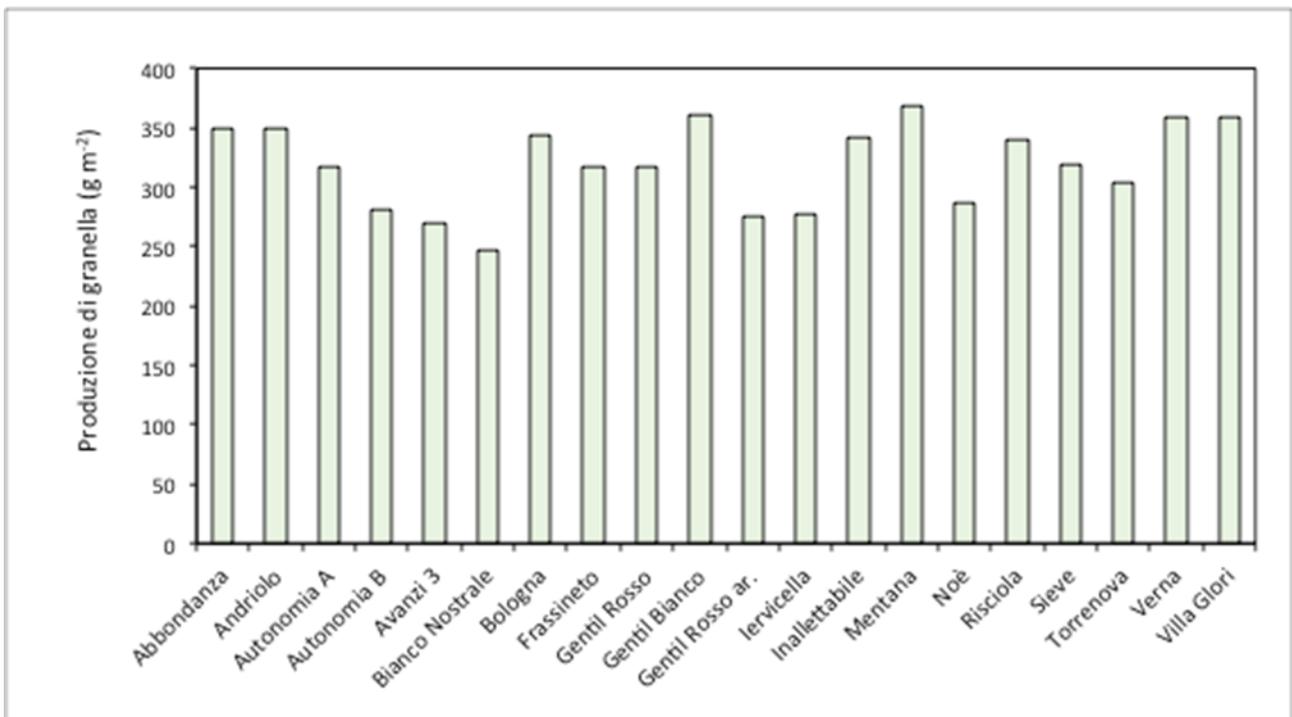
previsto un'aratura (25 cm di profondità), seguita da due passaggi con erpice. La densità di semina è stata pari a 450 semi m<sup>-2</sup> con una distanza tra le file di 15 cm. La concimazione minerale ha previsto la distribuzione di 80 kg ha<sup>-1</sup> di azoto sotto forma di urea e di 80 kg ha<sup>-1</sup> di P sotto forma di perfosfato triplo. Il concime azotato è stato frazionato in tre interventi: uno in presemina e due in copertura (5° foglia e inizio della fase di levata), in ciascuno dei quali è stato distribuito un terzo della dose totale prevista. Il terreno su cui è stato eseguito il collaudo era medio impasto (tessitura del terreno: sabbia: 34.4%, limo 40.5%, argilla 20.1%), il pH tendenzialmente basico (8.4), scarsa dotazione in C (sostanza organica 1.79% e C organico 1.04%), una buona dotazione in N totale (N totale 0.15%), scarsa in fosforo assimilabile (24.7 mg kg<sup>-1</sup>). Il disegno del collaudo è stato completamente randomizzato (Fig. 17).

A maturazione, il 27 giugno 2017 il frumento tenero è stato raccolto su un'area di saggio (circa 1 metro quadro per parcella) e su tutta la parcella mediante mietitrebbia parcellare. La produzione di granella ed i principali componenti della produzione sono stati misurati.

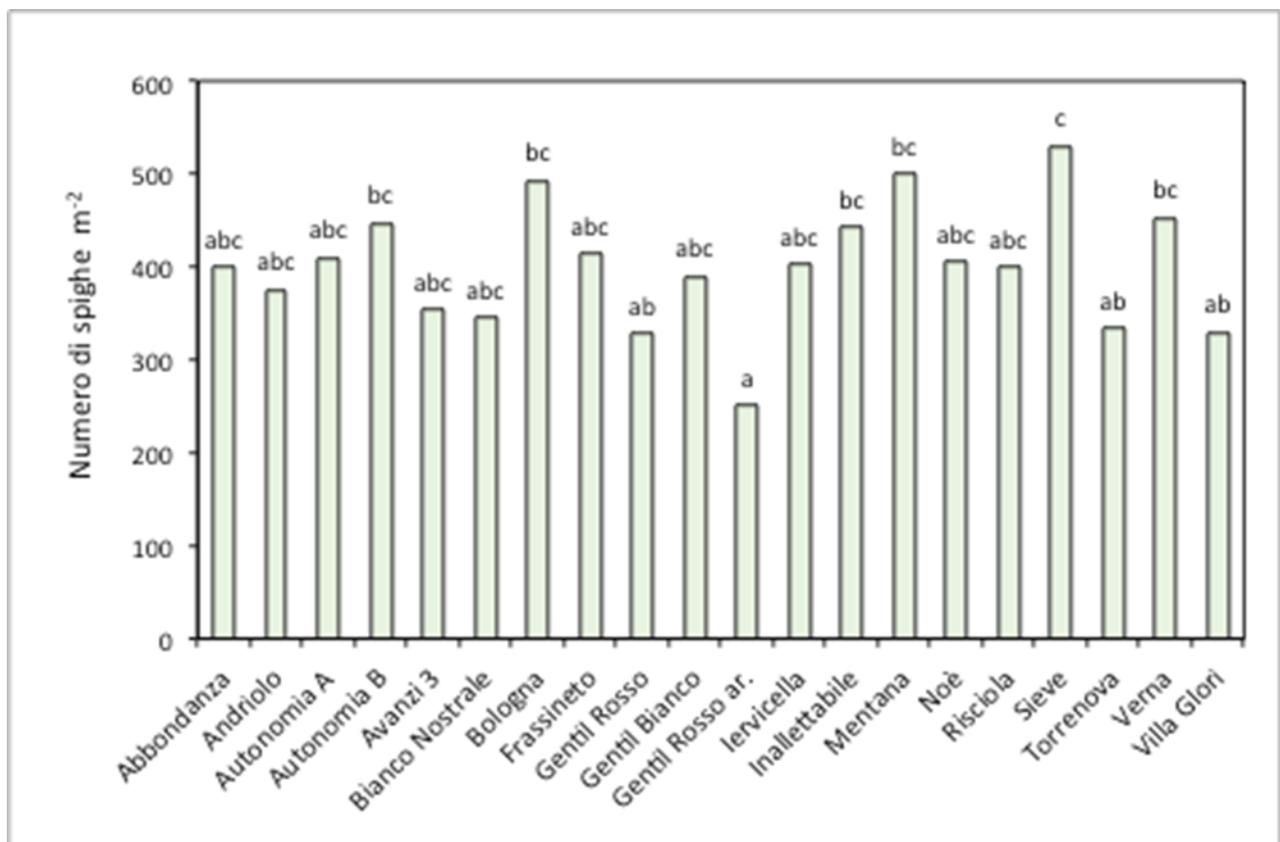


**Fig. 17.** Disegno in campo del collaudo di 19 genotipi antichi di frumento tenero e della varietà moderna Bologna di confronto.

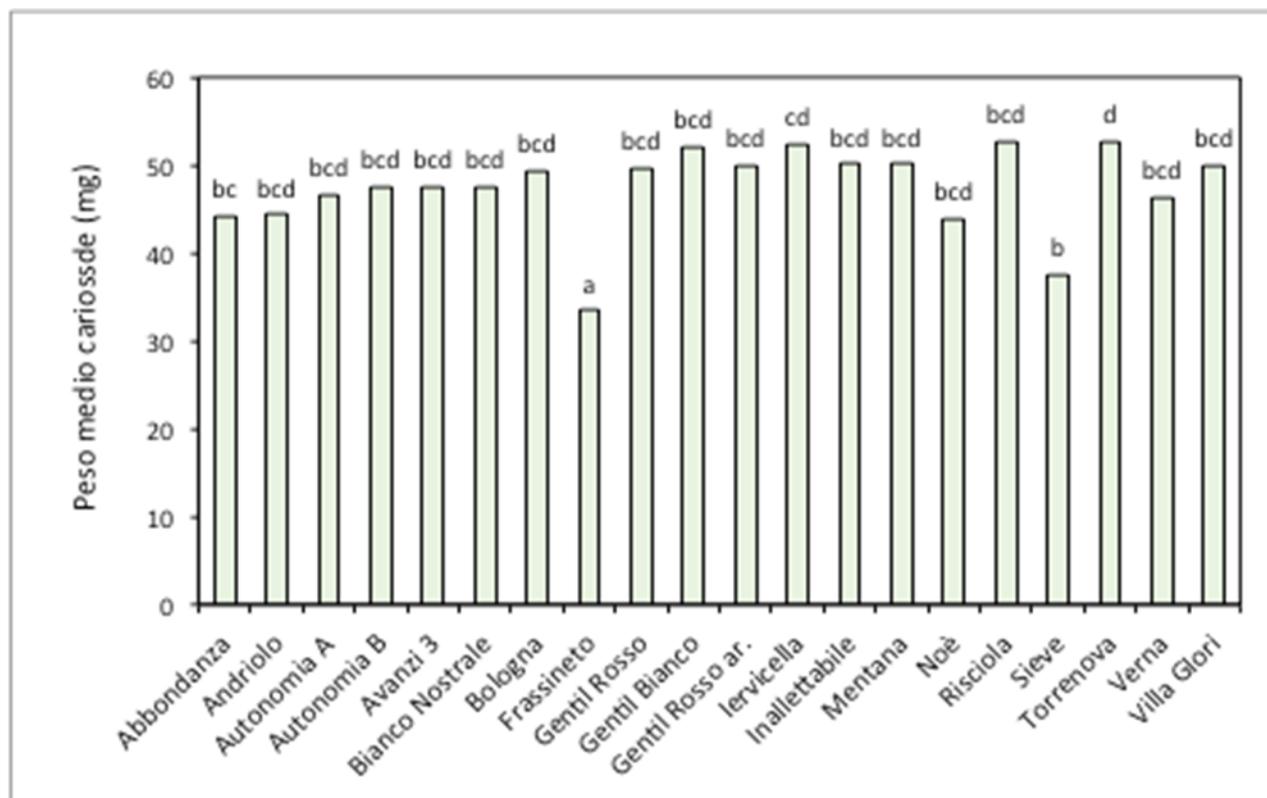
La produzione di granella non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le varietà (Fig. 18). Il numero di spighe per m<sup>2</sup> è risultato più basso nel Gentil Rosso aristato e più alto nel Sieve, mentre tutti gli altri genotipi hanno mostrato valori intermedi (Fig. 19). Il numero di cariossidi per spiga più elevato è stato registrato in Andriolo, Frassineto e Gentil Bianco e quello più basso in Bianco Nostrale (Fig. 20). Il peso medio delle cariossidi è risultato più basso in Frassineto e Sieve, e più alto in Torrenova (Fig. 21).



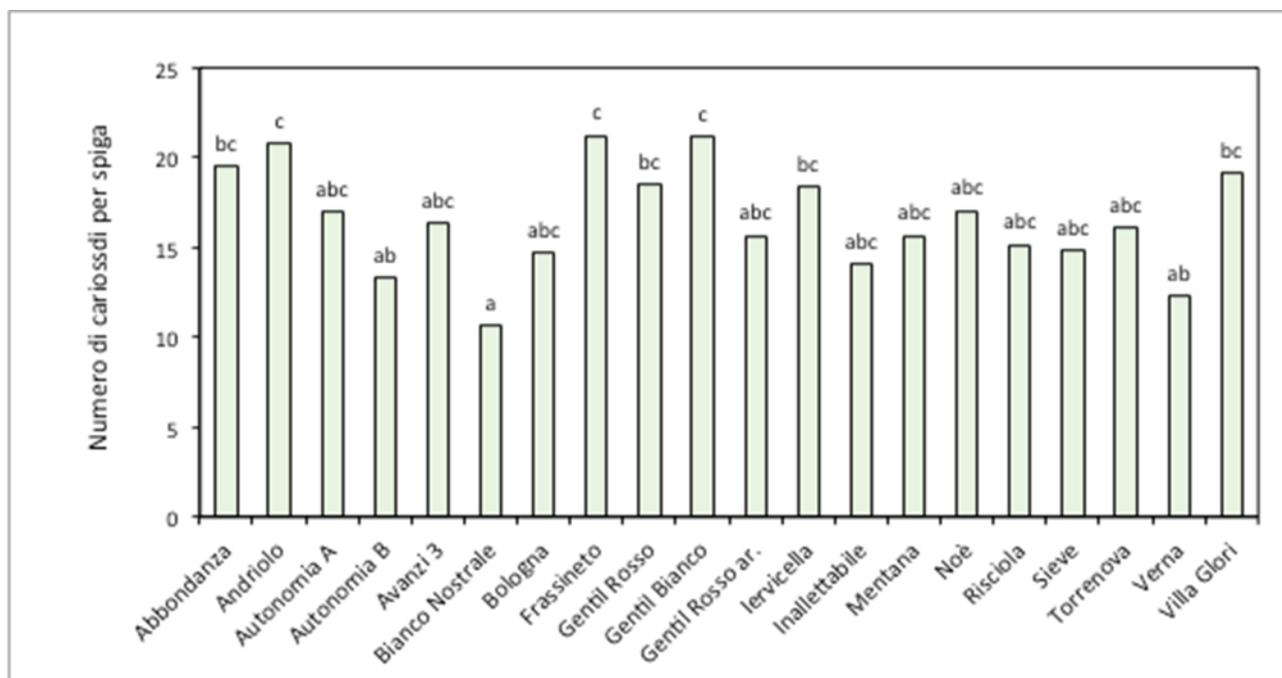
**Fig. 18.** Produzione di granella dei 19 genotipi antichi di frumento tenero e della varietà moderna Bologna di confronto.



**Fig. 19.** Numero di spighe per unità di superficie dei 19 genotipi antichi di frumento tenero e della varietà moderna Bologna di confronto



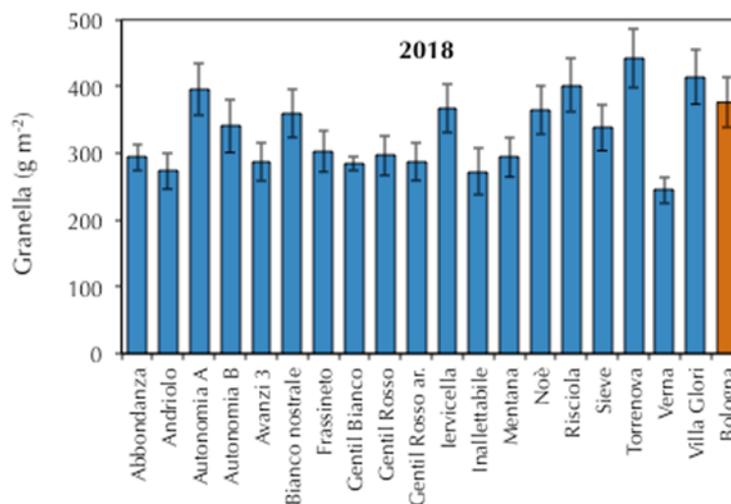
**Fig. 20.** Peso medio della cariossde dei 19 genotipi antichi di frumento tenero e della varietà moderna Bologna di confronto



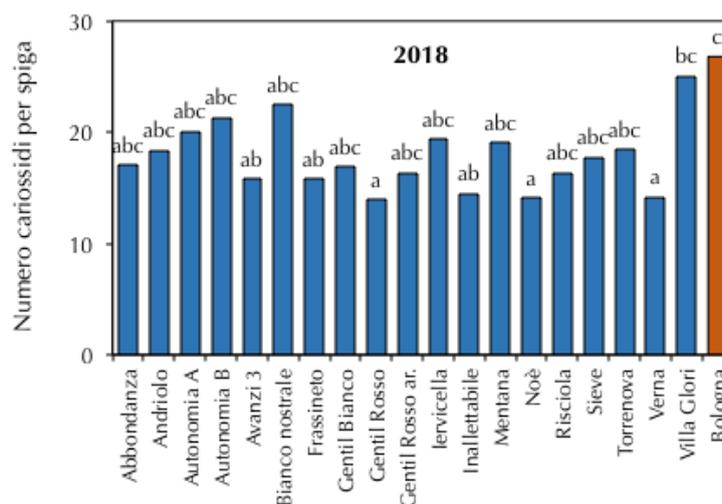
**Fig. 21.** Numero di cariossidi per spiga dei 19 genotipi antichi di frumento tenero e della varietà moderna Bologna di confronto

## Secondo ciclo colturale (2017-2018)

Per il secondo anno di collaudo (2017-2018) è stata applicata la tecnica di coltivazione precedentemente descritta e sono stati effettuati i rilievi morfologici e produttivi eseguiti nell'anno precedente. La produzione di granella è risultata compresa tra i 245 g m<sup>-2</sup> del Verna ai 443 g m<sup>-2</sup> del Torrenova (Fig. 22) La varietà moderna di confronto Bologna ha fatto registrare una produzione granellare pari a 376 g m<sup>-2</sup>. Il numero di carioidi per spiga è risultato compreso tra 26,8 (Bologna) e 14,1 (Verna) (Fig. 23).



**Fig. 22.** Resa di granella di genotipi di frumento



**Fig. 23.** Numero di carioidi per spiga di genotipi di frumento

## 10. Valutazione economica

Partner attuatore: DISPAA - Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio - Università di Firenze

L'obiettivo perseguito è stato quello di migliorare la conoscenza delle attuali modalità di valorizzazione del frumento tenero e in particolare della varietà Verna, e favorire la creazione di filiere locali per la valorizzazione delle produzioni cerealicole basate sulla produzione di varietà antiche di grano. Nel dettaglio le azioni sono:

- a) Ricostruzione della filiera della varietà Verna e delle modalità di commercializzazione del prodotto e distribuzione del valore aggiunto lungo la filiera.
- b) Conoscenza delle esperienze di filiera corta nella valorizzazione delle produzioni di grano tenero in Toscana con particolare riferimento agli attori in esse coinvolti e alle modalità di funzionamento.
- c) Individuazione di linee di azione da adottare nella valorizzazione delle varietà di grano antico attraverso la creazione di filiere corte locali.

La fase iniziale del lavoro ha riguardato l'indagine delle diverse esperienze di filiera corta già messe in atto nelle produzioni di grano tenero in Toscana, focalizzando l'attenzione su gli attori presenti all'interno di ogni filiera e le relazioni che intercorrono tra di essi, oltre che su le caratteristiche dei prodotti di filiera e le loro modalità di commercializzazione. Per fare ciò ci siamo avvalsi del metodo di ricerca del caso di studio, identificando per ogni caso i seguenti obiettivi specifici di ricerca:

- 1) Struttura della filiera
- 2) Modalità di commercializzazione dei prodotti
- 3) Distribuzione del valore aggiunto

Un protocollo di analisi dei casi di studio è stato sviluppato in modo da garantire la comparabilità dei risultati.

Per l'indagine sono stati selezionati i seguenti quattro casi di studio:

- Filiera "GranPrato"  
(coltivazione di varietà moderne di frumento in sistemi convenzionali e/o integrati).
- Filiera "Pane del Mugello"  
(coltivazione di varietà moderne di frumento in sistemi convenzionali e/o integrati).
- Filiera "Pane di Montespertoli"  
(coltivazione di grani antichi in sistemi biologici).
- Filiera Az. Agricola "Floriddia"

(coltivazione di grani antichi in sistemi biologici).

La raccolta dei dati si basa su interviste agli attori della filiera con domande aperte. Le interviste vengono registrate e successivamente interamente ritrascritte.

Per ogni caso di studio, i dati raccolti vengono analizzati e riportati in un report.

La scelta degli attori da intervistare mira a prendere in considerazione tutte le fasi di produzione della filiera, dalla coltivazione del frumento presso le aziende agricole, alla molitura della granella presso i mulini, fino alla trasformazione del prodotto finale svolta dai panificatori. Oltre ai produttori, sono stati identificati dei “key informant”, ovvero soggetti esterni alla filiera, appartenenti a istituti di ricerca, associazioni di categoria o altri soggetti pubblici o privati, che hanno contribuito al processo di strutturazione della filiera stessa e rappresentano una fonte importante di informazioni.

#### INTERVENTI SVOLTI

La raccolta dei dati è stata fatta attraverso interviste con domande aperte agli attori delle diverse filiere. Le interviste sono state registrate e successivamente interamente trascritte.

I dati raccolti sono sia di tipo qualitativo che di tipo quantitativo. Per garantire la comparabilità dei risultati, è stato delineato un protocollo di analisi dei casi di studio attraverso il quale, per ogni filiera studiata, i dati raccolti sono stati analizzati e riportati in una relazione.

La scelta degli attori da intervistare è stata fatta col fine di prendere in considerazione tutte le diverse fasi di produzione di ogni filiera, dalla coltivazione del frumento presso le aziende agricole, alla molitura della granella presso i mulini, fino alla trasformazione del prodotto finale svolta dai panificatori.

Oltre ai produttori, sono stati identificati dei “key informant”, ovvero soggetti esterni alla filiera, appartenenti a istituti di ricerca, associazioni di categoria o altri soggetti pubblici o privati, che hanno contribuito al processo di strutturazione della filiera stessa e rappresentano una fonte importante di informazioni.

Le interviste sono state svolte tra luglio 2017 e gennaio 2018 e sono in totale 17, così ripartite:

#### 1) Filiera “GranPrato”

- Attori della filiera:

2 aziende agricole: Az. Agricola Colzi, Az. Agricola Boretti

1 mulino: Mulino Bardazzi

1 panificatore: Panificio Fogacci

- Key informant: Dott.ssa Lombardi Ginevra (Unifi), Dott. Fanfani David (Unifi)

## 2) Filiera "Pane del Mugello"

- Attori della filiera:

1 azienda agricola: Az. Agricola Di Natalino

1 mulino: Mulino Foralossi

2 panificatori: Panificio Faini, Panificio Conti

- 1 key informant: Dott. Borselli Matteo (Coldiretti)

## 3) Filiera "Pane di Montespertoli"

- Attori della filiera:

1 mulino: Mulino Paciscopi (precedentemente svolta)

1 panificatore: Panificio Panchetti (precedentemente svolta)

- 2 key informant: Dott.ssa Castioni Francesca (agronoma), Dott. Benedettelli Stefano (Unifi)

## 4) Filiera Az. Agricola "Floriddia"

- Attori della filiera:

1 azienda agricola/mulino/panificatore: Rosario Floriddia

- 1 key informant: Dott. Benedettelli Stefano (Unifi)

## Per la Filiera Verna

- Attori della filiera:

1 mulino: Mulino Parri

- 2 key informant: Dott. Ceccuzzi Roberto (Consorzio Agrario Siena), Dott. Garuglieri Paolo (ETS)

## 5) Visioni strategiche

Si forniscono di seguito alcune considerazioni per ciascuna delle filiere analizzate mettendo in evidenza per ciascuna di esse i rispettivi punti di forza e problematiche.

## Filiera “GranPrato”

Il principale punto di forza della filiera corta Gran Prato è stato quello di emergere a partire da una realtà produttiva già esistente, come risultato di un processo di interazione tra soggetti produttivi locali già strutturati e autonomi. Gli attori erano in partenza già in connessione tra loro e a stretto contatto in un ambito territoriale circoscritto, la naturale evoluzione è stata quella di unirsi per sviluppare un progetto comune che potesse apportare dei benefici economici a tutti, con risvolti positivi anche per l’ambiente e la valorizzazione del territorio.

Questo è stato possibile grazie al forte impulso a monte dell’Ass. Parco Agricolo di Prato che ha creato le basi per lo sviluppo di progetti di valorizzazione della tradizione agricola del territorio pratese e di sensibilizzazione della comunità locale sulle potenzialità dell’agricoltura periurbana. GranPrato si inserisce in questo contesto fertile di iniziative, andando a valorizzare un prodotto tradizionale, la bozza pratese, già considerato nell’ambito della panificazione un prodotto d’eccellenza, aggiungendo un ulteriore elemento di qualità, il Km 0, che ne rafforza il legame con il territorio.

Il Pane GranPrato è abbastanza conosciuto e consumato dai pratesi, soprattutto è stata osservata una fidelizzazione da parte dei consumatori che lo provano; il suo successo è stato altresì favorito dalla presenza di un mercato urbano sensibile a questi aspetti qualitativi nel consumo: tipicità e tracciabilità. I consumatori, riconoscono la qualità del prodotto e anche “la faccia di chi lo produce”, perché si tratta di produttori strettamente collocati nel territorio pratese.

Fondamentale è stato anche il supporto tecnico scientifico dell’Università di Firenze che ha partecipato alla formazione degli attori riguardo tecniche di coltivazione e conservazione, così come al processo di determinazione dei prezzi all’interno della filiera.

Le problematiche incontrate dalla filiera invece sono legate essenzialmente alle difficoltà dei piccoli produttori artigianali che fanno parte della stessa di inserirsi in particolari logiche industriali e accedere a tipologie di forniture quali ad esempio refezioni scolastiche che comportano un livello di standardizzazione del prodotto e vincoli normativi piuttosto stringenti legati al trasporto. Il pane GranPrato si inserisce in una tradizionale panificazione d’eccellenza già esistente nel territorio pratese; la filiera corta rafforza il legame del prodotto finale con il proprio territorio, apportando un ulteriore elemento di qualità. Tuttavia sta iniziando a delinearsi l’idea all’interno della filiera di associare un ulteriore valore aggiunto al prodotto: quello del biologico. E in alternativa, o meglio in concomitanza, orientarsi verso la coltivazione di varietà di grani antichi, come di fatto viene indicato nel Patto di Filiera

e nel Disciplinare di coltivazione. Alcuni agricoltori della filiera stanno iniziando a convertire al biologico un parte delle loro aziende: un'azione che potrebbe portare in futuro a inserire sul mercato anche un Pane GranPrato Bio, sebbene si tratti di un progetto ancora tutto da definire. Altri agricoltori invece, abituati a un sistema di coltivazione convenzionale, si dimostrano scettici di fronte agli elevati costi di produzione che un sistema biologico comporta: costi la cui incidenza ricadrebbe sul prezzo del prodotto finale, collocandolo in un paniere di beni dedicato a una fascia di consumatori ristretta.

Tuttavia la principale limitazione allo sviluppo di un sistema di coltivazione biologico certificato è strettamente intrinseca nel contesto agricolo pratese: si tratta di una realtà agricola bloccata dalla condizione di attesa edificatoria presente sulla quasi totalità dei terreni e che impedisce agli agricoltori di ottenere contratti di affitto di lunga durata; un limite temporale che scoraggia investimenti a lungo termine, come quello di conversione al biologico, per cui sono necessari 3 anni di conversione.

### **Filiera del Mugello**

Uno dei principali punti di forza di questa filiera è stato far leva sul legame con il territorio del Mugello per promuovere un prodotto, che però solo negli ultimi anni si è affermato sul mercato in maniera significativa.

L'inserimento del Pane del Mugello nella grande distribuzione è sicuramente un fattore ambivalente: se da un lato impone un consistente ricarico sul prodotto finale che quindi risulta più caro e meno accessibile per il consumatore finale, dall'altro permette la sopravvivenza della filiera stessa, assorbendo circa il 90% delle vendite di Pane del Mugello; l'inserimento del Pane del Mugello nella GDO è stato possibile grazie alle relazioni commerciali già avviate dai due panifici, che hanno inserito anche il Pane del Mugello nel paniere di prodotti proposti alla GDO. Il progetto iniziale di filiera corta, focalizzato sul mantenimento dei mestieri antichi in via di scomparsa quali il mugnaio e il fornaio, non prevedeva questo canale di vendita, tuttavia l'orientamento commerciale acquisito dagli attori ha permesso la sopravvivenza e l'affermarsi della filiera stessa.

Tra i punti deboli che è possibile riscontrare all'interno della filiera appare significativo il processo di determinazione dei prezzi che non risulta del tutto chiaro: sicuramente nel corso degli anni il prezzo di acquisto del grano è stato altalenante, raggiungendo minimi che snaturavano l'approccio di filiera corta volto a sostenere la produzione all'interno di un territorio; questo, unito ai pagamenti che spesso vengono dilazionati nel tempo, può essere un fattore di instabilità per la filiera da parte degli agricoltori,

i quali effettivamente non fanno parte del Consorzio di Tutela e Promozione Pane del Mugello (4 soci: due mulini, due fornai) e possono apparire come una controparte con cui doversi confrontare costantemente da parte di panificatori e mulini. Il processo di determinazione dei prezzi ha trovato giovamento dal supporto fornito da enti esterni, quali Coldiretti e Consorzio Agrario, che negli ultimi anni sembrano aver ristabilito un certo equilibrio all'interno della filiera, oltre che averne incentivato fortemente la promozione.

Attualmente non ci sono prospettive future chiaramente delineate dagli attori della filiera. Il sentimento generale per esempio in relazione a una possibile realizzazione di un prodotto biologico, evidenzia alcune perplessità da parte degli attori, che invece sostengono l'attuale metodo di produzione adottato: l'agricoltura integrata (certificazione "Agri Qualità"). Gli attori non sono totalmente contrari a un eventuale inserimento di varietà di grani antichi all'interno delle varietà coltivate, pur evidenziandone i limiti in termini di resa e propensione alle malattie; non escludono questa possibilità qualora vi sia la possibilità di inserire varietà di grani antichi registrate, quindi certificate e commercializzabili da un ente autorizzato, in virtù di proteggere la tracciabilità dei prodotti.

### **Filiera "Pane di Grani Antichi di Montespertoli"**

La filiera si costituisce nel 2004 su iniziativa di alcuni agricoltori, l'unico mugnaio rimasto e alcuni fornai, che decidono di ridare vita alla tradizione panificatoria locale, sfruttando gli incentivi forniti dalla Regione Toscana tramite PSR, per lo sviluppo di filiere corte locali. Inizialmente la filiera che si costituisce prevede la coltivazione di varietà moderne di grano: questa prima esperienza rimasta su piccolissima scala, non ottiene molto successo, in quanto il prodotto finale (Pane di Montespertoli) non possiede particolari caratteristiche, sufficienti a differenziarlo e renderlo competitivo di fronte alla larga offerta di prodotti da forno industriali.

Dal 2005 al 2010, nonostante la creazione di un marchio e le attività di promozione, le quantità di grano molite diminuiscono ogni anno; nel 2008, si decide di differenziare il pane prodotto, utilizzando farine ottenute da grani di varietà antiche, in passato già coltivate in quell'area e impiegando lievito di pasta madre per la panificazione. Grazie al sostegno dell'Università di Firenze e in particolare del Dott. Stefano Benedettelli (Professore associato presso il Dipartimento di Scienze Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente), che da anni conduceva ricerche su antiche varietà di frumento, gli attori della filiera riescono a coinvolgere alcuni agricoltori nella coltivazione di grani antichi e un altro fornaio per la produzione di pane con pasta madre, riattivando un processo di recupero di tecniche di produzione tradizionali in ogni fase della filiera e ottenendo un prodotto finale diversificato e di elevata qualità.

A partire dal 2010 inizia la produzione di grani antichi e nel 2013 viene fondata l'Associazione Grani Antichi di Montespertoli: associazione senza scopo di lucro il cui obiettivo è promuovere prodotti a base di grani antichi e proteggere e aiutare i produttori a rispettare alcune linee guida nella produzione; svolgendo quindi un ruolo sia di facilitatore per la cooperazione tra gli attori, sia di promotore dei prodotti della filiera.

I punti di forza della filiera di Grani Antichi di Montespertoli che hanno condotto al successo di questa iniziativa sono molteplici; primo tra tutti troviamo il fatto che la strutturazione della filiera è il risultato di un'azione collettiva bottom-up che si è sviluppata a livello locale (Comune di Montespertoli) in cui la fiducia e la reciprocità tra gli attori della filiera sono state un fattore chiave.

Il numero ridotto di attori della filiera e la loro vicinanza, ha permesso lo sviluppo e il mantenimento di un auto controllo diretto tra di essi, attraverso meccanismi di garanzia partecipata; la scelta di rimanere un piccolo gruppo e di non accordare l'accesso a nuove grandi aziende agricole all'interno della filiera, magari esterne a quel contesto locale e sociale, è una maniera per preservare il contatto diretto tra gli attori stessi ed evitare che si creino squilibri di potere all'interno del gruppo.

Oltre a ciò, il senso di appartenenza a una comunità, in cui vengono condivisi certi valori e in cui esiste un tessuto di relazioni sociali già strutturato, rappresenta la base per la costruzione di rapporti di fiducia reciproca tra gli attori della filiera, che operano in direzione di una salvaguardia di una reputazione comune.

La scelta di operare una trasformazione nel tipo di varietà coltivate, da varietà moderne di frumento a grani antichi, ha sicuramente permesso una differenziazione del prodotto finale, che quindi ha acquisito un valore aggiunto agli occhi del consumatore, determinandone il successo (aumento delle quantità prodotte e aumento della notorietà del prodotto). Congiuntamente ha permesso l'affermarsi della filiera stessa, con la creazione di un'associazione di filiera (Associazione Grani Antichi di Montespertoli), la stesura di un Disciplinare di produzione e la creazione di un marchio.

In questo processo, è stato fondamentale il ruolo giocato dall'Università degli Studi di Firenze che ha fornito un supporto tecnico nella selezione delle varietà di grano da coltivare e nello sviluppo dei processi di molitura e panificazione, così come il Comune di Montespertoli ha fornito un supporto nella sponsorizzazione del prodotto.

Le principali problematiche incontrate dalla filiera sono invece connesse alla fase di coltivazione: in particolare, gli agricoltori subiscono ingenti danni da fauna selvatica, il che può portare a una scarsa sostenibilità economica nella fase agricola. Per far fronte a questa eventualità, la filiera si è dotata di un fondo per la copertura dei rischi dedicato agli agricoltori, finanziato attraverso una auto tassazione sul macinato.

Tra le prospettive future, sulle quali la filiera sta già lavorando da tempo, c'è quella di promuovere e sostenere la creazione di altre piccole filiere locali, improntate sul modello messo in atto a Montespertoli, nell'ottica di diffondere i propri valori e rendere fruibile un prodotto di qualità a una quantità maggiore di persone. La filiera di Montespertoli sostiene da anni l'avvio di alcune filiere, sia attraverso rapporti di collaborazione pratici, sia attraverso uno scambio di conoscenze e competenze. Attualmente la filiera sta accompagnando lo sviluppo di tre realtà: un gruppo di agricoltori del Monte Amiata, un altro situato nell'area dell'oltre Po' pavese e uno nella Regione Friuli Venezia Giulia, al quale hanno consegnato le loro miscele di grani antichi e che stanno ottenendo ottime rese.

Nell'ottica di migliorare la propria filiera, gli attori stanno discutendo la possibilità di costruire un centro per lo svolgimento di laboratori connessi all'attività di panificazione, e/o dotarsi di un pastificio di filiera, occupandosi autonomamente della produzione di pasta.

L'Associazione Grani Antichi di Montespertoli sta inoltre portando avanti le pratiche per la registrazione di alcune varietà di frumento, Andriolo, Inallettabile, Autonomia B e Gentil Rosso, come varietà da conservazione.

In ultimo, l'approccio della garanzia partecipata, condiviso e apprezzato da tutti gli attori della filiera, nonché elemento distintivo della filiera stessa, viene attualmente messo in discussione dall'Associazione Grani Antichi, a causa probabilmente di una scarsa partecipazione da parte degli agricoltori nella fase di controllo partecipato, che appare sempre a carico dei soliti soggetti; verrebbe quindi richiesto a tutte le aziende agricole di certificarsi in biologico, che sicuramente comporterebbe costi maggiori per quelle aziende fino ad ora sprovviste di certificazione biologica.

### **Filiera Azienda Agricola Floriddia**

L'azienda agricola Floriddia nasce negli anni '60 è situata nella località di Peccioli (Pi) e si estende su una superficie di circa 300 ha di terreno destinati principalmente alla coltivazione di cereali e leguminose, oltre che a accogliere strutture per la lavorazione dei propri prodotti, per l'attività agrituristica e un punto vendita aziendale.

Dal 1987 l'azienda ha adottato le tecniche dell'agricoltura biologica per la coltivazione dei propri prodotti. Nonostante l'idea iniziale fosse quella di incrementare la coltivazione di ortaggi da destinare al commercio oltre che ai propri agriturismi, a partire dal 2005, grazie al sostegno economico ricevuto tramite PSR, l'azienda si dota di un piccolo mulino a pietra artigianale e di un forno, iniziando una modesta produzione di pane con farine ottenute dalla macinazione di grano coltivato nei propri terreni.

Nel 2006 in azienda viene avviata la coltivazione di alcune varietà di grani antichi.

Nel 2007 si ottiene il primo raccolto di frumento da vecchie varietà (circa 30 Quintali), che viene macinato e la farina in parte venduta e in parte panificata per testarne la qualità. Quest'azione viene sostenuta dall'associazione Rete Semi Rurali, formatasi nello stesso anno e a partire dal 2008 nei terreni dell'azienda vengono coltivate esclusivamente varietà di grani antichi.

Nel 2010 l'azienda viene ulteriormente incrementata con l'acquisto di un nuovo impianto di molitura, con una capacità produttiva più elevata e dotato di un impianto di selezione, oltre che con la creazione di un pastificio, dove produrre pasta ottenuta dal grano duro coltivato nei propri terreni e con l'aggiunta di un forno a legna più grande per la cottura del pane, sempre ottenuto da farine di propria produzione.

Attualmente l'azienda si occupa quindi di ogni fase della filiera produttiva: coltivazione del frumento, selezione e molitura, panificazione e pastificazione.

Nel caso dell'az. Floriddia la strutturazione in filiera si distacca dai meccanismi tipici di costruzione delle filiere corte locali: in questo caso la filiera non è frutto di una collaborazione tra vari attori inseriti nelle diverse fasi del processo produttivo che si accordano nell'ottica di completare il ciclo produttivo, remunerare adeguatamente ogni fase della filiera e inserire sul mercato un prodotto competitivo che riesca a esprimere al consumatore il valore aggiunto contenuto in termini di qualità e/o tracciabilità.

Nel caso dell'az. Floriddia abbiamo un'unica azienda, avviata in origine come azienda agricola, che si specializza nelle diverse fasi del processo produttivo successive alla coltivazione del frumento (molitura, panificazione e pastificazione), integrando all'interno della propria attività tutti i passaggi necessari per l'ottenimento del prodotto finito. Questa strategia di azione può essere assimilabile a un processo di integrazione verticale da parte di un'impresa, piuttosto che alla strutturazione di una filiera; tuttavia, l'avvio di accordi con altri produttori della zona e la stipula di un Contratto di rete, attraverso il quale gli agricoltori a monte della filiera diventano un gruppo di attori, apre le porte a una visione orizzontale del processo produttivo. L'az. Floriddia benché capofila dell'iniziativa e fulcro produttivo della filiera che ingloba in sé le fasi di molitura e trasformazione dei prodotti, si comporta come attore di un processo produttivo collettivo in cui diventa necessario dialogare con le altre parti e trovare necessariamente una sintesi di comune accordo su determinate questioni (determinazione dei prezzi, tecniche di coltivazione, etc.): quello che si è instaurato è di fatto un processo di strutturazione di una filiera corta in cui gli attori che vi partecipano portano avanti un processo consultivo con il fine ultimo di inserire sul mercato un prodotto competitivo e che abbia remunerato a monte tutti i fattori produttivi impiegati.

Questa condizione può essere considerata un vantaggio dal punto di vista economico nel momento in cui, grazie al Contratto di rete, si crea uno scambio di prodotti e manodopera tra le aziende aderenti, limitando i costi di produzione e favorendo lo scambio di conoscenze.

Il principale punto di forza di questa filiera riguarda il suo stretto contatto con tecnici agronomi e genetisti del mondo universitario e non, e con l'associazione Rete Semi Rurali, con i quali sono state messe in atto collaborazioni utili per entrambe le parti: molti studi su varietà di grani antichi, come per esempio la creazione di una miscela evolutiva che si adatta alle condizioni pedo-climatiche di un determinato territorio, sono stati resi possibili grazie alla disponibilità dell'az. Floriddia nel fornire il terreno necessario a creare campi sperimentali e parcellari con diverse varietà di frumento. L'azienda stessa è la prima beneficiaria del risultato di queste ricerche, sia da un punto di vista tecnico-scientifico, sia da un punto di vista promozionale e di immagine. L'organizzazione di convegni relazionati alle tematiche quali sostenibilità, agrobiodiversità, coltivazione di grani antichi, aperti a un pubblico di addetti, ma non solo, ha contribuito ad accrescere la notorietà dell'az. Floriddia che appare oggi come un punto di riferimento nello scenario regionale. Così come contribuisce l'approccio "a porte aperte" di fronte a visite in azienda da parte di scolaresche o privati.

Per quanto riguarda le prospettive future l'az. Floriddia ha sicuramente intenzione di incentivare il proprio aspetto sperimentale, organizzandosi per supportare al meglio le azioni di ricerca portate avanti dai diversi organismi, riconoscendone il valore, non solo per la propria attività, ma per l'intera società nel lungo termine.

In questa ottica l'az. Floriddia vuole dotarsi di uno spazio per incentivare le iniziative dedicate alla didattica, ovvero informazione e formazione al pubblico, organizzazione di convegni, degustazioni dei propri prodotti, mirati alla diffusione di una nuova cultura sui grani antichi e non solo. Congiuntamente alla creazione di un orto didattico e un piccolo frutteto.

L'az. Floriddia ha inoltre in programma di ridurre la produzione di pane, in quanto si tratta di un'attività poco remunerativa visti gli alti costi per il trasporto del prodotto. La produzione di pane verrà quindi ridotta per soddisfare esclusivamente il fabbisogno del punto vendita aziendale e delle botteghe del territorio di Peccioli; sospendendo le consegne su Pontedera, Pisa e Firenze. L'ottica è quella di riappropriarsi di una dimensione agricola dell'azienda, piuttosto che sviluppare la fase di panificazione, che rientra meno nelle proprie competenze.

### **Analisi "Filiera Frumento Verna"**

Le motivazioni che hanno spinto i soggetti alla creazione di una filiera nascono dalla necessità di preservare la purezza della varietà Verna e garantire al consumatore finale l'acquisto di un prodotto con determinate caratteristiche nutraceutiche e qualitative. La riproduzione indipendente delle sementi da parte di diverse aziende agricole senza il controllo di un organismo competente può infatti dare origine a

partite di grano eterogenee e causare un “inquinamento” della varietà originale, fornendo scarse garanzie al consumatore circa le reali caratteristiche del prodotto acquistato.

Il Verna è l'unica varietà di frumento tenero antica registrata al Registro Nazionale delle Varietà. L'Ente Toscano Sementi (ETS) è il costitutore e il detentore del nucleo di conservazione della varietà di frumento Verna e si occupa di fornire la semente nucleo originale alla filiera.

Un gruppo di aziende agricole aderenti alla filiera riproducono poi la semente nucleo nei vari livelli genetici: Pre Base, Base, R1 e R2. Il Consorzio Agrario di Siena si occupa poi del controllo, lavorazione e confezionamento delle sementi che verranno certificate dal CREA e successivamente dello stoccaggio del grano da macina.

La filiera si è dotata di un marchio registrato da ETS, composto da un logo grafico, nell'ottica di utilizzarlo su tutti i prodotti della filiera.

La filiera ha scelto inoltre di sottoporsi inoltre a un sistema volontario di controllo, ISO 22005 col fine di garantire la tracciabilità all'interno del processo produttivo: attualmente questo tipo di certificazione è in fase di avviamento e regola il percorso dalla semente fino allo stoccaggio del grano da macina in direzione dei mulini.

In Italia il settore cerealicolo soffre di una scarsa e instabile redditività, dovuta oltre che a fattori endemici, alla presenza sul mercato di grandi importazioni di frumento estero a basso costo. Le imprese nazionali sono spesso di piccole dimensioni, hanno costi di produzione elevati e uno scarso potere contrattuale rispetto a grandi società estere; questo fa sì che il frumento italiano sia scarsamente competitivo sul mercato, nonostante incorpori notevoli caratteristiche qualitative, obbligando le aziende italiane ad abbassare il prezzo di vendita del grano, in alcuni casi senza riuscire a remunerare la totalità dei fattori produttivi impiegati.

Allo stesso tempo, appare sempre più evidente che un'ampia fascia di consumatori si dimostra sempre più sensibile alle questioni legate alla qualità e salubrità degli alimenti che acquista, oltre che agli impatti ambientali generati dall'agricoltura attraverso la quale vengono prodotti.

In questo scenario, la riscoperta dei grani antichi, dei quali in Italia sono presenti moltissime varietà, può rappresentare un'opportunità per le aziende cerealicole di inserire sul mercato un prodotto differenziato che vada incontro alle nuove esigenze dei consumatori.

Dagli studi condotti dall'Università degli Studi di Firenze risulta infatti che i grani antichi possiedono valide proprietà nutrizionali, in particolare incorporano un elevato contenuto di composti antiossidanti, a capacità anti-infiammatoria e che il consumo di alimenti ottenuti da farine di antiche varietà di grano ha un ruolo protettivo per l'organismo, diminuendo il contenuto di colesterolo nel sangue e i parametri

infiammatori. Inoltre, il glutine delle varietà antiche ha una composizione qualitativamente migliore rispetto a quello delle qualità moderne di grano. Questa caratteristica riduce la sensibilizzazione dell'organismo o intolleranza al glutine, diminuendo l'insorgere di problemi ad essa connessi. Inoltre, i grani antichi si adattano meglio se coltivati con il metodo biologico, che vieta l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi di sintesi, contribuendo a diminuire l'impatto ambientale della coltivazione.

Attualmente il processo di valorizzazione di queste antiche varietà di frumento sta portando a un incremento della domanda da parte dei consumatori e a un aumento del prezzo di vendita dei prodotti che ne derivano, offrendo ai piccoli produttori agricoli italiani un'alternativa economicamente sostenibile per competere sul mercato.

Il principale punto di forza della filiera Frumento Verna risiede nel possesso del nucleo di conservazione della varietà Verna da parte dell'Ente Toscano Sementi (ETS), la cui compagine sociale è costituita tra gli altri dal Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, dai Consorzi Agrari Provinciali di Siena e di Firenze e dall'Università degli Studi di Firenze. , Differentemente da altre varietà di grani antichi, non registrate o registrate come varietà da conservazione, il Verna è una varietà commerciale regolarmente registrata avente come costituente l'ETS il quale ha concesso i diritti per la moltiplicazione e la produzione di semente al Consorzio Agrario di Siena. Quest'ultimo si occupa della stipulazione dei contratti di coltivazione con le aziende aderenti al progetto e della commercializzazione vera e propria della semente, attraverso il supporto di alcune aziende agricole che provvedono alla riproduzione del nucleo nei vari stadi previsti dalla normativa sementiera (Pre Base, Base, R1 e R2) e previa azione di controllo e confezionamento, garantita dalla certificazione del Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria - CREA.

Le aziende che vogliono coltivare Verna possono quindi acquistare la semente esclusivamente presso il Consorzio Agrario di Siena. Grazie al progetto integrato di filiera il Consorzio si occupa sia della fornitura di semente sia del successivo ritiro e stoccaggio del grano da macina, nonché di fornire assistenza tecnica ai coltivatori. Nel 2016 i prezzi di conferimento erano stati fissati a 42 euro /q per il convenzionale e a 46 euro/q per il biologico, valori notevolmente superiori a quelli di mercato per il grano convenzionale (circa 180 euro/q sempre nel 2016). L'adesione all'Accordo di filiera rappresenta quindi un'importante opportunità di diversificazione del reddito per gli agricoltori.

Il rapporto di esclusività tra ETS e Consorzio Agrario di Siena, conferisce un vantaggio competitivo alla filiera Verna (di cui il Consorzio è capofila) e in prospettiva la possibilità di impedire a soggetti terzi la commercializzazione di frumento, o trasformati, con la denominazione Verna, se non sottoscrivendo le clausole previste dall'Accordo di Filiera. In quest'ottica ETS ha depositato un marchio, contenente il logo

della varietà Verna che potrà essere apposto esclusivamente sui prodotti delle imprese aderenti al progetto di filiera.



L'utilizzo di un marchio sui prodotti finali, vincolato alla sottoscrizione di un regolamento d'uso, appare di fondamentale importanza per rafforzare l'esclusività di questi prodotti, rappresentando uno strumento di garanzia per il consumatore finale sia circa la tracciabilità del prodotto, sia circa determinati standard qualitativi da esso incorporati.

Sulla stessa linea, un ulteriore punto di forza della filiera consiste nell'adesione a un sistema volontario di controllo (ISO 22005) seguito da un ente certificatore esterno (Bureau Veritas): questa certificazione ha come scopo quello di garantire la tracciabilità e rintracciabilità di tutto il processo produttivo dalla semente originale di Verna ai prodotti trasformati finali. Attualmente la certificazione si estende dalla fase di reperimento della semente, fino alla fase di stoccaggio della granella presso il Consorzio Agrario di Siena.

Attraverso l'adesione a un sistema di controllo volontario, la filiera garantisce la tracciabilità dei propri prodotti, tuttavia il controllo si esaurisce nella fase di molitura della granella. Non è infatti possibile attestare quale percorso seguano i prodotti trasformati e come vengano commercializzati. Questa incompletezza rappresenta una debolezza dal punto di vista della garanzia dell'intero ciclo produttivo di fronte al consumatore finale. La necessità di una tracciabilità completa appare evidente anche nell'ottica dell'utilizzo di un marchio da apporre sui prodotti finali, che necessita evidentemente di una regolamentazione e di un sistema di controllo.

Sempre in relazione alla creazione del marchio si evidenzia la mancanza di un organismo, consorzio o associazione, incaricato nello specifico della sua promozione e tutela, che invece appare importante anche nell'ottica di intraprendere ulteriori azioni di valorizzazione.

Un ulteriore punto di debolezza della filiera riguarda la mancanza di una linea di produzione per la semente biologica: pur prevedendo la produzione di frumento Verna biologico all'interno della filiera, attualmente le aziende agricole che coltivano Verna in biologico, acquistano semente convenzionale in deroga presso il Consorzio Agrario di Siena, attuando poi durante la coltivazione le pratiche consentite dal metodo di conduzione biologica.

Vista la recente riscoperta dei grani antichi e la crescente domanda da parte dei consumatori, in particolare della varietà Verna, si assiste a un diffuso aumento del prezzo del Verna che può generare meccanismi di competizione interna, di fuoriuscita dall'Accordo di filiera e anche di pratiche commerciali scorrette sul mercato intermedio e finale. Allo stato attuale un produttore agricolo che coltiva frumento Verna potrebbe trovare più conveniente economicamente vendere il proprio grano a mulini non aderenti all'Accordo stesso ad un prezzo più alto di quello stabilito dall'Accordo stesso. Questo meccanismo non garantisce al consumatore finale, di farina o trasformati, la qualità e l'origine del prodotto acquistato, ma richiede l'attivazione di meccanismi preesistenti di fiducia tra chi produce e chi acquista.

Poiché il Consorzio Agrario di Siena concede la vendita di semente Verna anche a coltivatori che non partecipano al progetto di filiera, fino a che non verrà apposto il marchio di filiera sui prodotti trasformati, rendendo obbligatoria l'adesione al progetto di filiera qualora si voglia commercializzare grano Verna o suoi trasformati, potrà verificarsi la presenza diffusa sul mercato di prodotti a base di Verna commercializzati da quei produttori che non aderiscono all'Accordo di Filiera, e che potranno trovare conveniente acquistare semente presso il Consorzio Agrario e rivendere il grano prodotto altrove.

### **Prospettive future**

Nell'ottica di garantire la tracciabilità all'interno dell'intero processo produttivo della filiera, si auspica un'estensione della certificazione ISO 22005 anche alle fasi di trasformazione, fino al prodotto finale, che verrà commercializzato con l'apposito marchio di filiera, come garanzia di origine e qualità. Questa iniziativa dovrà essere integrata, oltre che dalla redazione di un Disciplinare di produzione per i prodotti finali, dalla stesura di un regolamento d'uso del marchio e dalla creazione di un organismo di promozione e tutela di quest'ultimo; eventualmente anche dalla possibile creazione di un fondo per sostenere possibili spese legali, qualora si presenti la necessità di rivendicare l'esclusività del marchio.

L'obiettivo di questo organismo (consorzio o associazione) sarà quello di garantire un controllo in tutte le fasi della filiera e di valorizzare il prodotto finale attraverso azioni di promozione.

La Filiera Frumento Verna inoltre si è strutturata grazie all'azione del Consorzio Agrario di Siena, che attraverso il suo lavoro ha messo in connessione diversi soggetti sulla base di rapporti tendenzialmente di carattere economico. Come osservato in altre esperienze di valorizzazione di produzioni cerealicole attraverso la creazione di filiere corte, la presenza di una base produttiva, caratterizzata da legami preesistenti tra i diversi attori e da un sentimento di appartenenza a un territorio o a una comunità, con determinate tradizioni e valori, sono una variabile che influisce positivamente sul successo dell'iniziativa. Anche nel caso della Filiera Verna, la creazione di un'associazione che valorizzi il legame di questa varietà con il territorio e rafforzi le relazioni tra gli attori della filiera, sia attraverso iniziative interne alla filiera volte allo scambio di buone pratiche, sia attraverso azioni di promozione al pubblico che evidenzino la trasparenza della filiera e il carattere collettivo dell'iniziativa, potrebbe contribuire all'affermazione della filiera e a un aumento della sua notorietà.

Infine, nell'ottica di garantire un prodotto totalmente biologico e in vista di possibili cambiamenti normativi che potrebbero limitare la coltivazione in biologico con seme in deroga, può risultare conveniente che il Consorzio Agrario di Siena si attrezzi per la lavorazione della semente biologica attraverso una linea dedicata, o che venga inserito all'interno della filiera un soggetto terzo (ditta sementiera) in grado di fornire questo servizio.

Pur con alcuni margini di miglioramento, l'esperienza della valorizzazione del frumento Verna rappresenta un esempio di buona pratica di gestione del germoplasma autoctono che potrebbe essere utilmente replicata per la registrazione di altre varietà locali di frumento toscano da parte dell'Ente Toscano Sementi.

## **11. Analisi LCA**

Partner attuatore: Fondazione Clima e la Sostenibilità

E' stata svolta un'analisi LCA sulla coltivazione del frumento Verna su due sistemi di conduzione, biologico e convenzionale, al fine di individuare punti di forza e debolezze di ciascuna filiera, valutarne l'impatto ambientale e quindi di razionalizzare gli interventi.

La valutazione dell'efficienza dei due modelli di coltivazione, da un punto di vista ambientale, si è basata sull'applicazione della metodologia LCA (Life Cycle Assessment) che è stata applicata per il calcolo del "carbon footprint" effettuato sulla base della metodologia, inquadrata e descritta attraverso apposite normative (ISO 14040 e 14044). Inoltre, verrà calcolato anche il "water footprint" che rappresenta il volume di acqua effettivamente utilizzato per produrre un processo o un prodotto e fornisce un'indicazione sulla pressione effettuata sulla risorsa idrica. L'utilizzo di questi indici consentirà di tradurre lo sforzo scientifico, tecnologico e tecnico alla base del processo produttivo innovativo in un valore aggiunto dal punto di vista commerciale.

### **RACCOLTA DATI**

Durante la fase di raccolta dei dati sono state svolte interviste presso aziende agricole condotte in regime biologico e convenzionale maggiormente rappresentative per il contesto toscano. In particolare, le interviste sono state svolte su aziende dislocate nelle province di Firenze, Siena e Arezzo. Dal totale delle aziende analizzate sono state scelte dieci realtà che fossero maggiormente rappresentative per ognuno dei due sistemi produttivi (cinque aziende biologiche e cinque aziende convenzionali). I dati ottenuti dall'analisi di queste dieci aziende sono stati elaborati in modo da acquisire un dato medio rappresentativo dei due distinti sistemi di conduzione.

Lo studio è stato incentrato sulla raccolta dei dati produttivi aziendali di frumento Verna per le annate 2015, 2016, 2017 e 2018 in modo da valutare la tendenza delle produzioni a livello regionale, anche in base all'andamento climatico. Per ogni realtà sono state raccolte informazioni in merito alla tipologia delle lavorazioni, dalla preparazione del letto di semina fino alla raccolta. In particolare, per ogni lavorazione è stato valutato il consumo medio di carburante (l/ha), la tipologia (gommato o cingolato) e la potenza (CV) delle trattrici, oltre che l'attrezzatura impiegata. Per quanto riguarda la fase di raccolta, la maggior parte delle aziende si è avvalsa del lavoro di contoterzisti, dato che solo una piccola parte delle aziende è dotata di una mietitrebbia aziendale. In questo caso la raccolta delle informazioni è stata svolta attraverso interviste presso il contoterzista. Infine, è stato definito anche il tempo (minuti/ha) necessario allo svolgimento di ognuna delle lavorazioni impiegate.

In seguito, è stata svolta un'analisi sulle tipologie di fertilizzanti utilizzati con particolare attenzione ai quantitativi impiegati (kg/ha) ed il titolo. Inoltre, sono state raccolte informazioni in merito alla tipologia degli imballaggi dei fertilizzanti (dimensioni e materiali) oltre che alla distanza del fornitore dal centro aziendale. Infine, è stata valutata la metodologia di smaltimento degli imballaggi in base al fatto che essi rappresentino o meno un rifiuto speciale. La raccolta di queste informazioni ha permesso di definire un quadro degli impatti che l'impiego di fertilizzanti provoca sia a livello di campo che di filiera.

È stata poi svolta una raccolta di informazioni riguardo le quantità di seme utilizzato e gli eventuali interventi di concia. Analogamente ai fertilizzanti, è stato analizzato il prodotto con cui è stata svolta la concia del seme e le quantità impiegate, i volumi di acqua necessari e i principi attivi presenti nel fitofarmaco. In modo simile sono state analizzate le tipologie degli imballaggi utilizzati (dimensioni e materiali) oltre che alla distanza del fornitore dal centro aziendale. Anche in questo caso è stata valutata la metodologia di smaltimento degli imballaggi. Nello stesso modo sono stati valutati gli eventuali interventi di controllo delle infestanti e degli agenti patogeni con particolare attenzione ai quantitativi di prodotto impiegati, i principi attivi e le tipologie degli imballaggi, oltre che le metodologie di smaltimento.

Infine, in fase di raccolta sono stati valutati i consumi di carburante per il trasporto della granella al centro aziendale. Analogamente, è stata valutata la metodologia di gestione delle paglie facendo una distinzione fra le aziende che svolgono la raccolta in rotoballe e quelle che invece interrano le paglie al termine del ciclo produttivo. In questo senso, sono stati valutati i quantitativi di filo plastico utilizzati ed i consumi di carburante necessari al trasporto delle rotoballe presso il centro aziendale.

## **RISULTATI**

I risultati ottenuti dalla raccolta di dati nelle aziende sono riportati nelle tabelle di seguito, distinti fra i due sistemi colturali biologico e convenzionale.

## BIOLOGICO

### Dati generali

#### MEDIA 5 Aziende

#### LCA COLTIVAZIONE FRUMENTO VERNA

Nome azienda su cui si raccolgono i dati	5 aziende fra AR, SI e FI
Indirizzo azienda	BIOLOGICO
Nominativo referente raccolta dati	
Telefono referente raccolta dati	
Indirizzo di posta elettronica referente raccolta dati	
Anno di riferimento dati raccolti	2015-2018
Prodotto oggetto di studio	Frumento VERNA
Superficie coltivata del prodotto oggetto di studio (ha)	1

### Produzione oggetto dello studio

	udm	MEDIA
RESA 1: produzione per ha del prodotto oggetto di studio per l'anno di riferimento dei dati	kg/ha	1524
Periodo / durata di coltivazione del prodotto oggetto di studio		2015 - 2018

### Operazioni colturali

Tipologia operazione (indicare le operazioni in ordine cronologico)	Peso %	Numero operazioni	Tipologia carburante	Consumo carburante l/ ha	udm (indicare se kg/ha o litri su ha)	Tipo di trattore	Potenza CV	Tipo attrezzatura	Tempo min/ha
Sovescio (aratura+semina+trinciatura)	0	1	Gasolio	71.3	l/ha	gommato	134	Aratro-Seminatrice-Trinciatrice	105.3
Trinciatura infestanti	20	1	Gasolio	15	l/ha	gommato	140	Trinciatrice	90
Aratura	100	1	Gasolio	41.1	l/ha	gommato	130	Aratro	158
Concimazione fondo	40	1	Gasolio	10.4	l/ha	gommato	90	Spandiconcime	25
Ergicoltura a dischi	60	1	Gasolio	26.2	l/ha	gommato	105	Erpice a dischi	90
Ergicoltura denti rotanti	20	1	Gasolio	30.0	l/ha	gommato	120	Erpice a denti rotanti	180
Semina	100	1	Gasolio	22.4	l/ha	gommato	132	Seminatrice a file	68
Ergicoltura denti rigidi	20	1	Gasolio	15.0	l/ha	gommato	103.3	Erpice a denti rigidi	56.7
Concimazione copertura 1°	20	1	Gasolio	9.0	l/ha	gommato	90	Spandiconcime	30
Concimazione copertura 2°	20	1	Gasolio	9.0	l/ha	gommato	90	Spandiconcime	30
Concimazione fogliare 1°	20	1	Gasolio	6.0	l/ha	gommato	90	irroratrice	30
Concimazione fogliare 2°	20	1	Gasolio	6.0	l/ha	gommato	90	irroratrice	30
mietitrebbiatura	100	1	Gasolio	20.4	l/ha	gommato	136.3	Mietitrebbia	82.5

## Fertilizzazione

Nome commerciale fertilizzante	Peso %	quantità/ha: udm=kg/ha	Composizione fertilizzante (es. N,P,K) e % contenute	Tipologia di Imballaggio che contiene il fertilizzante	Materiale dell'imballaggio che contiene il fertilizzante	Peso vuoto dell'imballaggio: udm=kg	Capacità dell'imballaggio : udm=kg	Fornitore del fertilizzante	Ubicazione del fornitore del fertilizzante	Distanza dal fornitore di fertilizzante all'azienda km	Smaltimento
Ravel 27 Opengreen kg/ha	20	350	perfosfato 27%	sacchi pvc da 30 kg	Plastica			Consorzio Agrario	CAPSI	12	rifiuto speciale
Biosiapor 3-12 kg/ha	20	50	3% N, 12 % P	Sacconi	Plastica	0.5	50	Consorzio Agrario	CAPSI	15	rifiuto speciale
Endurance N7 kg/ha	20	110	7% N	Sacconi	Plastica	0.5	50	Consorzio Agrario	CAPSI	15	rifiuto speciale
Endurance N8 kg/ha	20	180	8, 0,5	Sacconi	Plastica	0.5	50	Consorzio Agrario	CAPSI	15	rifiuto speciale
Siapton Siapa kg/ha	20	3	8.7% N org, 25% C org	tanica 1 l	Plastica	0.1	1	Consorzio Agrario	CAPSI	12	rifiuto speciale

## Semente e trattamenti

Nome commerciale fitofarmaco	Peso %	litri/ha	Acqua per diluizione (litri acqua/udm fitofarmaco)	Composizione fitofarmaco: indicare gli elementi e le % contenute	Tipologia di Imballaggio che contiene il fitofarmaco	Materiale dell'imballaggio che contiene il fitofarmaco	Peso vuoto dell'imballaggio : udm=kg	Capacità dell'imballaggio	Fornitore del fitofarmaco	Ubicazione del fornitore del fitofarmaco	Distanza percorsa dal fornitore di fitofarmaco all'azienda che coltiva il prodotto: udm=km	Smaltimento
Seme Kg/ha	100	195							Consorzio Agrario	CAPSI	16.6	
Poltiglia bordolese	100	250 g/1q seme	200 kg/ha seme	solfato di rame 20%	Sacchi	Plastica	0.2	30	Consorzio Agrario	CAPSI	16.6	Rifiuto speciale
Ekoseed - pro-ced	20	100 g/1q seme	201 kg/ha seme									

## Operazioni per la fase di raccolta

Tipologia carburante/energia	Peso %	Consumo gasolio l/ha	Distanza dal fornitore di fertilizzante all'azienda km
Trasporto centro di stoccaggio della granella	100	7	8

## Gestione della paglia

Tipologia	Peso %	Gasolio kg/ha	Tempo min/ha
Pressatura in rotoballe	50	23	62.5
Trinciatura combinata con la ra	50		Combinata con la raccolta

## Rifiuti generati

Tipologia rifiuto	Materiale di legatura	Quantità kg/ha	Modalità di smaltimento
filo per pressatura paglia	polipropilene	4	riciclo

## CONVENZIONALE

### Dati generali

### MEDIA 5 Aziende

#### LCA COLTIVAZIONE FRUMENTO VERNA

Nome azienda su cui si raccolgono i dati	5 aziende fra AR, SI, FI
Indirizzo azienda	Convenzionale
Nominativo referente raccolta dati	
Telefono referente raccolta dati	
Indirizzo di posta elettronica referente raccolta dati	
Anno di riferimento dati raccolti	2015-2018
Prodotto oggetto di studio	Frumento VERNA
Superficie coltivata del prodotto oggetto di studio (ha)	1

### Produzione oggetto dello studio

	udm	Media kg/ha
RESA 1: produzione per ha del prodotto oggetto di studio per l'anno di riferimento dei dati	kg/ha	2761
periodo / durata di coltivazione del prodotto oggetto di studio		2015 - 2018

### Operazioni culturali

Tipologia operazione (indicare le operazioni in)	Peso %	Numero operazioni	Tipologia carburante	Consumo carburante l/ ha	udm (indicare se kg/ha o litri su ha)	Tipo di trattore	Potenza CV	Tipo attrezzatura	Tempo min/ha
Lavorazione principale aratura/rippatura	100	1	Gasolio	50.5	l/ha	gommato	218	aratro/ripuntatore	112
Concimazione di fondo	100	1	Gasolio	10.8	l/ha	cingolato	121	spandiconcime	31.0
Erpicazione con erpice a dischi	100	1	Gasolio	21.6	l/ha	gommato	176	erpice a dischi	72.0
Semina ( + erpice rotante opzionale)	100	1	Gasolio	17.1	l/ha	gommato	111	seminatrice	52.0
Concimazione copertura 1°	100	1	Gasolio	8.7	l/ha	gommato	111	spandiconcime	24.0
Diserbo e/o fungicida	80	1	Gasolio	9.5	l/ha	gommato	149	irroratrice	20.0
Concimazione copertura 2°	20	1	Gasolio	8.0	l/ha	gommato	100	spandiconcime	25.0
Mietitrebbiatura	100	1	Gasolio	21.4	l/ha	gommato	144	mietitrebbiatrice	98.0

## Fertilizzazione

Nome commerciale fertilizzante	Peso %	quantità/ha: udm=kg/ha	Composizione fertilizzante (es. N,P, K) e % contenute	Tipologia di Imballaggio che contiene il fertilizzante	Materiale dell'imballaggio che contiene il fertilizzante	Peso vuoto dell'imballaggio: udm=kg	Capacità dell'imballaggio: udm=kg	Fornitore del fertilizzante	Ubicazione del fornitore del fertilizzante	Distanza dal fornitore di fertilizzante all'azienda km	Smaltimento
Concimazione alla semina fosfato biammonico	20	250	18-46-0	Ballone "big bag" polipropilene	Plastica	1.75	600	Consorzio Agrario	CAPSI	10	Rifiuto speciale
Concimazione alla semina Siapor Unimer	80	212.5	11-25-0	Ballone "big bag" polipropilene	Plastica	1.75	500	Consorzio Agrario	CAPSI	7.25	Rifiuto speciale
Concimazione di copertura nitrato ammonico	80	187.5	26-0-0	Ballone "big bag" polipropilene	Plastica	1.75	600	Consorzio Agrario	CAPSI	8.5	Rifiuto speciale
Concimazione di copertura Sulfan	20	200	27-0-0	Ballone "big bag" polipropilene	Plastica	1.75	600	Consorzio Agrario	CAPSI	5	Rifiuto speciale

## Semente e trattamenti

Nome commerciale fitofarmaco	Peso %	litri/ha	Acqua per diluizione (litri acqua/udm fitofarmaco)	Composizione fitofarmaco: indicare gli elementi e le % contenute	Tipologia di Imballaggio che contiene il fitofarmaco	Materiale dell'imballaggio che contiene il fitofarmaco	Peso vuoto dell'imballaggio: udm=kg	Capacità dell'imballaggio l	Fornitore del fitofarmaco	Ubicazione del fornitore del fitofarmaco	Distanza percorsa dal fornitore di fitofarmaco all'azienda che coltiva il prodotto: udm=km	Smaltimento
Scenic (concia del seme). Il consorzio si occupa della concia del seme e del conferimento dello stesso alle aziende	100	180		Protiocanazolo 3,35 % (= 37,5 g/L) Fluoxastrobin 3,35 % (= 37,5 g/L) Tebuconazolo 0,45 % (= 5 g/L)					Consorzio Agrario	CAPSI	6	Rifiuto speciale
Marox (Diserbante)	60	0.040	167	100 grammi di prodotto contengono: Tifensulfuron metile puro g 33.3 Tribenuron metile puro g 16.7	Barattolo	Plastica	0.02	0.1	Consorzio Agrario	CAPSI	6	Rifiuto speciale
Axial Pronto (Diserbante)	20	0.750	200	Pinoxaden 6,4% (60 g/l); Cloquintocet-mexyl 1,55% (15g/L)	Tanica	Plastica	0.120	1	Consorzio Agrario	CAPSI	6	Rifiuto speciale
Manta Gold (Diserbante)	40	1.750	175	Fluroxipir 6% Clopiralid 2,3% MCPA puro da estere 26,7%	Tanica	Plastica	0.150	3	Consorzio Agrario	CAPSI	6	Rifiuto speciale
Atlantis (Diserbante)	20	0.50	150	Iodosulfuron-metile-sodio 0,6%; Mefenpiridietile 9% Mesosulfuron-metile 3%	Barattolo	Plastica	0.030	0.5	Consorzio Agrario	CAPSI	6	Rifiuto speciale
Bumper P (Fungicida)	60	1.1	166.7	Procloraz puro 34,8% Propiconazolo puro 7,8%	Tanica	Plastica	0.12	1	Consorzio Agrario	CAPSI	6	Rifiuto speciale

## Operazioni per la fase di raccolta

Tipologia carburante/energia	Peso %	Consumo gasolio l/ha	Distanza dal fornitore di fertilizzante all'azienda km
Trasporto centro di stoccaggio della granella	100	7	8

## Gestione della paglia

Tipologia	Peso %	Gasolio kg/ha	Tempo min/ha
Pressatura in rotoballe	50	23	62.5
Trinciatura combinata con la raccolta	50		Combinata con la raccolta

## Rifiuti generati

Tipologia rifiuto	Peso %	Materiale di le	Quantità kg/ha	Modalità di smaltimento
filo per pressatura paglia	50	polipropilene	4	riciclo

## LCA APPLICATA ALLA COLTIVAZIONE DI FRUMENTO VERNA

### OBIETTIVO DELLO STUDIO

L'obiettivo principale dello studio è di valutare l'impronta di carbonio (kg CO<sub>2eq</sub>) della coltivazione di frumento Verna con sistema di conduzione convenzionale.

### L'UNITÀ FUNZIONALE

L'unità funzionale è la resa annuale per ha (kg/ha), calcolata come media di produzione dell'ultimo quadriennio (2015-2018) per un campione di 5 aziende. L'unità funzionale relativa al sistema di coltivazione è indicata in tab. 1.

SISTEMA	UF
Coltivazione di tipo CONVENZIONALE	2761 kg/ha

Tab. 1 – Unità funzionale del sistema studiato.

I risultati di impatto saranno espressi per 1 kg di prodotto raccolto.

### I CONFINI DEL SISTEMA

I confini del sistema comprendono tutte le attività di coltivazione del frumento in un anno fino alla raccolta del prodotto e al suo trasporto al centro di stoccaggio.

Inclusioni:

- semi di frumento e relativo imballaggio;
- consumi di gasolio per attività agricole: pratiche di coltivazione (aratura/rippatura, concimazione, erpicatura, semina, concimazione, difesa fitosanitaria, diserbo e mietitrebbiatura), raccolta del frumento e pressatura in rotoballe;
- produzione di fertilizzanti e prodotti fitosanitari per i trattamenti (comprensivi dei relativi imballaggi);
- emissioni da uso di fertilizzanti: protossido di azoto ( $N_2O$ ) in aria e acqua, ammoniaca ( $NH_3$ ) in aria e Nitrati ( $NO_3$ ) in acqua;
- trasporto di semi, fertilizzanti e fitofarmaci dal fornitore all'azienda che coltiva il frumento;
- consumo idrico per la diluizione dei prodotti utilizzati per la coltivazione;
- scenari di fine vita degli imballaggi di semi, fertilizzanti e fitofarmaci;
- trasporto del frumento raccolto dall'azienda di coltivazione al centro di stoccaggio.

Per quanto riguarda i consumi idrici, il frumento non viene irrigato e l'unico consumo è quello per la diluizione dei trattamenti.

Esclusioni: infrastrutture delle aziende (sia agricole che altri stabilimenti); macchinari e trattrici per le operazioni agricole; lavoro e trasporto umano; fasi di manutenzione; emissioni da uso di fitofarmaci.

In fig. 1 si descrive il diagramma di flusso e i confini del sistema oggetto di studio.

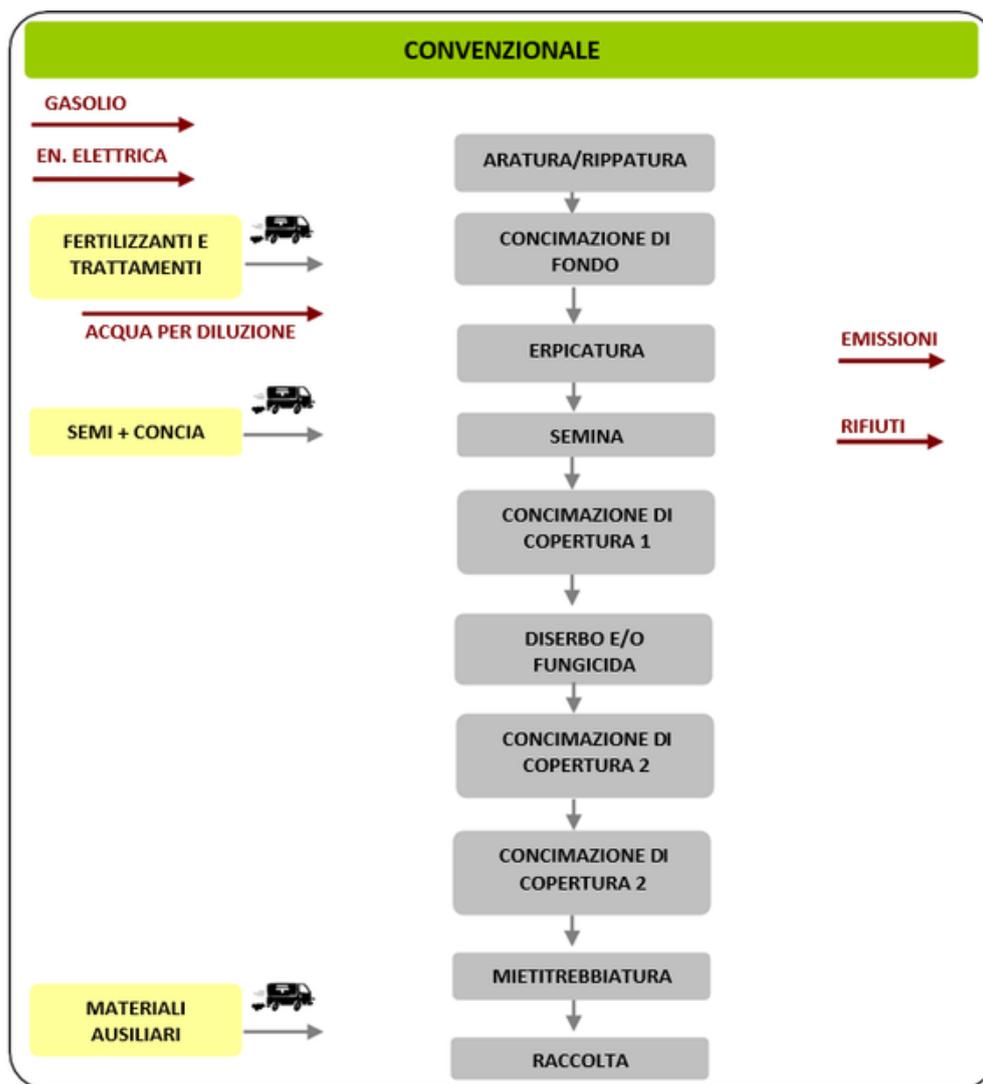


Fig. 1 - Diagramma di flusso, confini del sistema e schema input/output del ciclo di vita della produzione di frumento con sistema convenzionale.

## TIPO E REQUISITI DI QUALITÀ DEI DATI

I requisiti di qualità dei dati rispecchiano generalmente le caratteristiche dei dati necessari per lo studio. In questo caso sono stati utilizzati i dati raccolti sul campo (dati primari) di un campione di aziende convenzionali.

Il dato finale utilizzato in inventario è una media dell'ultimo quadriennio (2015-2018) per un campione 5 aziende.

Copertura temporale: i dati di coltivazione si riferiscono a una media di dati che comprendono 4 anni di campagna 2015-2018.

Copertura geografica: Regione Toscana, Italia.

Copertura tecnologica: il riferimento è a pratiche agricole di produzione del frumento.

La banca dati LCA utilizzata è ecoinvent, v.3.4. Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il codice di calcolo SimaPro v8.5.

## TIPOLOGIE DI IMPATTI E METODI

Gli indicatori di impatto potenziale e le fonti dei metodi usati per il calcolo sono indicati in tab. 2.

INDICATORE DI IMPATTO	UNITÀ DI MISURA	METODO DI RIFERIMENTO
RISCALDAMENTO GLOBALE	kg CO <sub>2</sub> eq	IPCC 2013 – International Panel on Climate Change

Tab. 2 –Indicatore di impatto ambientale e relativo metodo utilizzato per lo studio.

## INVENTARIO

### RACCOLTA DATI

**Procedimento:** la raccolta dati è stata effettuata mediante apposite check-list elaborate ad hoc e compilate da un referente di progetto che ha coinvolto le aziende del campione. In tab. 3 si indica la sintesi dei dati raccolti. L'inventario fa riferimento a dati primari descritti da processi di banca dati ecoinvent v.3.4 rappresentativi per analogia geografica e tecnologica.

COLTIVAZIONE FRUMENTO – METODO CONVENZIONALE						
N. AZIENDE	5					
PRODUZIONE DI FRUMENTO	2761 kg/ha					
PERIODO DI COLTIVAZIONE DEL PRODOTTO	Media quadriennio 2015-2017					
OGGETTO DI STUDIO						
<b>OPERAZIONI COLTURALI</b>	<b>PESO %</b>	<b>CONSUMO DI GASOLIO l/ha</b>	<b>TIPO ATTREZZATURA</b>	<b>TEMPO min/ha</b>		
ARATURA/RIPPATURA	100	50,5	Aratro/ripuntatore gommato 218cv	112		
CONCIMAZIONE DI FONDO	100	10,8	Spandiconcimecingolato 121cv	31		
ERPICATURA con erpice a dischi	100	21,6	Erpice a dischi gommata 176cv	72		
SEMINA	100	17,1	Seminatrice gommata 111cv	52		
CONCIMAZIONE COPERTURA 1°	100	8,7	Spandiconcime gommato 111cv	24		
DISERBO e/o FUNGICIDA	80	9,5	Irroratrice gommata 149cv	20		
CONCIMAZIONE COPERTURA 2°	20	8,0	Spandiconcime gommato 100cv	25		
MIETTREBBIATURA	100	21,4	Mietitrebbiatrice gommata 144cv	98		
<b>FERTILIZZANTI</b>						
PRODOTTO	Fosfato biammonico	Siapor Unimer	Nitrato ammonico	Sulfan		
PESO %	20	80	80	20		
QUANTITA' PRODOTTO kg/ha	250	212,5	187,5	200		
COMPOSIZIONE N-P-K	18-46-0	11-25-0	26-0-0	27-0-0		
TIPOLOGIA IMBALLAGGIO	"Big bag" PP	"Big bag" PP	"Big bag" PP	"Big bag" PP		
PESO VUOTO IMBALLAGGIO	1,75	1,75	1,75	1,75		
CAPACITA' IMBALLAGGIO	600	500	600	600		
DISTANZA FORNITORE km	10	7,25	8,5	5		
<b>SEMINE E TRATTAMENTI</b>						
PRODOTTO	Seme + Scenic (concia del seme)	Marox (diserbante)	Axial Pronto (diserbante)	Manta Gold (diserbante)	Atlantis (diserbante)	Bumper P (fungicida)
PESO %	100	60	20	40	20	60
QUANTITA'	180 kg/ha di seme + 300 g di Scenic per ogni 100 kg di semi (=540 g/ha)	0,040 l/ha	0,750 l/ha	1,750 l/ha	0,500 l/ha	1,100 l/ha
CONSUMO ACQUA PER DILUIZIONE (l acqua/udm)		167	200	175	150	166,7
COMPOSIZIONE	Protiocanazolo 3,35 % (= 37,5 g/L) Fluoxastrobin 3,35 % (= 37,5 g/L) Tebuconazolo 0,45 % (= 5 g/L)	Tifensulfuron metile puro 33,3 % Tribenuron metile puro 16,7 %	Pinoxaden 6,4% (60 g/l); Cloquintocetmexyl 1,55% (15g/L)	Fluroxipir 6% Clopiralid 2,3% MCPA puro da estere 26,7%	Iodosulfuron-metile-sodio 0,6%; Mefenpir-dietile 9%; Mesosulfuron-metile 3%	Procloraz puro 34,8% Propiconazolo puro 7,8%

TIPOLOGIA IMBALLAGGIO		Barattolo plastica	Tanica plastica	Tanica plastica	Barattolo plastica	Tanica plastica
PESO VUOTO IMBALLAGGIO (kg)		0,02	0,12	0,15	0,03	0,12
CAPACITA' IMBALLAGGIO (kg)		0,1	1	3	0,5	1
DISTANZA FORNITORE (km)	6	6	6	6	6	6
<b>CONSUMI PER LE OPERAZIONI IN FASE DI RACCOLTA</b>	<b>PESO %</b>	<b>CONSUMO DI GASOLIO</b>	<b>TEMPO</b>			
TRASPORTO CENTRO DI STOCCAGGIO DELLA GRANELLA	100	7 l/ha	-			
PRESSATURA IN ROTOBALLE	50	23 kg/ha	62,5 min/ha			
<b>RIFIUTI</b>	<b>PESO %</b>	<b>QUANTITA ,</b>	<b>DESTINAZIO NE</b>			
Filo PP per pressatura paglia	50	4 kg/ha	RICICLO			
Plastica imballo trattamenti		2,9 kg/ha	RIFIUTO SPECIALE			

Tab. 3 – Dati raccolti per lo studio LCA della coltivazione di frumento di tipo CONVENZIONALE.

In tab. 3, alla voce “Peso %” è indicata la copertura % del campione di ciascun dato, in base a questo e alle altre informazioni riportate in tabella, i dati finali utilizzati derivano dalla applicazione della percentuale del peso al dato (tab. 4).

COLTIVAZIONE FRUMENTO – METODO CONVENZIONALE						
<b>PRODUZIONE DI FRUMENTO</b>	2761 kg/ha					
<b>OPERAZIONI COLTURALI</b>	CONSUMO DI GASOLIO					
	l/ha					
ARATURA/RIPPATURA	50,5					
CONCIMAZIONE DI FONDO	10,8					
ERPICATURA con erpice a dischi	21,6					
SEMINA	17,1					
CONCIMAZIONE COPERTURA 1°	8,7					
DISERBO e/o FUNGICIDA	7,6					
CONCIMAZIONE COPERTURA 2°	1,6					
MIETTREBBIATURA	21,4					
<b>FERTILIZZANTI</b>						
PRODOTTO	Fosfato biammonico	Siapor Unimer	Nitrato ammonico	Sulfan		
QUANTITA' PRODOTTO kg/ha	50	170	150	40		
QUANTITA' ACQUA DI DILUIZIONE						
PESO IMBALLAGGIO	0,15	0,51	0,60	0,12		
TRASPORTO all'azienda kg*km						
<b>SEMENE E TRATTAMENTI</b>						
PRODOTTO	Seme + Scenic (concia del seme)	Marox (diserbante)	Axial Pronto (diserbante)	Manta Gold (diserbante)	Atlantis (diserbante)	Bumper P (fungicida)
QUANTITA'	180 kg/ha di seme + 300 g di Scenic per ogni 100 kg di semi (=540 g/ha)	0,024 g/ha	0,15 l/ha	0,70 l/ha	0,05 l/ha	0,66 l/ha
CONSUMO ACQUA PER DILUIZIONE (l acqua/udm)	-	167	200	175	150	166,7
PESO IMBALLAGGIO (kg)		0,0048	0,018	0,035	0,003	0,0792
TRASPORTO all'azienda kg*km	1080	0,173	1,01	4,41	0,318	4,44
<b>CONSUMI PER LE OPERAZIONI IN FASE DI RACCOLTA</b>	CONSUMO DI GASOLIO					
TRASPORTO CENTRO DI STOCCAGGIO DELLA GRANELLA	7 l/ha					
PRESSATURA IN ROTOBALLE	11,5 kg/ha					
<b>RIFIUTI</b>	QUANTITA'					
Filo PP per pressatura paglia (a riciclo)	2 kg/ha					
Plastica imballo trattamenti (rifiuto speciale)	2,9 kg/ha					

Tab. 4 – Dati raccolti per lo studio LCA della coltivazione di frumento di tipo CONVENZIONALE.

Il trasporto dei rifiuti agli impianti di trattamento è stato assunto di una distanza media di 50 km usando il processo ecoinvent “Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 {RER} transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4”.

In tabella 4 sono inoltre indicate le emissioni relative all’utilizzo dei fertilizzanti impiegati nelle quantità espresse in tab. 3. Questi valori di emissione sono stati calcolati attraverso l’utilizzo di modelli con riferimento alle “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” dell’IPCC e al Rapporto ISPRA “Agricoltura – Emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009”.

EMISSIONI DA USO FERTILIZZANTI	COLTIVAZIONE FRUMENTO METODO CONVENZIONALE
N <sub>2</sub> O emessa n aria	1,345 kg
NH <sub>3</sub> emessa in aria	1,55 kg
NO <sub>3</sub> emessa in acqua	103,1 kg

Tab. 5 – Inventario delle emissioni derivanti da uso dei fertilizzanti.

## ANALISI DEGLI IMPATTI POTENZIALI ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Con riferimento agli indicatori di tab.2 si procede all’analisi degli impatti della produzione di frumento (tab. 5 e fig. 2).

INDICATORE	UDM	TOTALE	OPERAZIONI COLTURALI	PRODUZIONE FERTILIZZANTI	USO FERTILIZZANTI	TRATTAMENTI	MATERIALI AUSILIARI	RACCOLTA	RIFIUTI
RISCALDAMENTO GLOBALE	kg CO <sub>2</sub> eq	0,928	0,153	0,566	0,129	0,056	0,002	0,020	0,001

Tab. 6 – Potenziali impatti ambientali della coltivazione di frumento Verna con metodo convenzionale (UF=1kg).

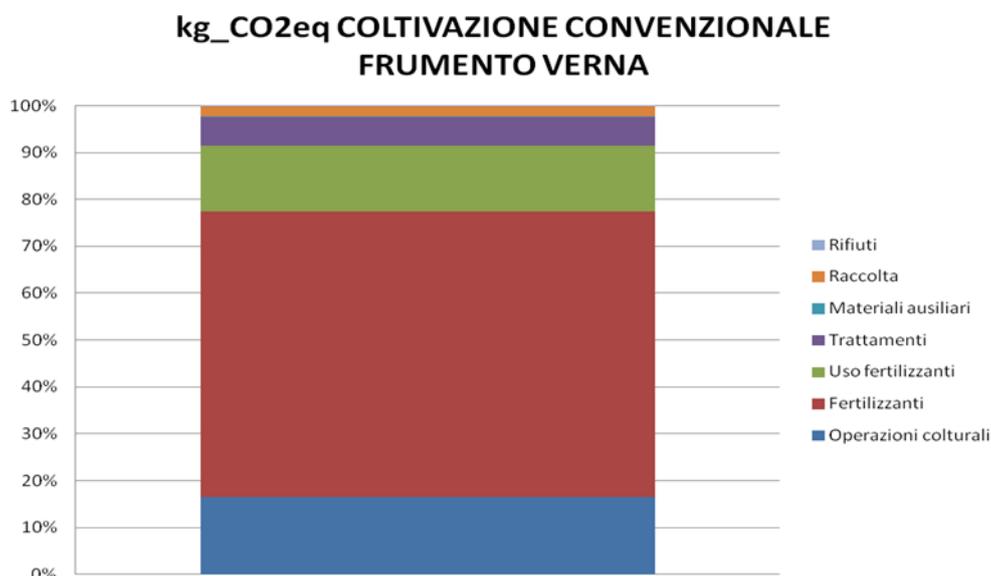


Fig. 2 – Contributi % sull’impatto delle diverse fasi di coltivazione di frumento Verna con metodo convenzionale

Dai risultati in tab. 5 si evince che la Carbon Footprint totale della coltivazione di frumento Verna risulta 0,928 kg di CO<sub>2</sub>eq per ogni kilogrammo di frumento raccolto. Facendo anche riferimento alla fig. 2, si può notare che gli impatti maggiori riguardano: la produzione dei fertilizzanti (61%), le operazioni colturali (16,5%) e le emissioni dovute all’uso dei fertilizzanti (13,9%). Nello specifico, per la fase di produzione dei fertilizzanti la quota parte maggiore è

dovuta al processo “Ammonium sulfate, as N {RER}| ammonium sulfate production | Cut-off” che ne descrive la componente N, mentre per le operazioni colturali l’impatto è causato principalmente dal consumo di gasolio agricolo.

Infine, in tab. 6, si confrontano i risultati di tre differenti scenari:

Scenario reale: resa di produzione di 2,761 ton/ha;

1. Scenario ipotesi 1: aumento di produzione del 10% (resa di produzione 3,04 ton/ha);
2. Scenario ipotesi 2: aumento di produzione del 20% (resa di produzione 3,31 ton/ha).

SCENARIO	UDM	GLOBAL WARMING
1-Scenario reale	kg CO <sub>2eq</sub>	0,928
2-Aumento produzione 10%	kg CO <sub>2eq</sub>	0,844
3-Aumento produzione 20%	kg CO <sub>2eq</sub>	0,774

Tab. 6 – Confronto tra tre scenari di produzione della coltivazione di frumento Verna con metodo convenzionale (UF=1kg).

## **12. Divulgazione dei risultati e trasferimento**

Partner attuatore: Consorzio Agrario di Siena

Per quanto riguarda la divulgazione dei risultati ed il trasferimento delle conoscenze e delle innovazioni sviluppate nell'ambito del progetto, le attività sono state mirate a diffondere e trasferire sul territorio le metodologie, i sistemi operativi e il processo innovativo messo a punto, in modo tale da riprodurre il modello e la metodologia proposta a tutte le imprese partecipanti diretti e indiretti alla Filiera Frumento Verna e a tutti gli operatori potenzialmente interessati.

Nell'ambito della presente azione progettuale, con il supporto di ABACO GROUP, azienda specializzata nella progettazione e sviluppo di soluzioni software nell'ambito della gestione del territorio, è stata sviluppata una soluzione software webGIS finalizzata allo sviluppo di un nuovo modello di "fascicolo aziendale" digitale (funzionale anche all'implementazione del sistema di tracciabilità e rintracciabilità di filiera oggetto di certificazione ISO 22005). Le tecnologie software di Abaco pensate per le aziende agricole, consentono di individuare e digitalizzare le particelle dell'azienda e sovrapporle a ortofoto digitali ad alta risoluzione. Attraverso tali tecnologie è inoltre possibile gestire graficamente appezzamenti, uso del suolo, piano colturale e attività in campo.

Nello specifico, sono state realizzate le seguenti attività:

- Organizzazione del Progetto e analisi delle esigenze
  
- Predisposizione ambiente web standard e dati aziende

In questa fase, sull'ambiente standard Siti4Farmer, sono stati attivati gli utenti con i diversi diritti di accesso e inoltre caricate le particelle catastali per le aziende partner del progetto Società Agricola Chiarion Giuseppe e Figli s.s. e Podere Belvedere di Del Sere Federica, oltre all' Azienda Agricola Baccoleno di Congiu Tonino, facente parte della filiera frumento Verna.

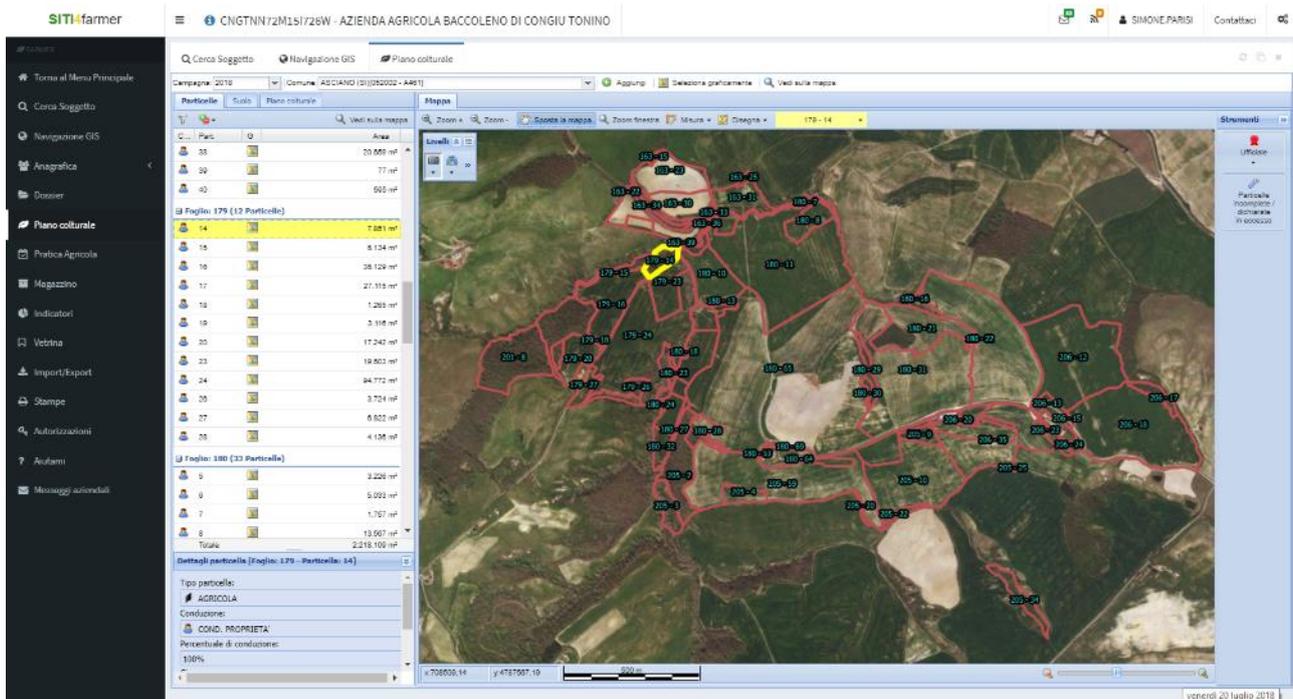


Figura 1 - Esempio di consistenza catastale dell'azienda agricola Baccoleno, visualizzabile nel modulo GIS Piano Colturale

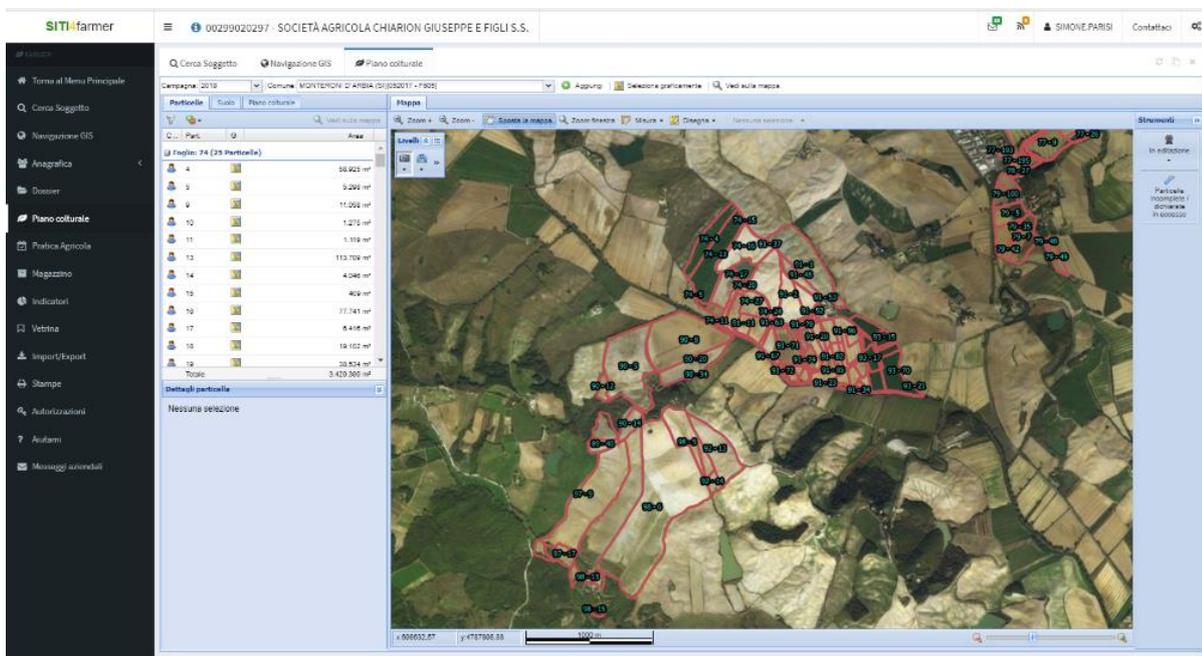


Figura 2 - Esempio di consistenza catastale della Società Agricola Chiarion Giuseppe, visualizzabile nel modulo GIS Piano Colturale

- Ottimizzazione gestione colture

Editing del piano colturale grafico: a seguito degli sviluppi realizzati sulla piattaforma standard e grazie all'attività di formazione presso il Consorzio Agrario di Siena, sono stati forniti gli input conoscitivi necessari per realizzare il Piano Colturale grafico della propria azienda.

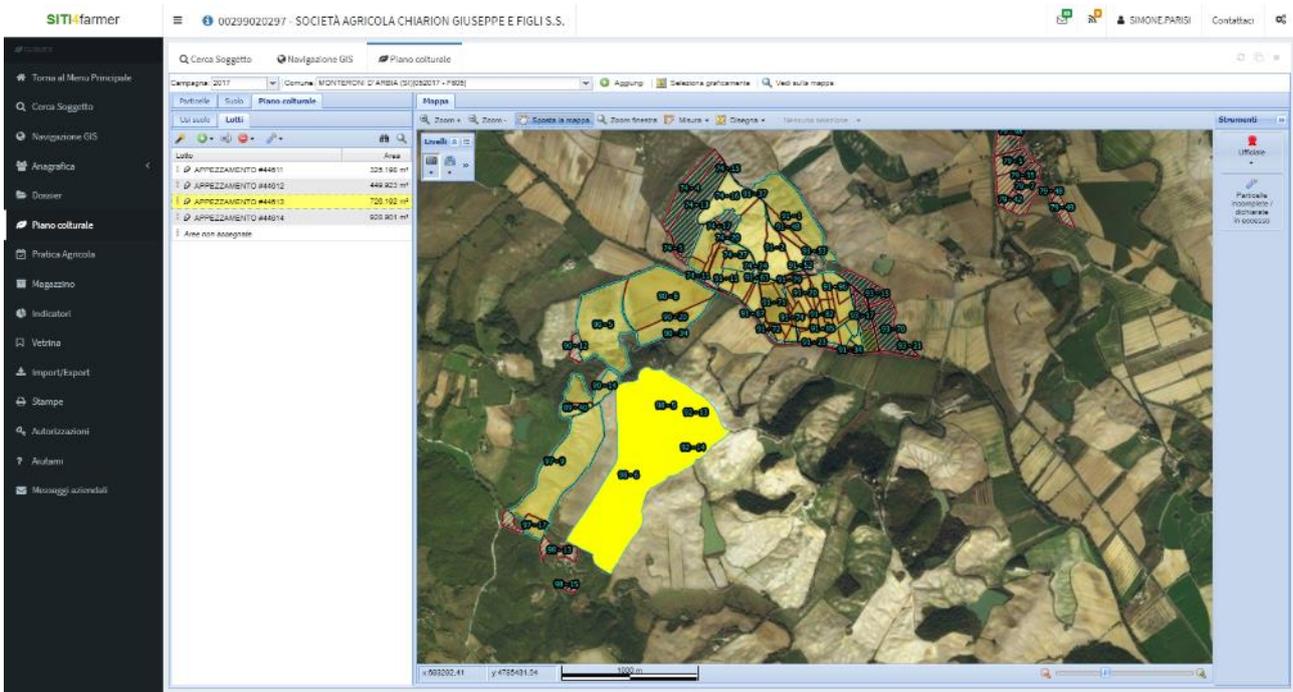


Figura 3- Esempio di visualizzazione del Piano Colturale grafico Società Agricola Chiarion

- Sperimentazione dati meteo e sperimentazione indice NDVI da satellite

A seguito degli sviluppi realizzati, su ogni appezzamento creato, gli utenti hanno anche la possibilità di seguire la crescita del grano in campo attraverso la lettura dell'andamento dell'indice vegetativo NDVI durante la campagna di proprio interesse, accedendo alle funzionalità avanzate del modulo Navigazione GIS. Sempre in questa fase sono stati attivati anche i dati meteo. Per i dati meteo non sono state collegate delle centraline ma attivata la spazializzazione dei dati meteo della rete regionale della Toscana.

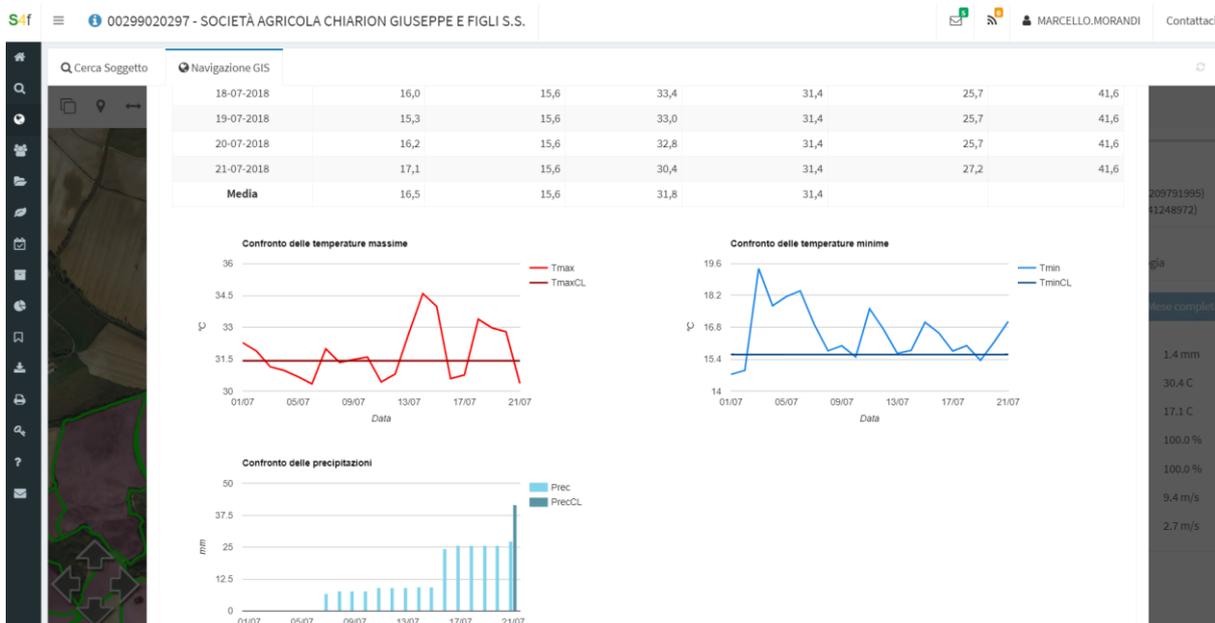


Figura 4 – dati meteo Azienda Chiarion con serie storiche Regione Toscana spazializzate

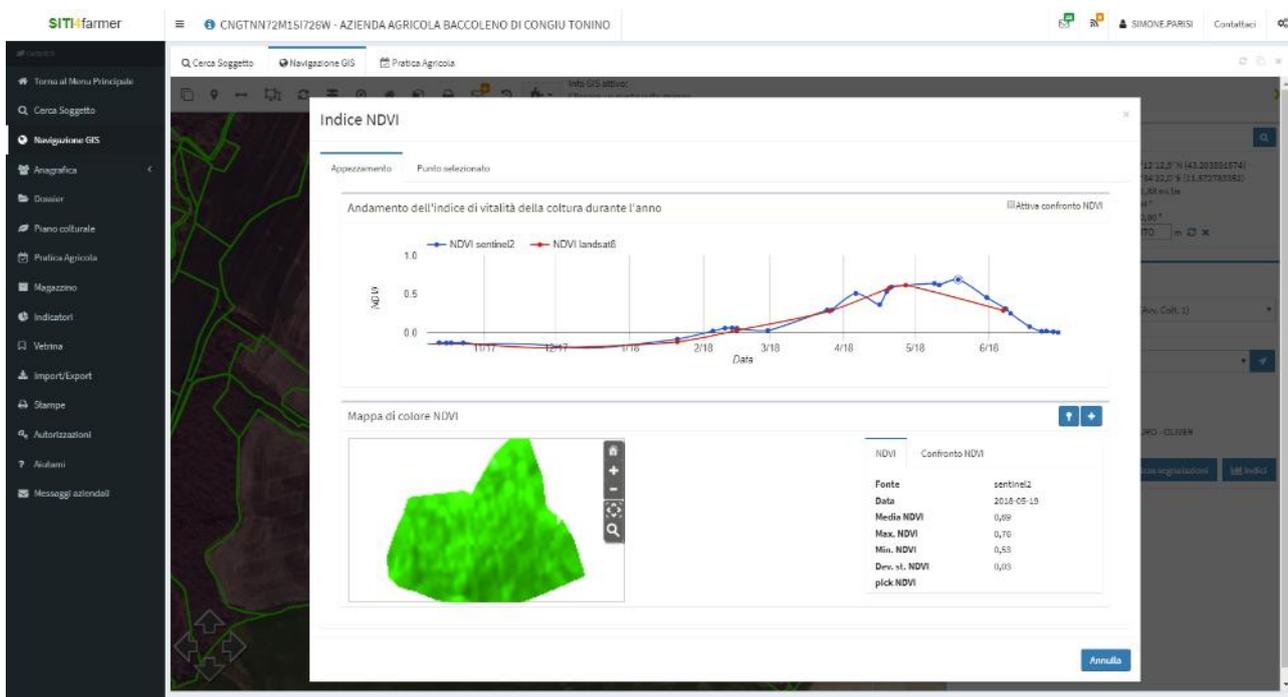


Figura 5 - Modulo di visualizzazione dell'andamento dell'indice di vigore vegetativo NDVI su appezzamento. Esempio relativo all'Azienda agricola Baccoleno, dati sentinel 2 del 19-5-2018 che mostrano uno degli appezzamenti a grano nel massimo del vigore vegetativo

- Sperimentazione Funzione per registrazione ed importazione attività di campo

Dal piano colturale grafico sono scaturiti quindi gli appezzamenti, visualizzabili nel modulo Pratica Agricola, con il quale gli utenti sono in grado di inserire le attività.

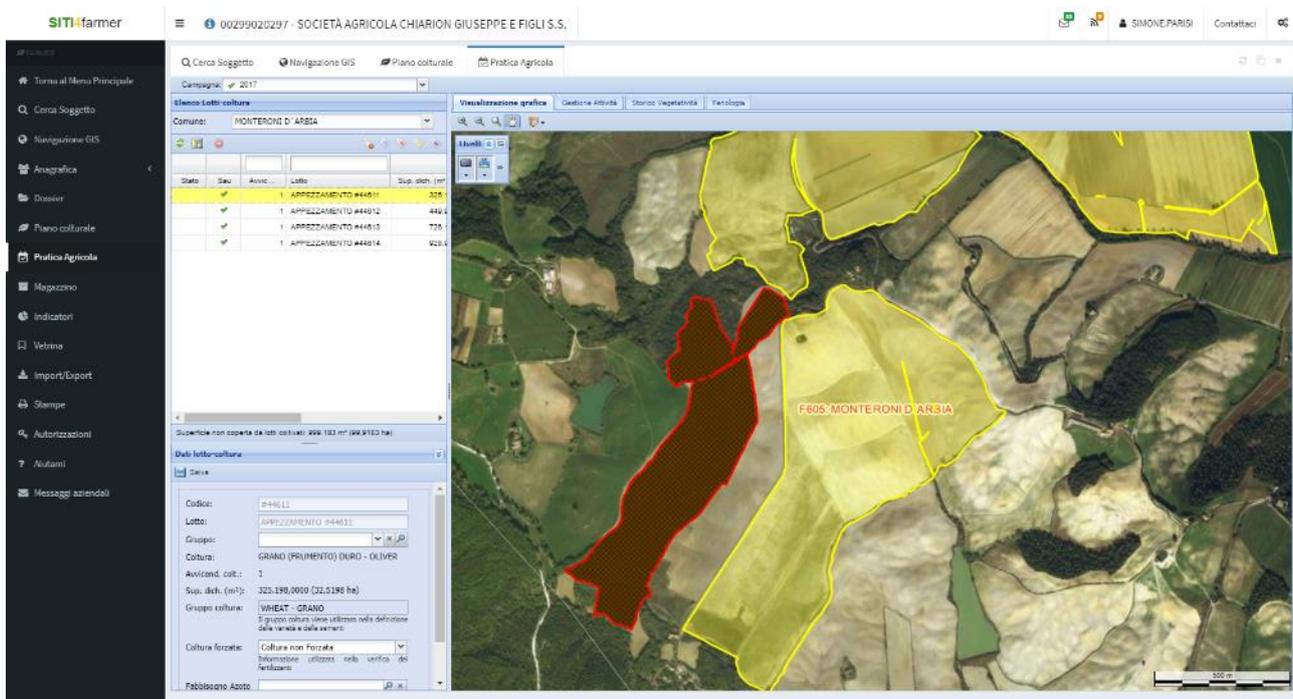


Figura 6 - Esempio di visualizzazione degli appezzamenti nel modulo Pratica Agricola.

Le attività di sviluppo e l'attività di formazione hanno previsto anche l'inserimento delle diverse tipologie di attività agricole: dall'aratura, semina, fertilizzazione, trattamenti fitosanitari sino alla raccolta.

Le attività di fertilizzazione e trattamenti fitosanitari prevedono la gestione dei relativi magazzini fitofarmaci e fertilizzanti, anch'essa esposta durante l'attività di formazione.

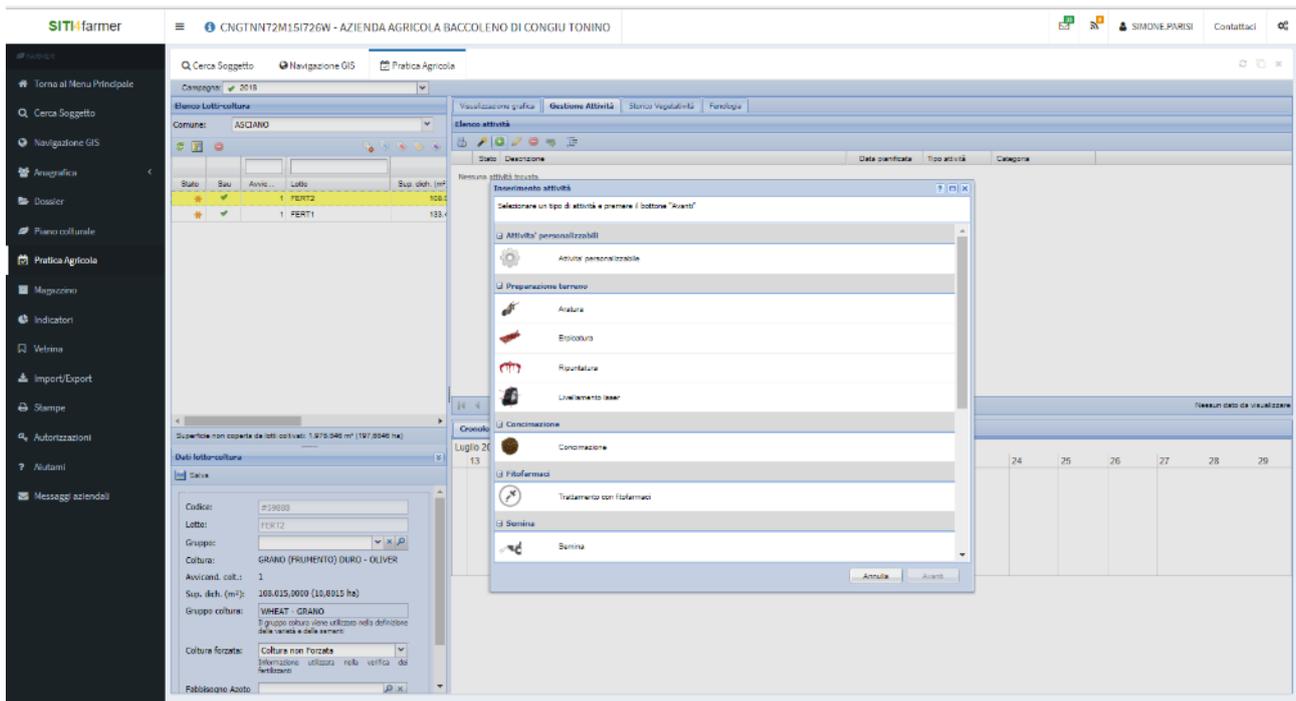


Figura 7- maschera di Inserimento delle attività di pratica agricola

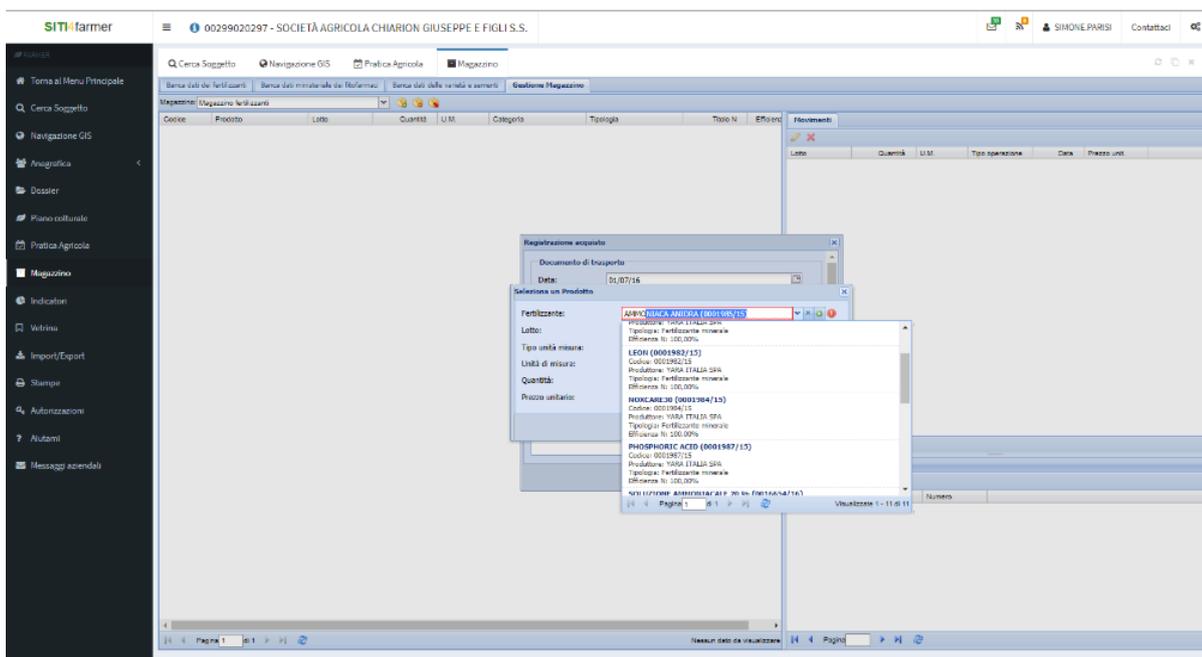


Figura 8- Maschera di inserimento prodotti fertilizzanti nel magazzino.

- Sperimentazione funzioni software per mappe di prescrizione

Nelle configurazioni realizzate e nelle numerose funzionalità sviluppate nel modulo Navigazione GIS, è stata inserita anche la sezione dedicata alla gestione dell'Agricoltura di Precisione.

A tale proposito è stato effettuato, in accordo con l'Università di Firenze, un interessante prova dell'impiego pratico degli output di mappa realizzati con tale modulo direttamente sui mezzi agricoli a disposizione presso l'azienda agricola Baccoleno di Congiu.

Questo ha dimostrato la validità e la versatilità degli sviluppi realizzati sulla piattaforma standard Siti4Farmer.

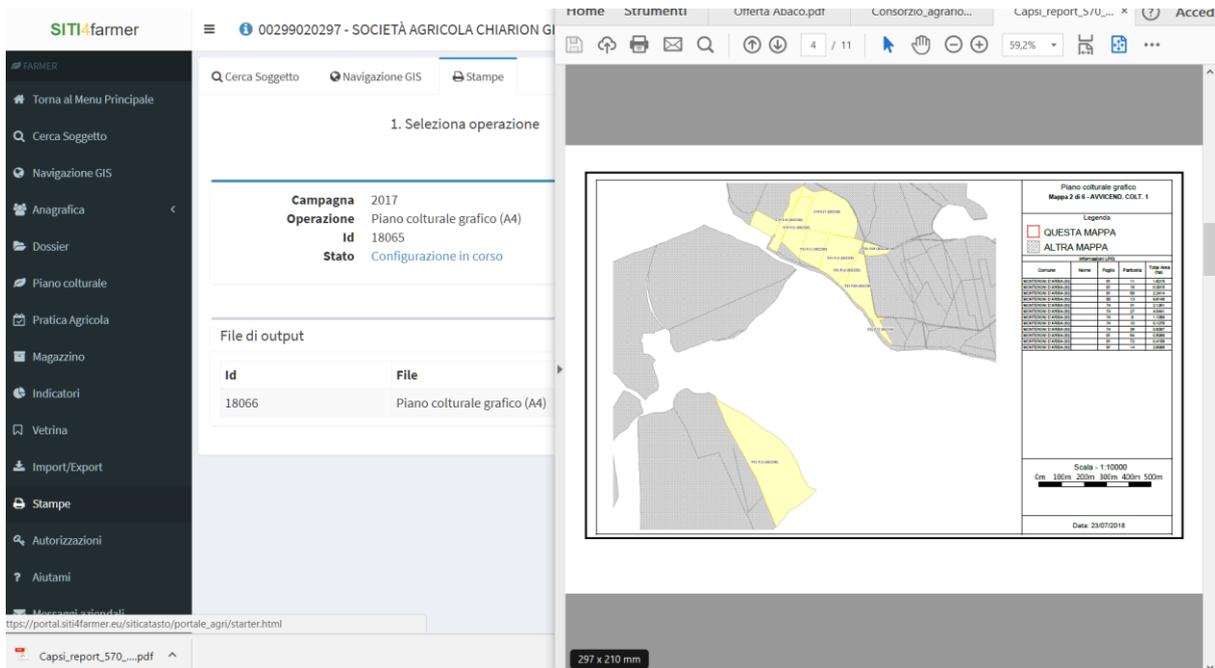


Figura 9 – Realizzazione report personalizzato del piano colturale grafico.

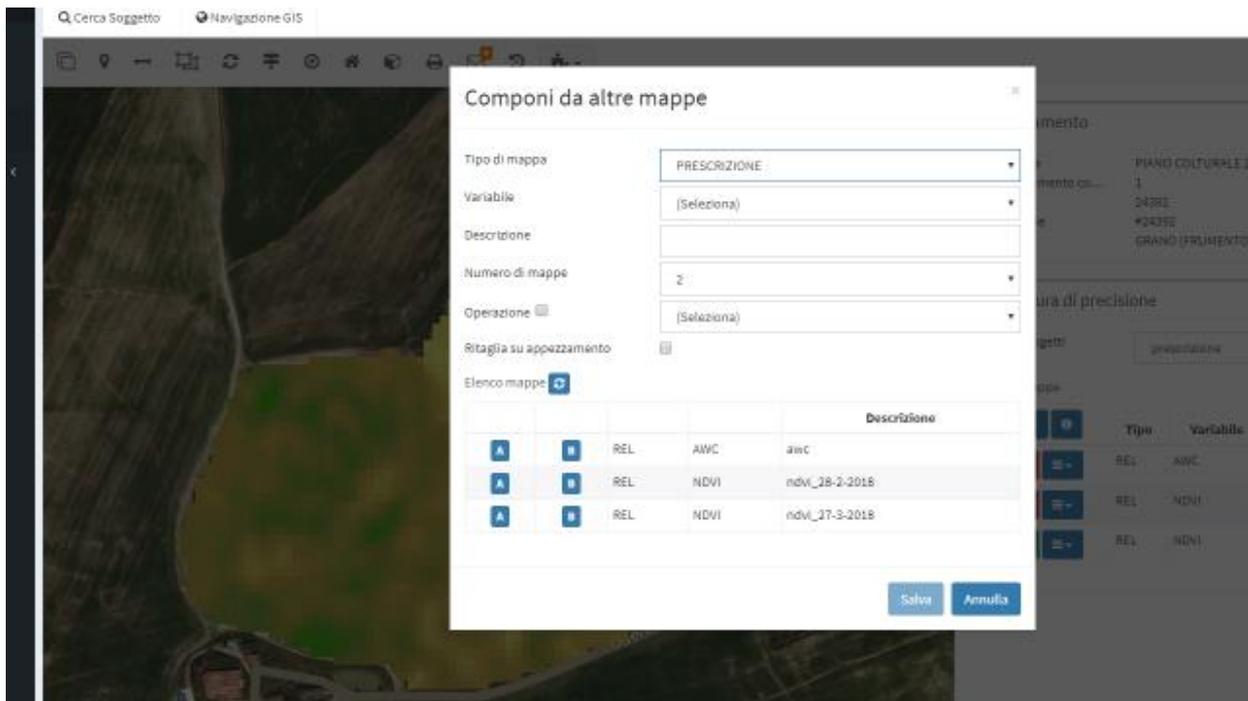


Figura 10 - Agricoltura di Precisione: maschera che permette la composizione della mappa di prescrizione a partire da diverse tipologie di input, come nel caso dell'azienda agricola Baccoleno; mappe del suolo e dati di vigore vegetativo.

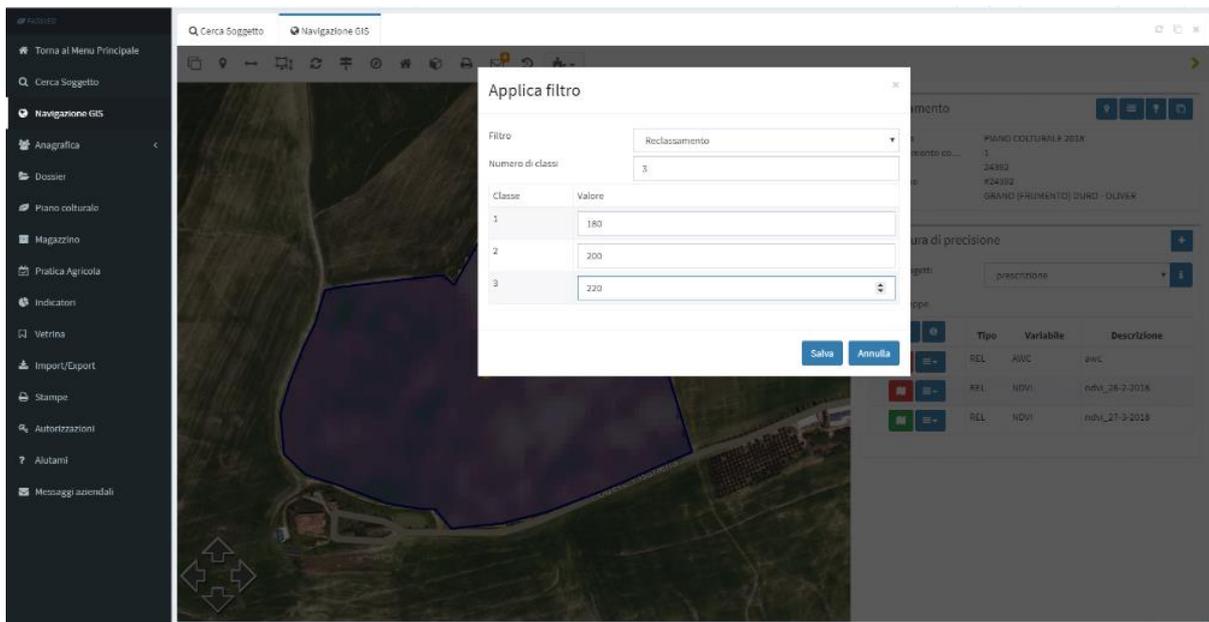


Figura 11 - Agricoltura di Precisione: a partire dalle mappe di input opportunamente selezionate, è possibile applicare il filtro di reclassamento tramite il quale si divide la mappa ottenuta in 3 classi, alle quali viene assegnato un valore, che corrisponde nel caso della prova eseguita presso l'Azienda Agricola Baccoleno, ai quantitativi di azoto da apportare in ogni parte dell'appezzamento.

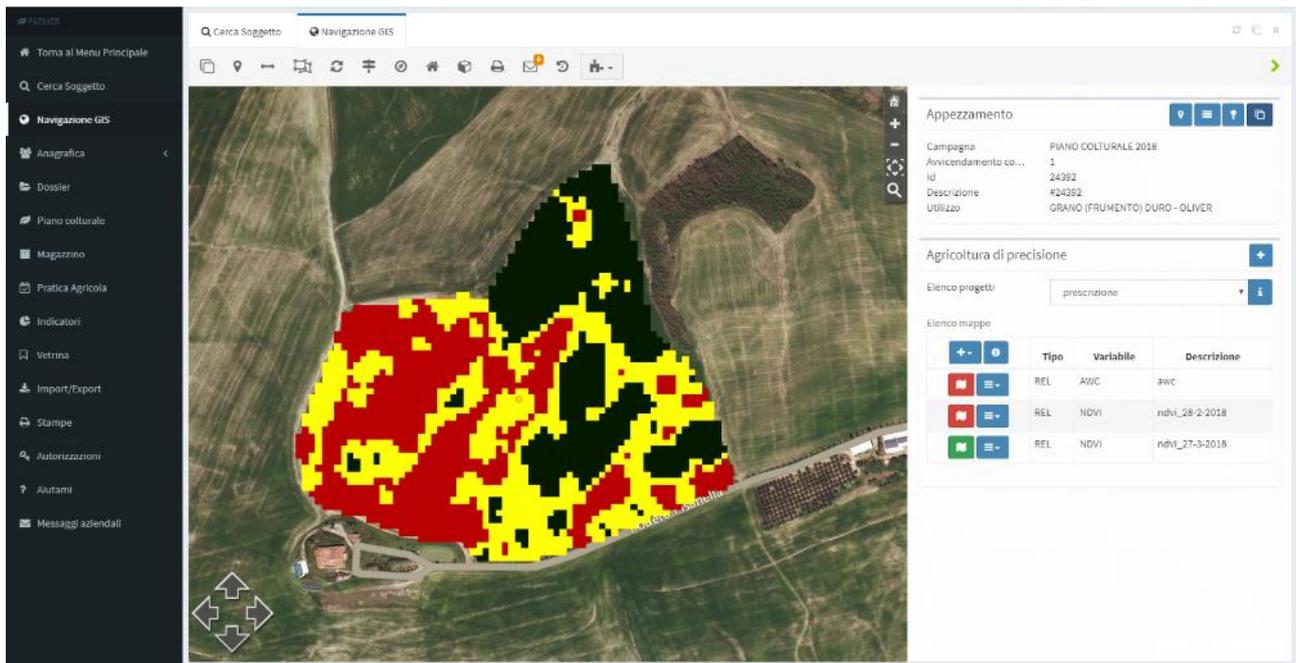


Figura 12 - Mappa riclassata relativa all'Azienda Agricola Baccoleno



Figura 13- Mappa riclassata in Siti4farmer, esportata in formato shapefile ed inserita all'interno del modulo Trimble in dotazione presso l'Azienda Agricola Baccoleno

- Incontri di formazione all'uso del sistema e finalizzate al trasferimento delle innovazioni tecnologiche nelle pratiche agricole.

Sono stati effettuati 2 incontri di formazione sulle funzionalità tecnologiche messe a disposizione dal sistema presso la sede del Consorzio Agrario di Siena. A tale proposito è stato effettuato, in accordo con l'Università di Firenze, una interessante prova dell'impiego pratico degli output di mappa realizzati con tale modulo direttamente sui mezzi agricoli a disposizione presso l'azienda agricola Baccoleno di Congiu.

I risultati del progetto, inclusi tutti gli sviluppi e le configurazioni realizzate, sono verificabili sulla piattaforma web di Abaco Siti4Farmer all'indirizzo [www.siti4farmer.eu](http://www.siti4farmer.eu)

E' possibile accedere alla piattaforma in consultazione e test con

User = regione.toscana

Pw = Toscana2018

Il servizio sarà attivo per il progetto GRAnt fino al 31 – 12 – 2018

E' stato concordato con l'Università di Firenze – DISPAA di poter utilizzare i dati ed i risultati ottenuti e le ricerche sulle aziende anche nei prossimi 5 0 10 anni per mantenere uno storico delle evoluzioni delle produzioni relazionate con le pratiche di Agricoltura di Precisione.

### **Descrizione delle attività di divulgazione realizzate**

Le attività di divulgazione e trasferimento delle innovazioni messe a punto nell'ambito del progetto sono state condotte in maniera continuativa, sia da parte del personale impiegato nel progetto, in virtù dell'attività di servizio tecnico svolta quotidianamente a contatto con tutti gli operatori della filiera e non, che dagli Enti di ricerca partner del progetto.

E' stato prodotto materiale divulgativo, in formato sia cartaceo che elettronico; in particolare, è stato realizzato un booklet (scaricabile nella sezione del sito web dedicata al progetto <http://www.capsi.it/filiera-frumento-verna> ), materiale video, da cui è stato tratto un redazionale, e una brochure informativa, che è stata distribuita in occasione della partecipazione a manifestazioni di settore per la promozione dei prodotti realizzati con Grano Verna e altri Grani Antichi e resa disponibile presso le sedi territoriali del Consorzio Agrario.

Sono stati organizzati seminari formativi ed incontri informativi, allo scopo di far emergere l'importanza della produzione di frumento prodotto con varietà antiche attraverso una gestione

agronomica razionale e ottimizzata, evidenziando criticità e soluzioni legate agli aspetti organizzativi, gestionali, logistici e tecnologici:

- n. 2 seminari formativi, che si sono svolti presso il Consorzio in data 04/08/2017 e 22/01/2018, specificatamente dedicati alla conoscenza e all'acquisizione di competenze per l'utilizzo del sistema sviluppato da Abaco;
- n. 1 incontro presso la sede del Consorzio di Casetta (SI) in data 19/02/2018 per la divulgazione dei risultati relativi alle prove condotte presso i campi di confronto varietale nel primo anno di progetto;
- n. 2 visite in campo (Tenuta di Cesa di Terre Regionali Toscane in data 23/05/2018 e Soc. agr. Chiarion in data 13/07/2018), in cui sono stati approfonditi tutti gli aspetti inerenti la gestione della semina, gli interventi colturali di fertilizzazione, i trattamenti fitosanitari, i trattamenti erbicidi e concimazioni, l'applicabilità delle tecniche di agricoltura di precisione;
- n. 1 convegno finale di progetto presso Regione Toscana, Palazzo Strozzi Sacratì, in data 07/09/2018.

Il Consorzio ha partecipato ad alcune manifestazioni di settore per la promozione dei prodotti realizzati con Grano Verna e altri Grani Antichi, in particolare:

- AgrieTour edizione 2016 (11-13 novembre 2016) ed edizione 2017 (17 – 19 novembre 2017) - Salone nazionale dell'agriturismo e dell'agricoltura multifunzionale, manifestazione in cui il Consorzio, partecipante con un proprio stand espositivo, ha promosso le attività del PIF Filiera Frumento Verna e del progetto Grant, anche mediante la distribuzione di materiale divulgativo e l'esposizione di un poster del progetto;
- Convegno "La storia del pane: la Toscana e i grani della tradizione" (29 settembre 2017) che si è tenuto presso il Consiglio regionale della Toscana, evento in cui è stato ufficialmente presentato dall'Ente Toscana Sementi Onlus il marchio che contraddistingue il "Grano Verna";
- Evento "Il ritorno ai grani antichi - un'opportunità per l'agricoltura di qualità, la tutela dell'ambiente e la salute" (14 luglio 2018) che si è tenuto presso la Villa Sforzesca di Castell'Azzara (GR).

I risultati preliminari del progetto GRAnt sono stati presentati da parte degli Enti di ricerca partner del progetto in occasione di eventi e convegni di rilievo internazionale:

12-13-14 settembre 2017	XX Convegno AIAM e XLVI Convegno Società Italiana di Agronomia SIA (Milano)
9-10 Novembre 2017	Workshop “Esperienze di valorizzazione dell’Agrobiodiversità in Europa” Tenuta di Alberese, Terre Regionali Toscane - presentazione a cura del Prof. Gianluca Stefani (DISEI – UNIFI)
23 gennaio 2018	Giornata di studio “Agricoltura e Impresa 4.0” Sala Pegaso, Palazzo Strozzi Sacratì, Piazza Duomo, 10, Firenze
19-20-21 Giugno 2018	XXI Convegno Nazionale di Agrometeorologia, Roma, “Greenhouse Gasses Emissions and Crop Performances through an Energy and Nitrogen Mass Balance Approach” – presentazione a cura del DISPAA – vincitore del premio migliore tesi
28 al 31 agosto 2018	Congresso della Società Europea di Agronomia (ESA) 2018 (Ginevra), che tratta il tema dei sistemi colturali ed aziendali innovativi per la produzione di cibo di alta qualità. La dr.ssa Elisa Pellgrino e la prof.ssa Laura Ercoli - Istituto di Scienze della Vita della Scuola Superiore Sant'Anna, hanno presentato i risultati relativi all’uso di funghi micorrizici arbuscolari e biofortificazione agronomica a base di Fe e Zn sulla qualità delle produzioni di frumento e all’effetto del cambiamento di uso del suolo sulla fertilità del terreno.

12-13-14 settembre 2018

XLVII Convegno Nazionale della Società Italiana di Agronomia (SIA) - Marsala (TP).

**Pubblicazioni:**

Articolo su GEOmedia n°5-2017: *“Agricoltura di Precisione per la frumenticoltura toscana: il caso studio”* Autori: Marco Mancini, Anna Dalla Marta, Simone Orlandini, Marco Napoli, Simone Gabriele Parisi

F. Ventura, G. Seddaiu, G. Cola (a cura di), Atti del XX Convegno AIAM e XLVI Convegno SIA. Milano, 12-14 settembre 2017 *“Comparison between old and modern wheat varieties in the context of climate change: preliminary results for a study in Tuscany. Confronto tra varietà antiche e moderne di frumento nel contesto del cambiamento climatico: risultati preliminari di uno studio condotto in Toscana”* pag. 132 - 134

Autori: Gloria Padovan<sup>1</sup>, Roberto Ferrise, Marco Mancini, Camilla Dibari, Lisetta Ghiselli, Marco Bindi

F. Ventura, G. Seddaiu, G. Cola (a cura di), Atti del XX Convegno AIAM e XLVI Convegno SIA. Milano, 12-14 settembre 2017 *“Effect of climate and of agricultural practice on the vegeto-productive response of ancient wheat varieties: preliminary results. Effetto del clima e della tecnica agronomica sulla risposta vegeto-produttiva di varietà antiche di frumento: risultati preliminari”* pag. 178-180

Autori: Marco Napoli, Marco Mancini, Giada Brandani, Martina Petralli, Leonardo Verdi, Simone Orlandini, Anna Dalla Marta

Ulteriori lavori sono attualmente in fase di revisione e/o sottomissione per pubblicazione su riviste tecnico-scientifiche.

#### **4. Considerazioni conclusive**

La realizzazione del progetto ha permesso di effettuare molteplici valutazioni, sulle principali varietà antiche di frumenti teneri toscani, volte a individuare le migliori tecniche di gestione agronomica, anche in funzione della trasformazione in pane.

Ai fini funzionali della politica cerealicola la possibilità di valorizzare vecchie varietà, avendo a disposizione informazioni operative quali la risposta alle concimazioni, alla dose di seme, alla coltivazione biologica e convenzionale, alle proprietà reologiche degli impasti, costituisce un prezioso elemento per l'avvio della coltivazione delle varietà più promettenti.

La valutazione delle caratteristiche delle proprietà nutrizionali e nutraceutiche e della loro interazione con l'ambiente di coltivazione (località della Toscana e conduzione agronomica) consentirà in prima battuta di supportare la scelta varietale in funzione di aspetti salutistici a cui i consumatori sono sempre più sensibili, e di seguito di avviare nuovi programmi di miglioramento genetico, utilizzando il breeding evolutivo, con la partecipazione attiva degli agricoltori (breeding partecipativo). In particolare, la coltivazione di varietà di frumento tenero quali il Verna ha consentito di occupare nicchie di mercato con produzioni locali, e varietà quali l'Andriolo, in Gentil Rosso ed il Sieve potranno andare a competere sul mercato dei trasformati derivati da frumenti non locali, a vantaggio dello sviluppo economico delle nostre zone rurali.

Lo studio dell'effetto dei cambiamenti climatici sulla produttività non ha mostrato criticità particolari rispetto alle varietà moderne. L'analisi LCA effettuata con metodi scientifici, sia per la filiera di produzione biologica che convenzionale, ha consentito di avere indicazioni sui punti critici di entrambe le filiere e di avere le conoscenze idonee per attuare un tipo di coltivazione volta all'uso efficiente delle risorse e di conseguenza a operare nel rispetto della sostenibilità ambientale.

I risultati ottenuti sono incoraggianti per ipotizzare un'applicazione della metodologia applicata nel progetto nel contesto agricolo produttivo regionale. Le conoscenze acquisite e consolidate in ambito scientifico sono state trasferite agli attori della filiera rendendoli consapevoli e compartecipi di un percorso che può essere proficuo per tutti solo se intrapreso con l'impegno di tutti.

I partner scientifici del progetto rimarranno a disposizione dei differenti operatori, agricoltori, primi trasformatori, secondi trasformatori, anche dopo la conclusione del progetto per diffondere al meglio i risultati.

## 5. Spese sostenute per l'attuazione del progetto

**Tab. 10.1 Costo ripartito per ogni singolo partner**

<b>PARTNER</b>		<b>VOCI DI COSTO</b>						<b>TOTALE</b>
		Consorzio Agrario di Siena società cooperativa arl	Soc Agr. Chiarion Giuseppe e Figli s.s.	Podere Belvedere di Del Sere Federica	DISPAA Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio - Università di Firenze	Istituto di Scienze della Vita - Laboratorio Land Lab - Agricoltura, Ambiente e Territorio - Scuola Superiore Sant'Anna	Fondazione per il Clima e la Sostenibilità	
1. Spese generali (fideiussione, costituzione ATS, ...)		€ 789,70	€ 0,00	€ 147,04	€ 0,00	€ 0,00	€ 1.446,74	<b>€ 2.383,48</b>
2. Investimenti immateriali		€ 88.500,00	€ 4.500,0	€ 8.167,64	€ 13.092,25	€ 25.641,95	€ 20.226,38	<b>€ 160.128,22</b>
3. Personale	Personale dipendente	€ 50.100,66	€ 0,00	€ 0,00	€ 53.569,51	€ 7.873,07	€ 20.406,29	<b>€ 131.949,53</b>
	Personale non dipendente	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 153.580,97	€ 13.001,28	€ 24.018,23	<b>€ 190.600,48</b>
4. Missioni e trasferte		€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 3.999,16	€ 988,62	€ 2.542,91	<b>€ 7.530,69</b>
5. Beni di consumo e noleggi		€ 0,00	€ 7.518,12	€ 4.530,15	€ 2.108,25	€ 2.630,84	€ 1.625,31	<b>€ 18.412,67</b>
6. Prototipi di macchinari e attrezzature (in toto);		€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 1.068,83	€ 0,00	€ 0,00	<b>€ 1.068,83</b>
7. Macchinari e attrezzature, software/hardware (solo ammortamento).		€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	0,00	€ 0,00	€ 0,00	<b>€ 0,00</b>
<b>Totale</b>		<b>€ 139.390,36</b>	<b>€ 12.018,12</b>	<b>€ 12.844,83</b>	<b>€ 227.418,97</b>	<b>€ 50.135,76</b>	<b>€ 70.265,86</b>	<b>€ 512.073,90</b>

Siena, lì 13 settembre 2018

CONSORZIO AGRARIO DI SIENA Società Cooperativa a r. l.