



I GRANI ANTICHI TOSCANI

Nuove tecniche di coltivazione



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DISPAA
CENTRO DI SCIENZE DELLE
PRODUZIONE AGRICOLE, ALIMENTARI
E DELL'AMBIENTE



Scuola Superiore
Sant'Anna



Fondazione
Klima e
Sostenibilità

Pubblicazione prodotta nell'ambito del PIF "Filiera Frumento Verna"
progetto "Grani antichi nuove tecniche di coltivazione (GRant)"

A cura di:



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DISPAA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLE
PRODUZIONI AGRICOLE, ALIMENTARI
E DELL'AMBIENTE



Scuola Superiore
Sant'Anna



Fondazione
Clima e
Sostenibilità

Intervento realizzato con il cofinanziamento FEASR del Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Toscana sottomisura 16.2 "Sostegno a Progetti pilota e di cooperazione"



Introduzione

VERNA è il nome di un'antica varietà di grano tenero molto apprezzata in passato per le sue caratteristiche di grande rusticità e successivamente dimenticata perché meno produttiva delle varietà moderne. Il grano Verna è stato selezionato e mantenuto in purezza negli anni grazie all'attività dell'Ente Toscano Sementi, istituzione fondata negli anni '30 con lo scopo di selezionare varietà di grano adatte agli ambienti pedoclimatici della Toscana. Grazie a questo impegno, VERNA, attualmente, è l'unica varietà "antica" di grano tenero iscritta al Registro Nazionale delle Varietà e come tale, il seme utilizzato a scopo commerciale, deve essere riprodotto nel rispetto di quanto indicato dalla Legge Sementiera e certificato dal CREA (ex Ense).

Il Consorzio Agrario di Siena, insieme all'Università degli Studi di Firenze, è stato uno dei Soci Fondatori dell'Ente Toscano Sementi e, in anni recenti, ha contribuito alla riscoperta del valore di questo grano particolare riproducendone la semente certificata, promuovendo la coltivazione tra i propri Soci Cerealicoltori e realizzando prodotti trasformati con ottime qualità organolettiche e salutistiche molto apprezzati dai consumatori (farina, pane a lievitazione naturale, prodotti da forno, birra). In particolare, il fatto che il grano tenero VERNA sia caratterizzato, al contrario dei grani moderni di uso comune, da un contenuto proteico modesto, lo rende particolarmente interessante per i soggetti con intolleranze alimentari che soffrono di difficoltà digestive in presenza di un'alta percentuale di glutine. Recenti ricerche confermano che il pane ottenuto da farina semi-integrale di grano VERNA a lievitazione naturale con "pasta madre" acida, contenendo importanti quantità di vitamine del gruppo B e antiossidanti, contribuisce ad ottimizzare un'alimentazione adatta a ridurre i fattori di rischio per disturbi cardiovascolari e a prevenire le più gravi malattie croniche.

Il Consorzio Agrario di Siena, in occasione del Bando **"Progetti integrati di filiera (PIF) – annualità 2015"**, previsto dal programma di sviluppo rurale 2014-2020 della Regione Toscana, in qualità di Capofila, ha deciso di strutturare la **"Filiera del frumento Verna"** dedicata esclusivamente alla

produzione e trasformazione, nel territorio toscano, del grano tenero VERNA.

Il progetto è stato sottoscritto dai 39 partecipanti, diretti e indiretti di seguito elencati:

- L'Ente Toscano Sementi, responsabile della conservazione del VERNA, mette a disposizione il "nucleo originale" del seme di grano Verna per la riproduzione della semente certificata da cedere alle Aziende Agricole;
- 24 Aziende Agricole coinvolte nella produzione primaria, delle quali un gruppo provvede alla riproduzione del grano da seme e un gruppo è impegnato nella coltivazione del grano destinato alla trasformazione;
- Il Consorzio Agrario di Siena, con l'impianto di selezione sementi, preposto alla produzione del grano VERNA da seme certificato, dedica un centro di stoccaggio cereali, alle produzioni del grano Verna da macina provenienti da coltivazioni convenzionali e biologiche;
- 3 Molini che effettuano la trasformazione del grano in farina convenzionale e biologica;
- 6 le attività che trasformano le farine ottenendo la produzione di pane a lievitazione naturale, prodotti da forno, pasta fresca ecc.

Tutte le fasi della Filiera, coltivazione del grano, stoccaggio, trasformazione in farina ed infine le tecniche di panificazione e lavorazione, vengono realizzate secondo specifici protocolli in modo da costituire un sistema di tracciabilità e rintracciabilità conforme alla normativa UNI EN ISO 22005, garantendo il prodotto finito e la sicurezza del consumatore.

Obiettivo finale del PIF "Filiera Frumento Verna" è quello di mettere a disposizione del consumatore una gamma di prodotti derivanti da una materia prima tipicamente "toscana", il grano VERNA:

un grano antico con elevate qualità organolettiche e nutraceutiche, prodotto da una filiera corta, garantita da un sistema di tracciabilità e rintracciabilità che certifica l'affidabilità e la genuinità dei prodotti a partire dal seme fino alla tavola dei consumatori.

Nell'ambito del PIF "Filiera Frumento Verna" è stata attivata la sottomisura 16.2 "Sostegno a progetti pilota e di cooperazione" con la realizzazione del "**Progetto GRAnt - Grani antichi nuove tecniche di coltivazione (GRAnt)**" al fine di valutare e testare alcune varietà di frumento utilizzate in passato, per comprenderne l'idoneità dal punto di vista qualitativo e produttivo all'avvio di filiere dedicate.

Finalità del progetto "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.

Il gruppo di lavoro è composto da:

- Consorzio Agrario di Siena, in qualità di Capofila del progetto
- Soc Agr. Chiarion Giuseppe e Figli s.s., azienda agricola in coltivazione convenzionale in zona cerealicola "fertile" (Monteroni d'Arbia, SI)
- Podere Belvedere di Del Sere Federica, azienda agricola in coltivazione biologica in zona di alta collina (Chiusi della Verna, Arezzo)
- Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agro-alimentari e dell'Ambiente (DISPAA) Sezione Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio
- Scuola Superiore S.Anna, Istituto di Scienze della Vita – Laboratorio Land Lab – Agricoltura, Ambiente e Territorio
- Fondazione Clima e Sostenibilità

Le attività del progetto sono state 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.

La buona riuscita del 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.

Capitolo 1

Aspetti qualitativi del frumento

Brunella Trucchi, Stefano Benedettelli

Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente,
Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144, Firenze.

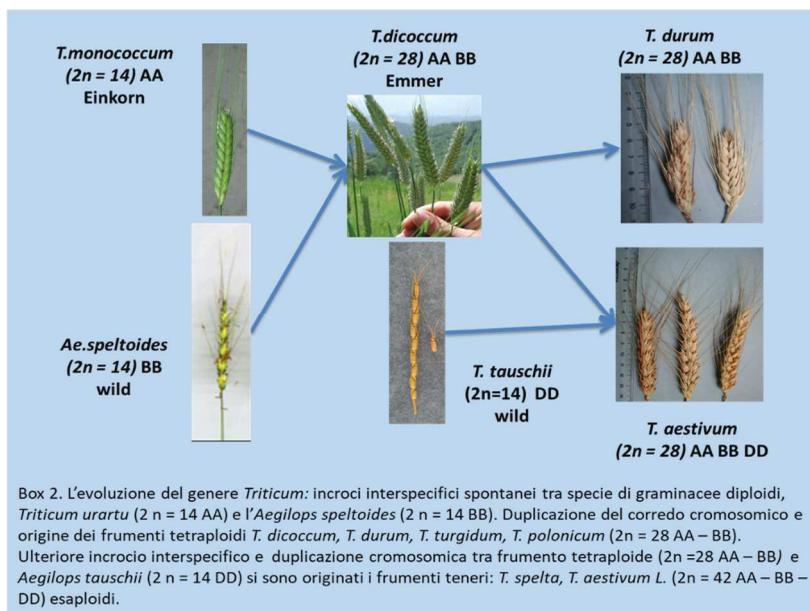
Evoluzione del frumento

Il frumento, originario dell'Asia sud-occidentale, appartiene alla famiglia delle *Poaceae* (*Graminaceae*) ed è una delle prime piante coltivate.

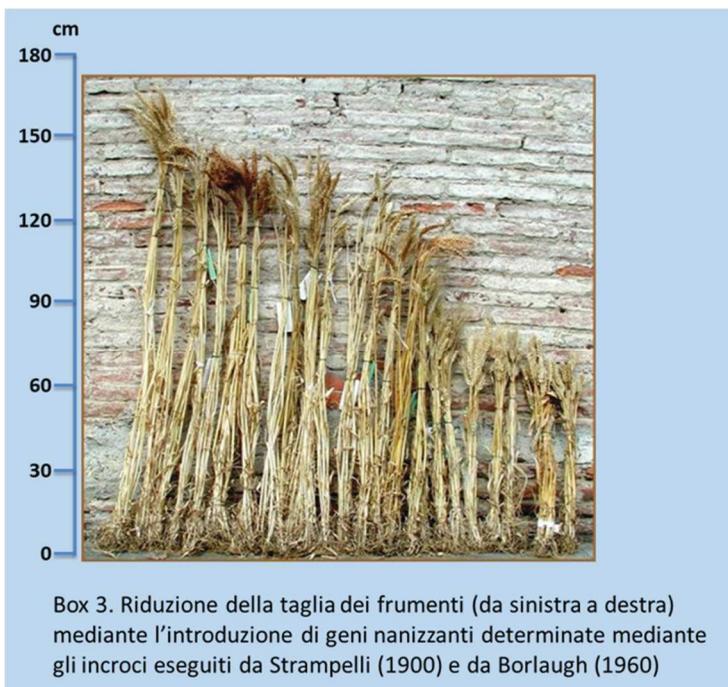


Il genere *Triticum* comprende diverse specie classificate in base all'assetto cromosomico (ploidia). I frumenti coltivati maggiormente per

l'alimentazione sono: il *T. monococcum* spp. (diploide), *T. dicoccum* (tetraploide), *T. durum* (tetraploide), *T. turgidum* subsp. *turanicum* (tetraploide) e *T. aestivum* spp. (esaploide), *T. aestivum* spp. *aestivum* (esaploide) (Box 2)



I lavori di Nazareno Strampelli, svolti nel momento in cui si stavano riscoprendo le leggi di Mendel, possono essere considerati come i primi lavori basati su aspetti genetici che hanno dato inizio al miglioramento genetico del frumento, basato sul principio dell'ereditabilità dei caratteri, in seguito normalmente utilizzata dopo la riscoperta delle leggi di Mendel. L'innovazione apportata dagli studi condotti negli anni 30 dello scorso secolo, è stata quella di effettuare numerosi incroci tra varietà di frumento distanti geneticamente tra di loro, introducendo geni per la riduzione della taglia (Box3)



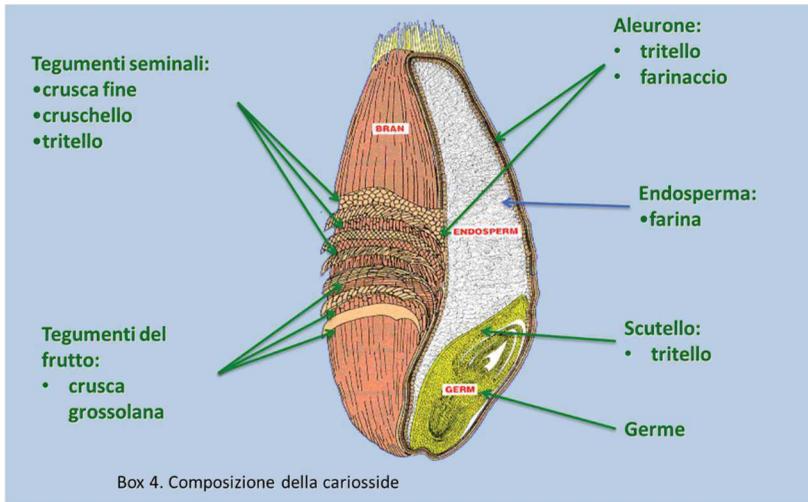
All'inizio del 20° secolo in Italia le varietà di grano coltivate erano soprattutto ecotipi locali e le rese medie alla raccolta erano di circa 10 q/ha. I problemi legati alla bassa produttività possono essere ricondotti soprattutto alla taglia molto elevata delle piante, cosa che favorisce l'allettamento, soprattutto con l'utilizzo dei fertilizzanti chimici. Il problema dell'allettamento determina una riduzione della produzione, dato lo scarso riempimento della cariosside e notevoli difficoltà alla raccolta con la mietitrebbia.

In seguito, il miglioramento genetico del frumento tenero e di altri cereali è stato centrale in quella che viene definita "rivoluzione verde", portato avanti da N.E. Borlaugh negli anni Cinquanta e Sessanta. La rivoluzione verde ha determinato una ulteriore diminuzione della taglia con l'introduzione di altri geni nanizzanti. Le varietà "nane", resistenti alle avversità biotiche e abiotiche, hanno determinato un incremento della

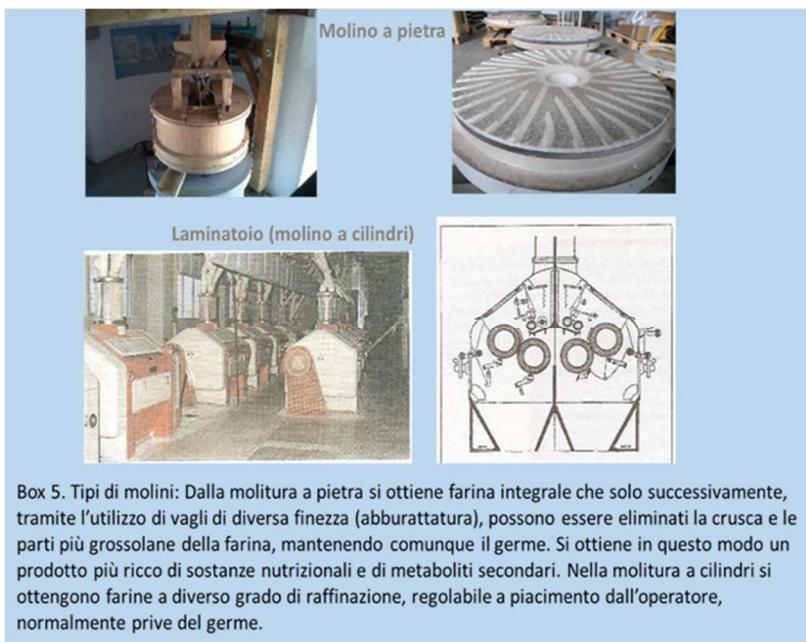
produzione anche in zone marginali del terzo mondo. L'aspetto che può essere considerato negativo per la coltivazione è che queste varietà per determinare un effettivo incremento produttivo, necessitano di elevati input energetici, determinato attraverso le lavorazioni, le concimazioni, i diserbanti e i trattamenti con fitofarmaci, un cambiamento dell'ambiente di coltivazione. Tutti questi interventi portano a modificare l'ambiente di coltivazione per adattarlo alla varietà o genotipo coltivato, cosa che è perfettamente in contrasto con quello che normalmente avviene in natura dove è il genotipo ad adattarsi all'ambiente. Inoltre, a livello ambientale tutti gli interventi agronomici determinano problemi di inquinamento delle zone sia adiacenti che lontane dall'area coltivata.

Per questi motivi l'innovazione del breeding evolutivo è proprio quella di affrontare le diverse problematiche dell'agricoltura di oggi, come l'inquinamento, la necessità di salvaguardare la biodiversità dei cereali e di sviluppare materiale genetico adattabile ai cambiamenti climatici. Un ulteriore vantaggio è il recupero delle aree marginali, dove è difficile applicare le moderne tecniche agronomiche, di cui le varietà, ottenute col breeding convenzionale, necessitano.

Il chicco del frumento è una cariosside: è protetto 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 di alto valore nutritivo, albumine e globuline, enzimi (proteasi, alfa e beta amilasi, lipasi e maltasi ed altri) e il 60% dei composti minerali del seme (Box. 4).



Inoltre, sono presenti elevate concentrazioni di vitamine del gruppo B e la PP. La parte tegumentale e lo strato aleuronico costituenti la crusca, il cruschello e il farinaccio, vengono generalmente eliminati tramite la vagliatura (abburattatura) per ottenere farina raffinata. La parte interna della cariosside è costituita dall'endosperma amilaceo nel quale sono presenti, oltre ai granuli di amido le proteine di riserva e tracce di minerali e vitamine del gruppo B. Posizionato ad una estremità della cariosside si trova l'embrione ricco di vitamine, soprattutto la E, proteine e lipidi di alto valore biologico. L'embrione viene eliminato nei molini industriali, durante le prime fasi di molitura, per evitare che la componente lipidica, durante la molitura a cilindri possa, con l'aumento della temperatura, deteriorare la farina. La molitura può essere effettuata con molini a cilindri o a pietra. La differenza dei due tipi di macinazione consiste soprattutto nel fatto che con la macina a pietra si ha lo schiacciamento della cariosside e il mescolamento di tutte le parti del frutto che rilasciano le sostanze nella farina cioè il germe (embrione) con gli oli e parte dei tegumenti, non si arriva ad ottenere, quindi, una farina molto raffinata.



Per garantire una lunga conservazione delle farine, si cerca di ottenere un prodotto raffinato: il germe ricco di oli è eliminato per evitare l'ossidazione e l'irrancidimento che comprometterebbero la conservabilità (shelf life). Storicamente la preferenza delle farine bianche da parte del consumatore si lega alla qualità del frumento molito. Infatti, una volta la granella poteva essere contaminata da funghi, presenti in campo o sviluppati durante la conservazione (stoccaggio), e da insetti, per cui il prodotto finale aveva un sapore non sempre gradevole. Oggi questi problemi possono essere eliminati, tramite le corrette pratiche agronomiche, lo stoccaggio adeguato della granella, la rapidità dei controlli e le tecnologie di selezione e pulizia delle cariossidi prima della molitura (es.: selezionatrici ottiche).

Le tipologie delle farine ottenute dalla molitura e successiva vagliatura (abburrattamento) sono riportate nel Box 6.

Farina	Umidità max %	Abburattatura %	Ceneri %	Proteine % (N x 5,7) min
Tipo 00	14,5	50 %	max. 0,55	9,0
Tipo 0	14,5	72 %	max. 0,65	11,0
Tipo 1	14,5	80 %	max. 0,80	12,0
Tipo 2	14,5	85 %	0,95-1,30	12,0
Integrale	14,5	100 %	min. 1,30 / max. 1.70	12,0

Box 6. Classificazione della **farina**: prodotto ottenuto dalla macinazione e successiva abburattatura del grano tenero preventivamente privato di sostanze estranee e impurità

Le proteine di riserva della cariosside, le gliadine e glutenine, giocano un ruolo molto importante in quella che viene definita qualità tecnologica. Queste proteine, infatti, durante l'impastamento formano il glutine responsabile delle caratteristiche tecniche della trasformazione dei cereali. Le prime infatti danno viscosità agli impasti mentre le seconde ne determinano l'elasticità. Il glutine, quindi, non è un componente della cariosside ma si origina durante l'impastamento della farina con acqua, formando una rete capace di trattenere la CO₂ o i granuli di amido durante la fermentazione per la produzione di pane o nella trafilatura della pasta, determinando anche la tenuta alla cottura della pasta. Per avere un buon impasto a livello tecnologico, sia per la produzione di pane che di pasta, è fondamentale, oltre alla quantità, la qualità delle proteine (Box 7 e Box 8).

PROTEINE DEL FRUMENTO

Proteine solubili

Albumine + Globuline = proteine enzimatiche (embrione, aleurone; ricche in aminoacidi essenziali)

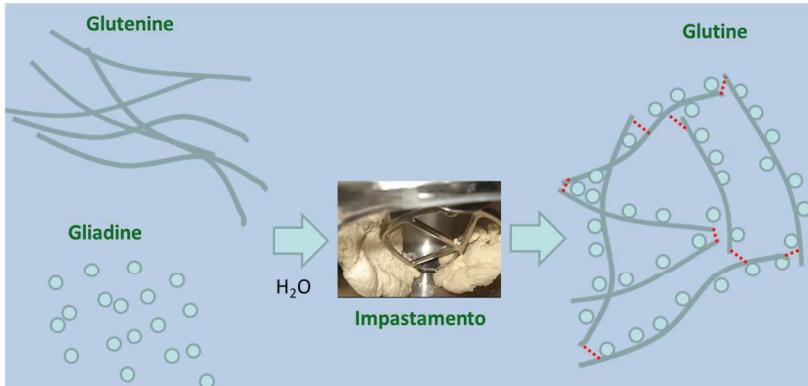
20 %
proteine totali

Proteine insolubili

Gladiine + Glutenine = dette anche Prolamine per l' alto contenuto in alcuni aminoacidi (prolina e glutamina). Esse formano il **GLUTINE** durante l'impasto con acqua, una massa proteica elastica, che conferisce caratteristiche peculiari agli impasti lievitati. Si tratta di proteine di riserva localizzate nell'endosperma.

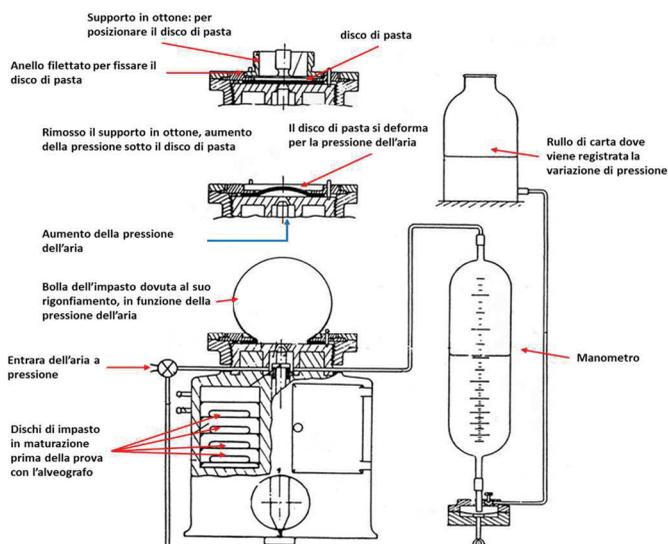
80 %
proteine totali

Box 7. Le caratteristiche degli impasti dipendono dal tipo di proteina: a) dalla frazione gliadinica e gluteninica, determinate dal genotipo; b) dalla quantità di proteina che è funzione sia del genotipo che dell'ambiente di sviluppo della pianta (conduzione agronomica e condizione pedoclimatica)



Box 8. Formazione del glutine. Durante l'impasto si formano dei polimeri di glutenine che si uniscono mediante legami con lo zolfo (ponti disolfuro ---), formando una rete elastica dove le gliadine si uniscono conferendo al complesso maggiore viscosità.

La caratteristica degli impasti dovuti al tipo di glutine formato, viene valutata attraverso l'alveografo di Chopin, che misura la forza dell'impasto (W) e la sua caratteristica di elasticità (rapporto P/L), nel box 9 è riportato lo schema del funzionamento di un alveografo, mentre nel box 10 è riportato il diagramma ottenuto con la variazione di pressione durante il rigonfiamento del disco di pasta.



BOX 9. Alveografo di Chopin. Un disco di pasta ottenuto dall'impasto di 250 g di farina con una soluzione salina, viene gonfiato mediante l'aria a pressione. La registrazione della variazione della pressione dall'inizio del rigonfiamento fino alla rottura della bolla di pasta, determina un diagramma caratteristico, dove vengono rilevati i parametri riportati nel box 10.



Foto di una bolla di pasta durante la misurazione dei parametri mediante l'alveografo di Chopin

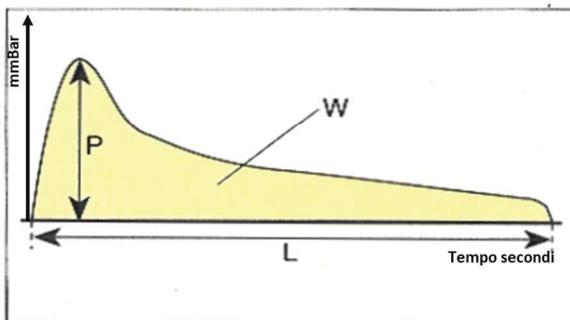


Diagramma ottenuto dalla registrazione della variazione di pressione

Box 10. Parametri misurati con l'alveografo di Chopin:
P=resistenza alla deformazione; L=estensibilità; W=forza del glutine; Rapporto P/L = stima dell'elasticità.

In base ai parametri misurati con l'alveografo di Chopin, i frumenti vengono classificati come riportato nel box 11.

Tipi di frumento	Indici alveografici		Proteine
	W	P/L	N x 5,7 s.s.
Frumento di forza	≥300	1 max	≥14,5 %
Frumento panificabile superiore	≥220	0,6 max	≥13,5 %
Frumento panificabile	≥160	0,6 max	≥11,5 %
Frumento biscottiero	115 max	0,5 max	10,5 % max

Destinazioni del frumento tenero	
Classe	Utilizzazione
Frumento di Forza (FF)	Prodotti ad alta lievitazione come merendine semisfoglie, brioches, panettoni, farine correttive
Frumento Panificabile Superiore (FPS)	Pane tipo michetta, crackers, pasticceria artigianale
Frumento panificabile (FP)	Pane comune, fette biscottate, pan carrè
Frumento Biscottiero (FB)	Biscotti, prodotti a bassa lievitazione

Box 11. Classificazione dei frumenti in base al W (forza dell'impasto) e tipologie del prodotto ottenuto in funzione del valore di W

L'incremento delle caratteristiche tecnologiche degli impasti e i metodi di trasformazione; molitura e lievitazione con lievito di birra (negli ultimi anni la lievitazione con pasta madre è stata quasi del tutto abbandonata) hanno portato ad un incremento della sensibilità al frumento, che può aver influito sull'aumento di alcune intolleranze al glutine di tipo non celiaco (Non-Celiac Gluten Sensitivity NCGS).

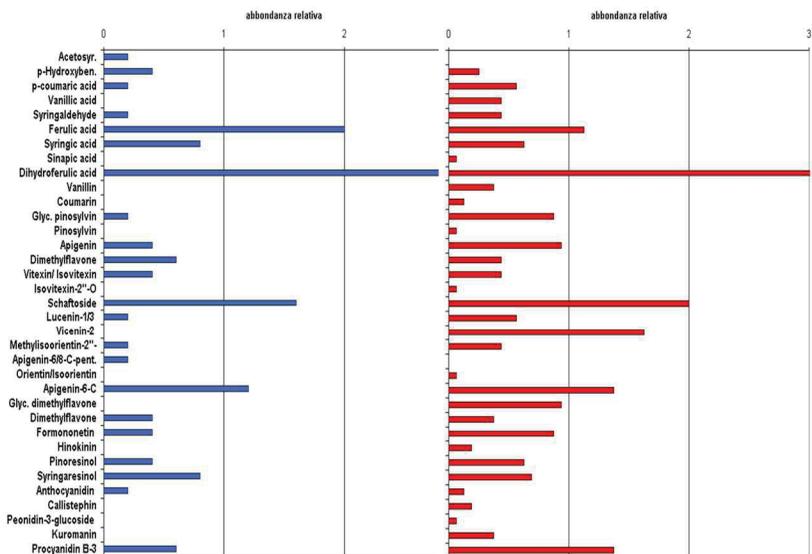
Motivo di riflessione è che l'aumento di questi problemi è coinciso anche con l'utilizzo di varietà ad alto tenore di glutine e con la conduzione agronomica basata su forti input tecnologici. La sensibilità al glutine di tipo non celiaco (NCGS) è caratterizzata da una sintomatologia simile a quella della celiachia e, anche in questo caso, i sintomi scompaiono all'eliminazione del glutine dalla dieta.

TIPI DI LIEVITAZIONE

- **LIEVITO DI BIRRA:**
 - Fermentazione rapida, elevata produzione di CO₂
- **PASTA MADRE:**
 - Digeribilità del pane;
 - Riduzione di sostanze anti-nutrizionali;
 - Effetto benefico sulla microflora intestinale;
 - Apporto di sostanze che prevengono le malattie degenerative;
 - Diminuzione della tossicità del glutine

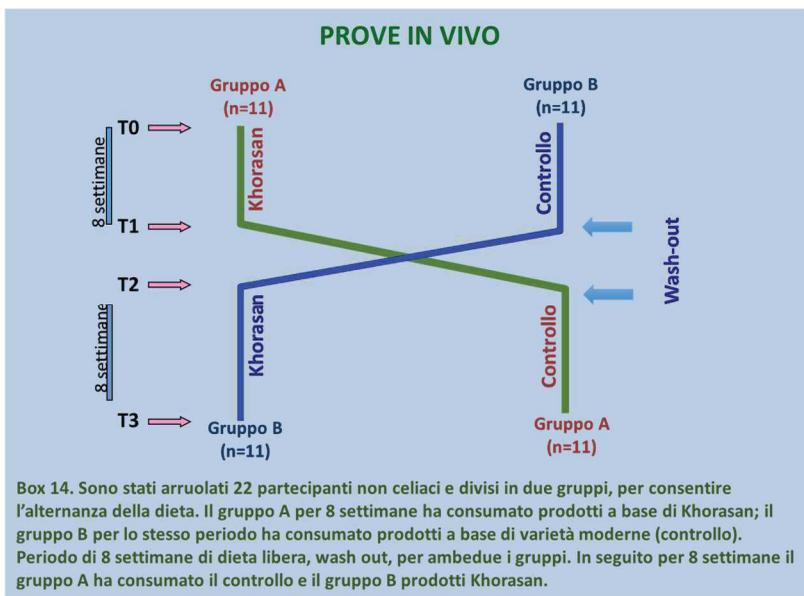
Box 12. Con il lievito di birra (costituito essenzialmente da *Saccharomyces cerevisiae*) si ottiene fondamentalmente la fermentazione degli zuccheri, mentre nella pasta madre (o impasto acido) la presenza, oltre al lievito, di batteri malo-lattici e proteolitici garantiscono un miglioramento delle caratteristiche nutraceutiche degli impasti oltre all'incremento di quelle organolettiche

Confrontando le varietà attualmente coltivate con quelle coltivate nel passato, si osserva una diversa composizione delle proteine del glutine che caratterizza gli impasti con valori W decisamente inferiori; raramente si osservano valori che superano 100-120, soprattutto se coltivati in biologico. Mentre con le varietà attuali si possono raggiungere, con sistemi di coltivazione convenzionali, e superare valori di W=300 – 400. Inoltre, la composizione in metaboliti secondari come polifenoli e flavonoidi, risulta più variabile nelle varietà antiche rispetto alle moderne, mettendo in evidenza una perdita della biodiversità di tali molecole (Box 13).

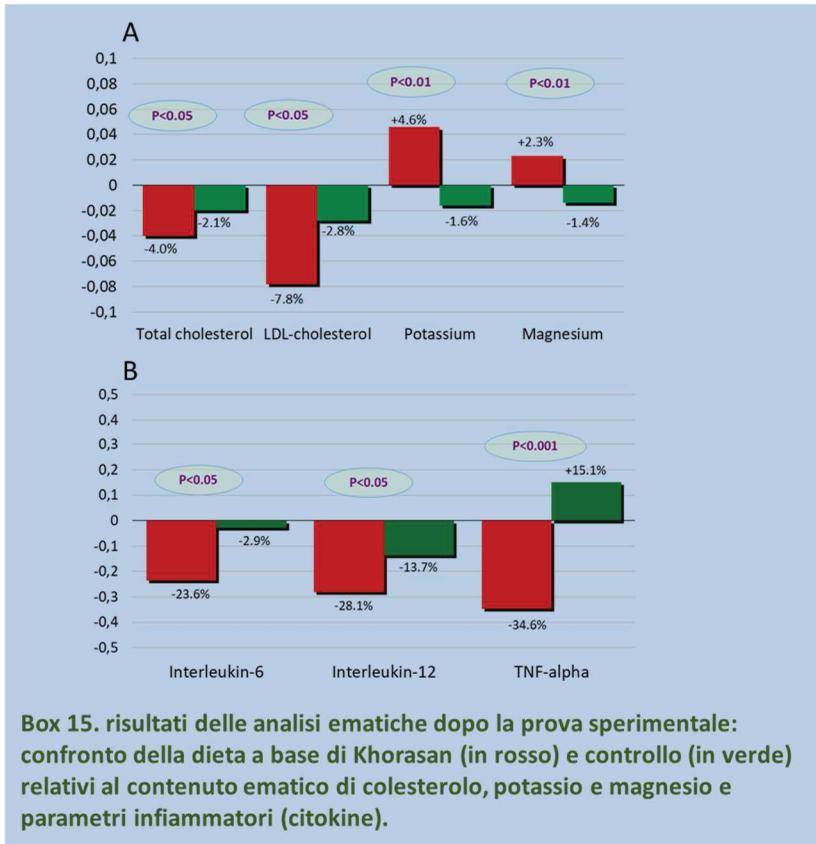


Box 13. Biodiversità dei composti Polifenolici. A sinistra in blu è riportata la composizione osservata nelle varietà moderne a destra la composizione rilevata dall'analisi di varietà antiche. (scomparsa di alcune componenti nella varietà moderne: Acido vanico, Vanilina, Cumarina, Inochinina ecc. *Dinelli et al. 2011*)

I metaboliti secondari sono composti soprattutto riconducibili al gruppo dei polifenoli (flavonoidi, lignani, isoflavoni), carotenoidi, tocoferoli e fibra, i quali, da un punto di vista organolettico, sono responsabili dei profumi e dei sapori e svolgono un'azione protettiva per la salute umana. Infatti, queste molecole hanno un'azione protettiva verso alcuni composti dannosi. Prove "in vivo", in collaborazione con il Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica di Careggi, hanno evidenziato un netto miglioramento di alcuni parametri ematici in soggetti alimentati per circa 8 settimane con prodotti ottenuti da frumenti antichi. Lo schema sperimentale adottato, per tale studio, è riportato nel box 14.



I risultati dei prelievi ematici alle persone coinvolte nell'esperimento dei due gruppi partecipanti, hanno confermato che i valori del colesterolo (totale e LDL) sono diminuiti significativamente a livello di probabilità del 5% ($p < 0,05$); si osserva anche un incremento significativo del contenuto di potassio e magnesio, con probabilità inferiore all'1% ($p < 0,01$) come riportato nel box 15A. Per quanto riguarda il contenuto di citokine, parametri che denotano lo stato infiammatorio presente nell'organismo, si osserva una riduzione significativa alla probabilità del 5% ($p < 0,05$) dell'interleukina 6, 12 e $TNF\alpha$ (Tumor Necrosis Factor) nell'organismo (Box 15B).



Queste prove hanno dimostrato che nel frumento oltre ai metaboliti primari che forniscono energia e amminoacidi all'organismo umano, hanno altre proprietà legate ad una serie di elementi non ancora identificati, responsabili di conferire alcune funzionalità importanti per la salute

umana. Anche se il frumento non è considerato un alimento funzionale, dato che non presenta contenuti elevati di particolari sostanze, come ad esempio l'orzo ricco di β -glucani, presenta una biodiversità 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, ma lo studio del germoplasma del frumento costituito anche dalle varietà antiche, permette di identificare le varie proprietà nutrizionali, che devono essere tassativamente considerate nei programmi di miglioramento genetico, nonostante la loro complessità.

In conclusione, la coltivazione dei cereali deve essere considerata all'interno di un sistema agricolo integrato, che prenda in esame la gestione di tutte le colture dell'avvicendamento, come quelle da rinnovo e miglioratrici, la necessità di operare sovesci pluri-essenza per aumentare la fertilità del suolo, impedirne la destrutturazione e conservandone la porosità per mantenere il potenziale idrico del terreno. In questo contesto può essere affermato che, per contrastare i problemi derivanti sia dai cambiamenti climatici (dissesto idrogeologico) che dall'accumulo di sostanze inquinanti nel suolo e nell'aria (perdita di fertilità, destrutturazione dei suoli agrari, diminuzione della biodiversità), è necessario che l'agricoltura venga condotta in un sistema che rispetti l'ambiente. I prodotti derivati dai cereali sono alla base dell'alimentazione umana per questo motivo è necessario che vengano ottenuti nelle migliori condizioni, per consentire alla pianta di esprimere al meglio le proprie potenzialità che non sono solo quelle quantitative.

Capitolo 2

Le tecniche di coltivazione

Marco Mancini², Marco Napoli¹, Giada Brandani¹, Roberto Ceccuzzi³, Luciana Becherin³, Roberto Vivoli¹, Leonardo Verdi¹, Anna Dalla Marta¹, Martina Petralli², Simone Orlandini¹

1) Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell’Ambiente, Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144, Firenze.

2) Fondazione per il Clima e la Sostenibilità, Via Caproni 8, 50144, Firenze.

3) Consorzio Agrario di Siena, Via G. Pianigiani 9, 53100 Siena

Il progresso ottenuto nei campi della meccanica agraria, della chimica, legata alla fertilizzazione e alla difesa, e della genetica agraria ha rivoluzionato profondamente la tecnica agronomica di coltivazione del frumento, sia nei metodi di conduzione biologici sia in quelli convenzionali.

I “frumenti moderni” si avvantaggiano di molteplici input perché in tal senso sono stati selezionati, a vantaggio della produttività e delle caratteristiche qualitative legate all’industria della trasformazione.

Regimazione idraulica

Una considerazione preliminare da fare riguarda la sistemazione idraulico agraria delle superfici destinate alla coltivazione. La messa a coltura dei terreni ha sempre richiesto notevoli sforzi per garantire la regimazione idraulica e quindi la fertilità dei suoli. Numerosi esempi di schemi sistematori (Figura 1) sono stati progettati nel corso dei secoli finendo per caratterizzare e rendere tipico il paesaggio dei vari territori in cui erano principalmente impiegati, come la sistemazione “a prode” tipica della Toscana; il “cavalletto” diffuso nel bolognese; il “cavino” in uso nel padovano; la sistemazione a “larghe” o “ferrarese” diffusa nella pianura di Ferrara.

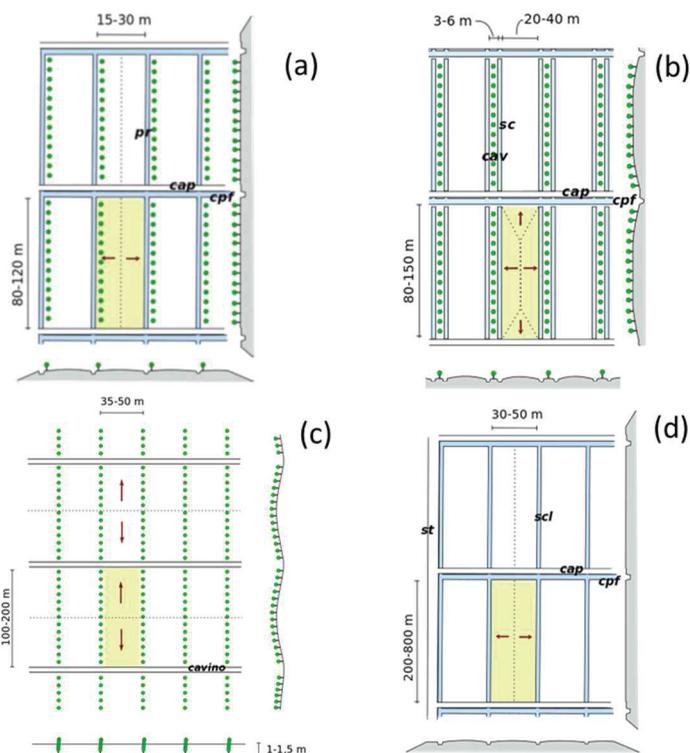


Figura 1: Sistemazione a prode (a), cavalletto (b), cavino (c), ferrarese (d). Luigi Giardini, *Agronomia generale*, 3, Pàtron, 1986.

Tuttavia, i piccoli lotti di terreno baulati e delimitati da profonde affossature, che caratterizzavano il nostro territorio sino a metà del XX secolo, pur essendo estremamente efficienti nel garantire la fertilità del suolo, sono stati progressivamente tralasciati in quanto determinavano un'elevata frammentazione del territorio e pertanto costituivano un ostacolo alla meccanizzazione (Figura 2). Per dare un'idea del fenomeno, si riporta un'analisi svolta nell'area della Piana Fiorentina dove si è

determinata una riduzione delle affossature da circa 880 metri lineari per ettaro (m/ha) di superficie coltivata agli attuali 550 m/ha.

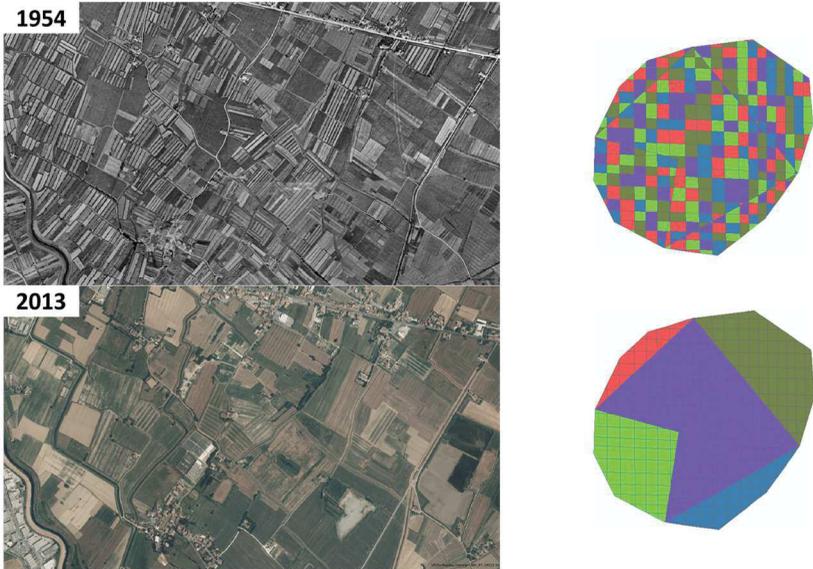


Figura 2: A sinistra - Immagini aeree della Piana Fiorentina, dettaglio della piana di Lecore (Signa), relative al 1954 e 2013. Si nota l'elevata frammentazione del territorio in campi di piccole dimensioni nel 1954 e la successiva aggregazione in appezzamenti di maggiori dimensioni nel 2013. A destra – rappresentazione schematica del processo di aggregazione dei campi ottenuto per rimozione delle opere sistematorie.

Nel tempo, l'abbandono di queste importanti opere di regimazione idraulica, ha portato ad una perdita di conoscenza del valore di questi strumenti agronomici di indubbia efficacia nel mantenimento della fertilità e della gestione dell'assetto idraulico dei suoli. La mancanza di queste pratiche si denota nelle annate con criticità climatiche, con problemi colturali quando ristagni profondi determinano condizioni di asfissia radicale e quelli superficiali stimolano il proliferare di malattie (Figura 3).

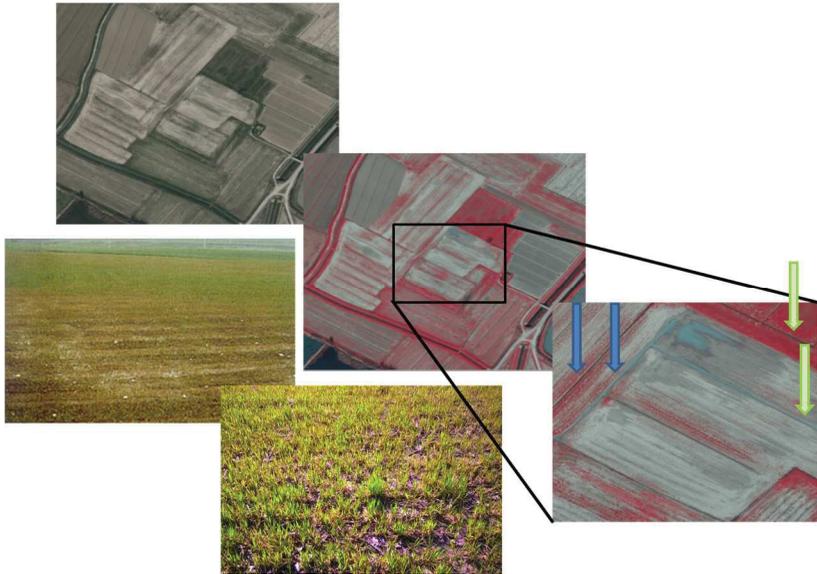


Figura 3: Analisi su porzione della Piana di Lecore a Signa (Piana Fiorentina) - Ortofoto aerea in falsi colori con dettaglio delle aree di ristagno a causa di affossature non correttamente eseguite e relativo effetto sulla vegetazione che risulta stentata o addirittura assente. I fossi mal realizzati finiscono per trattenere l'acqua piuttosto che allontanarla dal campo.

Sempre più frequentemente capita di vedere campi coltivati a cereali autunno-vernini, nei periodi compresi fra l'accestimento e la levata, con ampie aree di vegetazione stentata e clorotica a causa dei ristagni idrici dovuti alle cattive sistemazioni superficiali e, spesso, alla mancanza di affossature che consentano un rapido allontanamento delle acque piovane. In tal senso occorre tenere presente anche l'aumento di frequenza di piogge intense che spesso causano ruscellamento superficiale con erosione del terreno ed asportazione dei semi o delle plantule non ancor bene radicate, con conseguenti fallanze di copertura della vegetazione.

Non si può in questa sede fare l'intera disamina delle tecniche di sistemazione idraulica agraria, per le quali si rimanda ai principali libri di testo.

Preparazione del letto di semina

In Toscana, la coltivazione delle “vecchie varietà di frumento” viene generalmente destinata ai terreni collinari più difficili e meno fertili, ad esempio caratterizzati da una tessitura pesante del tipo argilloso o limoso e scarsamente dotati di sostanza organica. In questo tipo di terreni, la preparazione del letto di semina viene eseguita in maniera analoga a quella delle varietà moderne, ovvero si realizza attraverso una lavorazione principale effettuata con aratro, con una profondità di lavorazione che può variare a seconda della tipologia di terreno (più profonda per nei terreni pesanti) da 20 a 35 cm, che oggi giorno solo raramente sono superati. Solamente in pochissimi casi si sostituisce l'uso del ripper a quello dell'aratro. L'aratura, correttamente eseguita, consente lo sviluppo di una buona struttura del terreno attraverso la sua esposizione agli agenti atmosferici quali il sole e l'alternanza di gelo e disgelo e di disseccamento e umettamento. La struttura del suolo così ottenuta, consente di incrementare la velocità di infiltrazione dell'acqua e il volume di acqua immagazzinabile nel profilo di suolo interessato dallo sviluppo delle radici delle piante coltivate. Inoltre, l'aratura consente di interrare i residui colturali, le infestanti eventualmente presenti e i fertilizzanti organici e minerali dotati di ridotta mobilità.

L'aratura deve essere eseguita quando il terreno è nello stato di “tempera”, ossia quando il contenuto d'acqua non è né troppo elevato da rendere il terreno eccessivamente “plastico” e quindi maggiormente soggetto a compattamento, né troppo secco da rendere l'aratura più onerosa in termini di carburante e provocare la formazione di grosse zolle di difficile frantumazione. Vista la difficoltà di intervento nella fase di tempera, per il ridotto periodo in cui il terreno si trova in condizioni ideali, in questo tipo di terreni è preferibile effettuare la lavorazione durante il periodo estivo. Qualora non si riesca ad effettuare questa lavorazione entro l'estate, in terreni di buona portanza si può eseguire entro la fine dell'autunno con il suolo più asciutto possibile.

A seconda del grado di zollosità e della tenacità delle stesse all'aratura seguono le lavorazioni di preparazione del letto di semina, di tipo superficiale, che variano a seconda del tipo di terreno dalla semplice erpicatura ad alcuni passaggi con diverse tipologie di erpici, fresatrici e pareggiatori. La principale di queste lavorazioni, l'erpicatura, consiste nel rompere le zolle più grandi e livellare il terreno. Attraverso l'uso di fresatrici e pareggiatori si procede quindi alla realizzazione del letto di semina vero e proprio, che dovrebbe essere eseguite possibilmente almeno un mese prima della semina, in modo tale da rendere uniforme l'umidità dello strato superficiale e garantire quindi una migliore emergenza. La diffusione di attrezzi combinati permette di effettuare in un unico passaggio più lavorazioni più superficiali, con risparmio di costi e minor compattamento del suolo.

La semina

La corretta esecuzione della semina rappresenta la condizione fondamentale per la buona riuscita della coltivazione ed influenza in gran parte le rese finali. Fra gli accorgimenti da tenere presente nella semina dei frumenti antichi troviamo:

1. Condizioni ambientali
 2. Epoca di semina
 3. Dose di seme
 4. Disinfezione del seme
-
- 1) Posto che sia stato preparato un buon letto di semina con una corretta pareggiatura della superficie, il terreno deve essere asciutto o con moderata umidità. Questo rappresenta un punto fondamentale onde evitare che il passaggio dei mezzi influisca negativamente sulla struttura del terreno, che i solchi derivanti dalle impronte delle ruote divengano canali preferenziali per l'acqua piovana, che la seminatrice depositi correttamente il seme nel letto di semina.
 - 2) L'epoca di semina è funzione del clima. I grani antichi si avvantaggiano molto dell'accestimento nei periodi di freddo e la loro sensibilità al freddo è legata allo stadio fenologico. Posto che le prime fasi della pianta sono più sensibili al freddo occorre che la pianta affronti le

gelate invernali nella fase fenologica di 4-5 foglie, che corrisponde alla fase fenologica più resistente ai freddi invernali. La coltivazione di questi frumenti in Toscana si estende fino a quote superiori 1000 m slm, a condizione che la semina venga effettuata a queste altitudini precocemente, meglio se entro la prima decade d'ottobre. Quando nelle aree collinari, si è costretti a ritardare la semina, come ad esempio in autunni ed inverni eccessivamente piovosi, si può arrivare a seminare sino a metà gennaio. In questo caso, la pianta riesce a portare a termine la produzione, ma non è capace di accestire come nelle condizioni normali e pertanto di deve procedere ad incrementare le dosi di seme per compensare il mancato accestimento.

- 3) La dose di seme per i frumenti antichi deve essere diminuita notevolmente rispetto alle varietà moderne. I frumenti antichi si avvantaggiano molto dell'accestimento, le piante ben accestate mostrano un apparato radicale più robusto e profondo e dei culmi più spessi e resistenti e conseguentemente risultano più resistenti alla siccità ed all'allettamento. Per un buon accestimento occorre ad ogni singola pianta un maggiore spazio trofico sia in ambiente pedologico sia nello spazio aereo. Tutto questo senza ovviamente scendere a valori di 30-50 kg/ha di seme, come avveniva nelle sperimentazioni degli anni '30 del secolo scorso, pena una eccessiva riduzione delle rese a livelli non competitivi col mercato attuale. Attualmente, la pratica comune di distribuzione di semente commerciale di tipo moderno prevede una dose di 220 kg/ha di seme quando si ha la possibilità di seminare presto e 280 kg/ha di seme, quando a causa di semine ritardate non si può far conto sull'accestimento delle piante. Le prove condotte nell'ambito del progetto GrANT hanno visto il confronto tra due dosi di semina, 180 kg/ha e 90 kg/ha; la prima di poco inferiore alla dose convenzionale e la seconda pari a metà dose. Dai primi risultati delle prove sperimentali del progetto GrANT la dose di seme di 90 kg/ha, corrispondente a 180-200 semi a m² sembra favorire l'accestimento, con in media 3.4 accestimenti fertili rispetto a 2.1 della dose superiore, e non mostra effetti statisticamente significativi sulla diminuzione di produttività (Figura 4). L'impiego di dosi di 180 kg/ha non hanno portato ad aumento significativo di produzione se non per livelli di fertilizzazione azotata pari 135 kgN/ha. Infatti, almeno per quanto riguarda i livelli di fertilizzazione azotata 35

e 80 kgN/ha, il maggiore accostamento presente nella dose di seme bassa (90 kg/ha di seme) ha consentito di compensare in tutte le cultivar il livello produttivo ottenuto nella dose 180 kg/ha di seme. Al livello di fertilizzazione azotata più alto (135 kgN/ha) le differenze di produzione su Sieve, Bologna e Verna consentono di compensare il maggior costo del seme al livello 180 kg/ha di seme, al contrario, nel caso della varietà Andriolo (aristato) la combinazione alta densità, alto livello di fertilizzazione ha portato all'allettamento delle piante e ad una drastica riduzione della resa. In terreni particolarmente fertili anche le densità di semina di 200 semi a m² possono risultare troppo elevate per tutte le varietà antiche provate. Questo è risultato evidente nella prova condotta nell'azienda della Regione Toscana Tenuta di Cesa, ove le parcelle si sono allettate all'interno mentre i bordi sono rimasti in piedi nonostante l'appoggio delle piante adiacenti cadute. L'effetto bordo, legato alla maggiore disponibilità di elementi trofici delle piante limitrofe ai corridoi lavorati si è tradotto in una maggiore capacità delle piante di resistere all'allettamento.

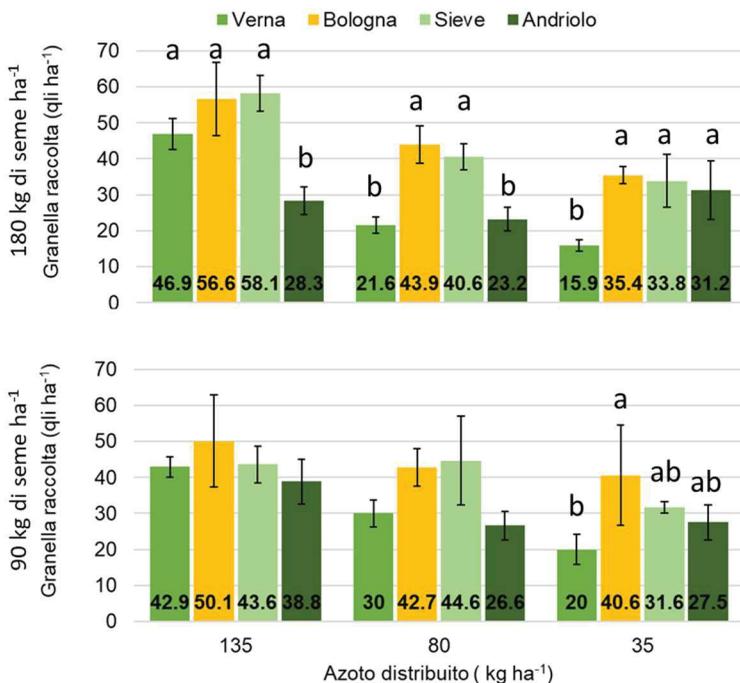


Figura 4: resa in granella (umidità del 13%) ottenuta per le quattro varietà testate (Verna, Bologna, Sieve, Andriolo), per i tre livelli di fertilizzazione azotata (35, 80, 135 kgN/ha) e per due dosi di seme per ettaro (90 e 180 kg/ha di seme). Le lettere indicano rese significativamente differenti tra le varietà a parità di livello di fertilizzazione e di dose di semina.

- 4) Ove possibile è sempre preferibile l'uso di seme certificato, a garanzia della genetica, della purezza, della germinabilità. In coltivazione convenzionale è sempre preferibile utilizzare semente concia industrialmente per proteggere la coltura dalla diffusione di pericolose fitopatie come la *Tilletia caries* (Carie del grano, di cui le varietà antiche risultano molto sensibili) che si insediano nella pianta già dalle prime fasi di germinazione del seme. Per le coltivazioni biologiche e le sementi autoriprodotte o scambiate tra le aziende, è auspicabile

disinfettare il seme con prodotti a base di rame registrati per la concia aziendale del seme (es. alcune formulazioni di Ossicloruro di rame a 150 gr per 100kg di seme o Poltiglia bordolese a 200 gr per 100 kg di seme) avendo cura di distribuire uniformemente il prodotto nella massa del grano da conciare.

La concimazione

Con la concimazione si intende fornire alla coltura gli elementi minerali necessari alla crescita ed alla produzione. Gli elementi fertilizzanti principali, o macroelementi, sono l'azoto, il fosforo ed il potassio. I terreni argillosi toscani sono ben dotati di potassio pertanto questo elemento non viene normalmente somministrato, salvo carenze specifiche.

Per quanto riguarda azoto la pratica storica della fertilizzazione prevedeva la rotazione in successione a bietole, canapa, patata, mais, pomodoro. Queste colture lasciano un carico di residui colturali che assieme alla buona dotazione di sostanza organica costituiscono la "forza vecchia" ossia un serbatoio di azoto organico che diventa disponibile durante il ciclo colturale del grano, attraverso il processo di mineralizzazione. La concimazione chimica, prima del 1950, veniva fatta somministrando dalle 10 alle 20 unità di azoto ammoniacale (molto utilizzato il solfato ammonico), ad integrazione della forza vecchia. Nel manuale Hoepli "la coltivazione del frumento" del 1927 si riporta "se ad un seminato fitto si volesse dare una forte concimazione azotata noi vedremmo immediatamente l'azione dannosa dell'azoto rilevantesi in un forte sviluppo fogliaceo che non avendo lo spazio necessario alla vita stessa soccomberebbe sotto il peso della sua esuberanza. I pratici ciò lo fanno quando dicono che il concime azotato può produrre talvolta molte foglie e poco grano". La necessità di vecchia forza è fondamentale nella coltivazione biologica.

Per sopperire alle necessità di fosforo venivano, invece, somministrate 30-40 unità di anidride fosforica, in quanto il fosforo disponibile nei nostri terreni è limitato. Oggigiorno la quantità di fosforo da distribuire per produzioni comprese fra 35 e 45 q/ha si considera compresa, per la maggior parte dei nostri terreni, fra 50 e 90 kg/ha.

È buona pratica effettuare la prima concimazione alla semina, distribuendo tutto il fosforo dopo l'aratura e prima del passaggio con l'erpice a dischi o rotante. Questo elemento è poco mobile nel terreno e con tale operazione si distribuisce in uno spessore di terreno di circa 20 cm e quindi nello strato maggiormente interessato dal sviluppo delle radici. Se l'aratura viene effettuata poco prima della semina può essere distribuito anche prima di effettuare questa operazione. Insieme al fosforo si somministra anche una frazione della dose di concime azotato, normalmente compresa fra il 20 ed il 30% del totale. È pratica comune, al fine di semplificare le operazioni, distribuire concimi binari a base di azoto e fosforo, quali il fosfato biammonico (titolo 18-46-0). Nella coltivazione convenzionale, in copertura, in Toscana nel periodo compreso fra metà febbraio e metà aprile, si distribuisce il restante 70-80% della dose di fertilizzante azotato. La distribuzione effettuata in due volte a distanza di almeno un mese, costituisce il miglior sistema per accompagnare le disponibilità con le necessità e diminuire la dispersione in ambiente di questo elemento.

Le prove preliminari svolte nell'ambito del progetto GrANT hanno mostrato una buona risposta produttiva alla somministrazione d'azoto delle vecchie varietà (Figura 4). Per quanto riguarda la densità di semina 90 kg/ha di seme, passando progressivamente da 35 a 80 a 135 kgN/ha la produzione di granella è cresciuta mediamente da 20 a 30 a 42.9 q/ha per Verna, da 40.6 a 42.7 a 50.1 q/ha per Bologna, da 31.6 a 44.6 a 43.6 q/ha per Sieve, da 27.5 a 26.6 a 38.8 q/ha per Andriolo. Per la dose di seme 180, ai tre livelli di fertilizzazione azotata da 35 a 80 a 135 kgN/ha sono corrisposte le seguenti rese in granella: 15.9, 21.6 e 46.9 q/ha per Verna, da 35.4, 43.90 e 56.6 q/ha per Bologna, da 33.8, 40.6 e 58.1 q/ha per Sieve, 31.2, 23.2 e 28.3 q/ha per Andriolo. In termini di resa in granella si è osservato che il frumento Sieve ha un comportamento simile alla cultivar moderna Bologna, raggiungendo anche produzioni considerevoli per il livello di azoto 135 kgN/ha.

Tra le due varietà non si sono osservate differenze significative né tra livelli di azoto né tra densità di semina. Il frumento Verna ha mostrato una spiccata risposta agli incrementi di azoto con risultati ben superiori alle rese attese di poco meno di 20 qli/ha. Il frumento Andriolo ha mostrato una risposta inferiore ai diversi livelli di azoto, rispetto alle altre cultivar, inoltre per i livelli alti di azoto, la risposta maggiore si è ottenuta per il

livello inferiore di densità di semina. L'aumento di fertilizzante azotato agisce sia sull'altezza della pianta sia sul peso della spiga e conseguentemente sul rischio di allettamento. Nelle prove sperimentali, come precedentemente riportato, le elevate dosi di azoto (135 kg/ha) combinati agli elevati investimenti di piante ad ettaro (180 kg/ha) sono stati causa di maggiore allettamento.

Il livello di proteine nella granella è risultato in generale in linea con quello ottenuto dalla cultivar moderna (Figura 5). Solo per il livello di azoto 80 kgN/ha e densità di semina 180 kg/ha si sono registrate delle differenze significative tra il contenuto proteico della cv moderna rispetto alle tre vecchie varietà. Ovviamente si è ottenuto maggiore contenuto proteico per il livelli di fertilizzazione azotata superiore. La varietà Bologna e Andriolo hanno mostrato livelli di proteina superiore per la densità 180 rispetto a 90 kg/ha. La varietà Verna, al contrario, a parità di livello di azoto, ha mostrato sempre contenuti di proteina superiori per la densità di semina 90 kg/ha.

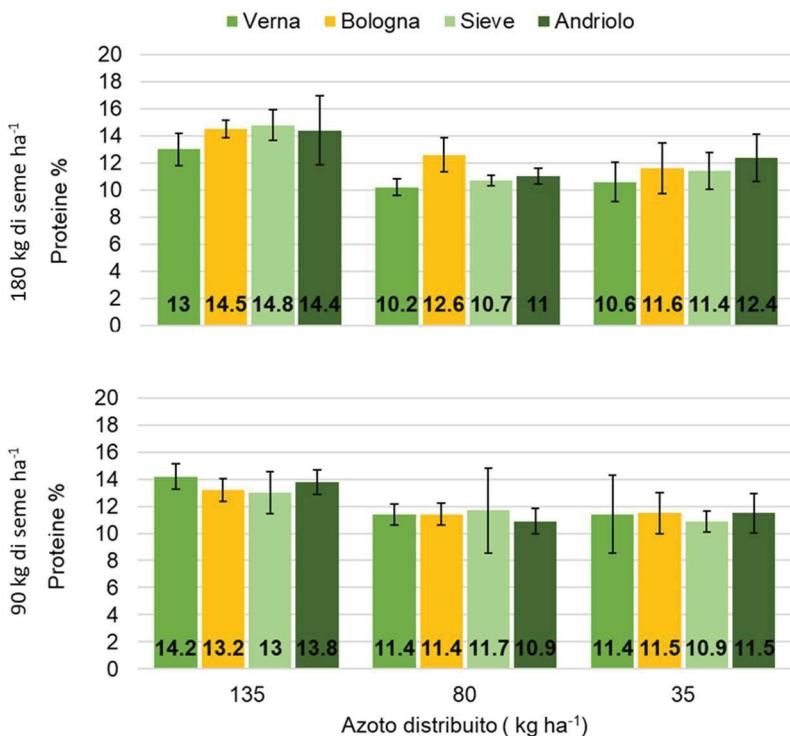


Figura 5: contenuto proteico nella granella (umidità del 13%) ottenuta per le quattro varietà testate (Verna, Bologna, Sieve, Andriolo), per i tre livelli di fertilizzazione azotata (35, 80, 135 kgN/ha) e per due dosi di seme per ettaro (90 e 180 kg/ha di seme). Le lettere indicano contenuti proteici significativamente differenti tra le varietà a parità di livello di fertilizzazione e di dose di semina.

Il diserbo

Le varietà antiche di frumento sono caratterizzate da una taglia molto alta e da un'ottima capacità di accestimento rispetto ai grani moderni. Queste caratteristiche consentono, alla coltura, una spiccata competizione verso le

erbe infestati al punto di richiedere raramente interventi erbicidi (ottima adattabilità di queste varietà per la coltivazione in biologico). Nel caso si rendano necessarie le pratiche di diserbo, è possibile utilizzare tutti i principi attivi registrati per le varietà moderne senza incorrere in problemi di fitotossicità.

L'interramento delle paglie

L'elevata efficienza d'uso dell'azoto dei frumenti antichi, assieme alla pratica delle concimazioni azotate effettuate a basse dosi rispetto ai frumenti convenzionali, fa sì che la coltura risulti particolarmente depauperante.

La dove le paglie sono lasciate in loco è buona pratica interrare aggiungendo 20-40 unità di fertilizzante azotato al fine di favorire il processo di umificazione. L'interramento può essere fatto con un erpice a dischi al momento in cui le condizioni di umidità del terreno sono più prossime alla tempera. L'interramento della paglia e dell'azoto in condizioni di siccità e di temperatura dell'aria elevata provoca spesso una rapida volatilizzazione dell'azoto ammoniacale e l'ossidazione della paglia con perdita di sostanza organica.

Protezione dell'apparato fogliare

Normalmente, i grani antichi, mostrano caratteristiche di rusticità molto più spiccate rispetto alle varietà moderne, tuttavia, interventi fungicidi preventivi per proteggere l'apparato fogliare e la spiga dagli attacchi fungini, garantiscono maggiore sanità della pianta, maggiore resistenza all'allettamento e un migliore risultato produttivo.

Capitolo 3

Le tecniche di biofertilizzazione

Laura Ercoli, Elisa Pellegrino

Istituto di Scienze della Vita, Scuola Superiore Sant'Anna, Piazza Martiri della Libertà 33, 56127, Pisa

Produzione di inoculo a base di funghi micorrizici arbuscolari

I sistemi di produzione dei funghi micorrizici arbuscolari (AM) si sono evoluti considerevolmente negli ultimi anni, dalle tecnologie relativamente semplici a quelle più complesse, ad esempio i metodi in vitro (Jarstfer e Sylvia, 1994). Attualmente, l'inoculo viene prodotto nei seguenti modi:

- I. nursery (Sieverding, 1991) in cui piante inoculate sono coltivate in campo aperto o in letti di vivaio. Vantaggi: metodo semplice, adatto all'uso locale, bassi costi; svantaggi: soggetto a contaminazione, poco adattato allo sviluppo su scala industriale.
- II. contenitori (vasi) con diversi substrati (Feldmann e Idczak, 1994; Feldmann e Grotkass, 2002). Vantaggi: input a bassa tecnologia, le contaminazioni indesiderate vengono facilmente eliminate, costi ragionevoli; svantaggi: il prodotto ottenuto non è puro, poco adattato allo sviluppo su scala industriale.
- III. sistemi aeroponici (Jarstfer e Sylvia, 1994), in cui le radici delle piante pre-inoculate sono continuamente nebulizzate con soluzione nutritiva nelle cassette di coltivazione. Vantaggi: controllo più semplice dei contaminanti, inoculo privo di sostanze di supporto (carrier), adattato per microimpianti; svantaggi: impostazione tecnologica relativamente complicata.
- IV. in vitro su radici trasformate con *Agrobacterium rhizogenes* (Becard e Fortin, 1988; Declerck et al., 1996). Vantaggi: il prodotto ottenuto è puro, consente lo sviluppo industriale; svantaggi: elevati investimenti tecnologici, costi elevati, non tutti i funghi AM sono coltivabili con successo in questo sistema, l'inoculo dopo più cicli di coltivazione in vitro perde la capacità competitiva nei confronti di altri microorganismi nel terreno.

Formulazione dell'inoculo a base di funghi AM

La procedura di formulazione consiste nel miscelare propaguli fungini (frammenti di radici colonizzate con funghi AM, frammenti di micelio fungino e spore) con un diverso carrier (perlite, torba, argilla inorganica, zeolite, vermiculite, sabbia, ecc.) in funzione dell'applicazione. Gli inoculanti biologici appartengono a gruppi tassonomici diversi che variano considerevolmente in fisiologia e, di conseguenza, nelle loro esigenze nutrizionali e ambientali. La configurazione finale della formulazione deriva da una procedura più o meno complessa dal punto di vista tecnologico. La configurazione finale dipende dal fungo AM inserito, dal modo di produrre l'inoculo e dal bersaglio dell'inoculo (piante a radice nuda, piante in container, talee, semi, invasatura miscele, terreni, ecc.). I funghi dovrebbero essere selezionati per essere compatibili con l'ambiente target (Requena et al., 1996). Dopo la produzione di massa, i propaguli fungini devono essere formulati in modo tale da poter essere conservati e distribuiti in un ampio intervallo di temperature senza perdere l'efficienza. La formulazione deve essere semplice ed economica e l'inoculo formulato deve essere facile da trasportare e applicare. Alcune aziende che producono inoculi fungini AM hanno scelto di formulare prodotti a base singole specie fungine, che propongono per tutte le colture, mentre altre producono prodotti diversificati per specie fungine AM ed altri microrganismi. In Fig. 1 sono riportate le caratteristiche di alcuni inoculi di funghi AM presenti in commercio.

Controllo della qualità dell'inoculo a base di funghi AM

L'attività industriale di produzione di inoculo si è sviluppata utilizzando diversi funghi AM, che spesso non sono ben caratterizzati in termini di requisiti ecologici e di stabilità. Questo, e la mancanza di controllo di qualità per diversi inoculi commercializzati, sono tra le principali ragioni della scarsa accettazione della tecnologia micorrizica nelle pratiche orticole e agricole. Quindi è necessario che il settore sviluppi, nel proprio interesse, metodologie di controllo della qualità dell'inoculo prodotto.

Nome del prodotto	Paese	Tipo di biofertilizzatore	Tipo di formulazione	Tempo di rilascio	Efficacia	Coltura	Costo	Dose consigliata
Italpollina 4-4-4 (http://www.italpollina.it)	Italia	Prodotto proveniente da impianto autorizzato per la trasformazione dei sottoprodotti di origine animale. Consentito in agricoltura biologica. Contiene: Azoto (N) organico 4%, anidride fosforica (P ₂ O ₅) totale 4%, ossido di potassio (K ₂ O) solubile in acqua 4%, carbonio (C) organico di origine biologica 41%, sostanza organica 70,7%.	pelletato Ø 3,5 mm	n/a È consigliabile distribuire il prodotto fino alle due settimane precedenti la germinazione del seme	Grazie alla grande quantità di sostanza organica unificata e attiva migliora in breve tempo le caratteristiche microbiologiche, fisiche (struttura e ritenzione idrica) e chimiche (contenuto di elementi nutritivi, potere tampone e C.S.C.) del terreno. Ricco in: elementi nutritivi, sostanza organica unificata attiva, microelementi e microrganismi utili.	Tutte	25 euro / 25 kg	5-7 q per ha, distribuito a spaglio sugli stocchi di mais prima delle lavorazioni del terreno.
EBF (http://www.eurobiofert.it)	Italia	Stallatico Extra. Stallatico naturale, stagionato e fermentato, costituito da miscela di letami (bovino ed avicolo). Biologicamente attivo, ricco di acidi umici.	pellet 3,8 mm	n/a	n/a	Frumento, orzo, mais, riso, soia, girasole, ortaggi in serra e in pieno campo, carciofo, aglio, peperone, pomacee - kiwi, drupacee, vite da vino, vite da uva, olivo,		1000 - 3600 kg/ ha in dipendenza della coltura. Per più informazioni: http://www.eurobiofert.it/pdf/prodotto-52Stallatico_Extra_2.pdf

Nome del prodotto	Paese	Tipo di biofertilizzatore	Tipo di formulazione	Tempo di rilascio	Efficacia	Coltura	Costo	Dose consigliata
Timac (http://www.timacag.ro.it/)	Italia	Rhizovit N-Process, Fertilizzante minerale azotato con membrana MeTA - (Non a Pronto Effetto) - Azione biostimolante. Contiene un attivatore microbico che stimola l'attività dei microrganismi responsabili della trasformazione dell'azoto nelle forme assimilabili dalle piante e assicura una biodisponibilità che dura nel tempo (Membrana MeTA). Concime organo minerale con titolo NPK 13.5.5	Granulare con Membrana MeTA. La "Membrana di copertura MeTA®" come previsto nel DL del 29 aprile 2010, n. 75 – Prodotti ad azione specifica (con ricoprenti), rientra nella categoria commerciale dei formulati azotati "a rilascio graduale"	Graduale	N-Process attiva la nitrato riduttasi, quindi: riduce l'accumulo di nitrati nelle cellule e crea una «fame» di azoto a livello fogliare, intensifica la sintesi proteica e quindi la produzione di biomassa	frumento duro, frumento tenero	17 euro / kg	7,40 t/ha
CCS AOSia, (MICOSAT, http://www.micosat.it/categoria-prodotto/microgranulare/)	Italia	MICOSAT@CEREALI micorrizze arbuscolari, batteri benefici della rizosfera e funghi saprofiti. Contiene 40% di funghi simbiotici (funghi appartenenti ai generi <i>Glomus</i> e <i>Rhizophagus</i>) e funghi saprofiti (<i>Trichoderma atroviride</i> e <i>Trichoderma harzianum</i>) e batteri della rizosfera (<i>Bacillus subtilis</i>).	Microgranulare. Per favorire il legame simbiotico si consiglia di posticipare la somministrazione di fosforo di 5-7 giorni dall'inoculo.	n/a	Cereali: più sviluppo radicale, maggiore accesso ai nutrienti. Buona resistenza all'allettamento. Maggiore resistenza al freddo. Aumento resa. Maggiore peso specifico della granella. Più proteine, sali minerali e vitamine. Migliore qualità panificatoria e pastificatoria. Più di antiossidanti e polifenoli. Soia: Maggiore robustezza stelo. Maggiore resistenza all'allettamento. Maggiore	Mais. Altri cereali: sorgo, orzo ecc. Barbabietola da zucchero. Oleagino: se: girasole e soia.	n/a	10 kg/ ha

Nome del prodotto	Paese	Tipo di biofertilizzatore	Tipo di formulazione	Tempo di rilascio	Efficacia	Coltura	Costo	Dose consigliata
Agrifutur http://www.agrifutur.com/	Italia	Prodotti per Leguminose ACTILEG. Inoculo di funghi micorrizici con rizobio azotofissatore specifico per fava e favino per il trattamento del seme in tramoggia. Disponibile anche in formulato liquido.	n/a	n/a	n/a	Soia, Pisello, Fava, Favino, Trifogli, Cece, Fagiolo, Lenticchia, Erba medica	n/a	n/a
Agrifutur http://www.agrifutur.com/	Italia	ACTICER. Inoculo micorrizico, con elevata concentrazione di endomicorrizze, batteri della rizosfera, e <i>Trichoderma harzianum</i> per il trattamento dei semi dei cereali.	Disponibile in formulato liquido, granulo e polvere.	n/a	Promotori per cereali	Cereali, riso, mais.	n/a	n/a
Symbion https://www.symbion.cz/en	Czech Republi C	CONAVIT® e ricco di macroelementi come l'azoto, il potassio, il ferro e il calcio, ed un ampio spettro di microelementi. Il fertilizzante è adatto a tutte le specie vegetali. Contiene keratina, humates naturali, patenikali, minerali: zeolite e amido apatite. Titolo: N 5%, P 6%, K 4%, Mg 2%, S 2%, Ca 4%, microelementi (Mn,	Fibre	Rilascio lento	Le micorrizze si collegano alle radici delle piante e allungano il sistema radicale, fornendo acqua e sostanze nutritive alle colture. La glomalina prodotta dalle ife fungine aggrega il suolo, riducendo l'erosione e mantenendo il terreno stabile.	n/a	50 euro / 10 kg	300 g/m

Nome del prodotto	Paese	Tipo di biofertilizzatore	Tipo di formulazione	Tempo di rilascio	Efficacia	Coltura	Costo	Dose consigliata
Symplanta (http://www.symplanta.com/productcat/algg.html)	Germania	Funghi arbuscolari micorrizici (AM), inoculo a base di spore; prodotti in vitro. Prodotto per prove sperimentali SYMPLANTA-001	1 milione di spore, fornite in 100 g di polvere a base di argilla attapulgite fine insolubile in acqua.	n/a	n/a	n/a	300 euro / 100 g	n/a
Biofertilizzanti Geo Humus	Grecia	Concime naturale fermentato (letame bovino) con lombrichi specifici (vermi California varietà rossa: <i>Eisenia fetida</i> e <i>Eisenia Andrei</i>) ed enzimi. Alto contenuto di N, K, P ed di Mg, Na, S, e di alcuni micronutrienti.	Pellettata	Lento rilascio	Alto contenuto di N, P, K, Mg, Na, S in forme biodisponibili. Fornisce azoto a lento rilascio, riducendo il rischio di perdite per lisciviazione. - Migliora le proprietà fisiche del suolo e, in particolare la permeabilità, la porosità, la resistenza all'acqua e la struttura del suolo in generale. - Aumenta la quantità di sostanza organica nel terreno. - Aumenta il sistema radicale. - Aumenta la capacità di scambio (CAC). - Fornisce un forte carico di microrganismi	Tutte le colture	20 euro / 15kg	n/a

Figura 1: Caratteristiche di alcuni prodotti a base di inoculi di funghi micorrizici arbuscolari presenti in commercio.

Qualunque sia la modalità di produzione dell'inoculo scelta e la procedura di formulazione adottata dalle aziende, il prodotto per essere commercializzato dovrebbe soddisfare i requisiti richiesti dagli utenti finali (ad esempio ridurre gli apporti di fertilizzanti fosforici, aumentare la tolleranza delle piante agli inquinanti, aumentare la produzione, favorire il ripristino della fertilità dei terreni). In questo contesto, l'inoculo fungino AM deve essere privo di agenti che potrebbero influire negativamente sulla normale crescita e sviluppo delle piante; la durata di conservazione dell'inoculo deve essere chiaramente indicata e i prodotti devono essere registrati a livello nazionale o internazionale. Inoltre, l'utente deve considerare accuratamente la descrizione del prodotto e le raccomandazioni del produttore in modo da ottenere benefici sia sulla coltura che sul terreno.

Utilizzo di funghi AM su frumento

Il frumento (*Triticum* spp.) è una coltura alimentare importante, ampiamente coltivata in tutto il mondo in diverse condizioni climatiche (Marris, 2008) e classificata come non-micotrofica o micotrofica in base alla struttura e alla composizione del suo genoma (Hetrick et al., 1993). Molte ricerche sperimentali state condotte a partire dagli anni '70 del secolo scorso per valutare l'efficacia dell'applicazione dei funghi AM come approccio di gestione sostenibile per il frumento. Tuttavia i risultati ottenuti avevano evidenziato un'elevata variabilità nelle risposte. Sebbene, infatti, molti studi avevano evidenziato i benefici sul frumento dovuti ai funghi AM inoculati, solo nel 2015 è stato pubblicato uno studio di sintesi dei risultati pubblicati (Pellegrino et al., 2015). In questo studio, è stata applicata la tecnica statistica della meta-analisi dimostrando che l'inoculazione con funghi AM aumenta l'accrescimento del frumento e l'assorbimento dei nutrienti (Fig. 2). La percentuale di variazione tra le piante inoculate e quelle non inoculate era rispettivamente del 5% e del 20% per la resa in paglia e in granella, di più del 20% per l'harvest index, e del 7% e 19% per l'assorbimento di P nella granella e nella paglia. Una tendenza simile è stata registrata per il contenuto di P, che è aumentato in

media del 20% e del 51% rispettivamente nella granella e nella paglia. Inoltre, l'inoculazione ha aumentato il contenuto di N della granella del 31%.

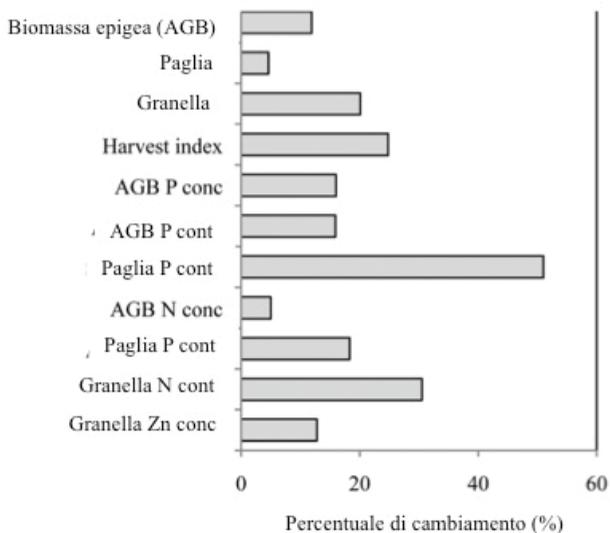


Figura 2: Effetto dell'inoculazione rispetto al controllo non inoculato sui principali parametri vegetali del frumento coltivato in campo in tutto il mondo (rivisto da Pellegrino et al., 2015).

Inoltre, nello stesso studio è stata trovata una correlazione positiva tra resa in granella e colonizzazione radicale di funghi AM. La risposta del frumento all'inoculazione con funghi AM in termini di biomassa epigea e di paglia è inoltre influenzata dai parametri del suolo (ad esempio tessitura, pH, sostanza organica, N totale e P disponibile), clima (temperatura media annuale e precipitazioni annuali) e specie fungina AM inoculata.

Prove di inoculazione con funghi AM su frumento in Toscana

Colonizzazione radicale

Nella fase di allungamento delle foglie (GS30, Zadoks et al., 1974), la percentuale di colonizzazione radicale ha mostrato nelle prove di inoculazione eseguite all'interno del progetto GRANT nell'Azienda Terre Regionali Toscane (Alberese) un effetto significativo per il fattore inoculo (*Rhizophagus irregularis*, isolato SYMPLANTA-001, Symplanta GmbH & Co. KG, Germany, derivante dalla stessa linea di coltura di DAOM197198, Stockinger et al., 2009). La percentuale di colonizzazione delle piante inoculate con funghi AM è risultata superiore rispetto alle piante non inoculate, passando dal 9% al 14%. Nella fase di maturazione (GS90) la percentuale di colonizzazione radicale non ha invece evidenziato differenze significative né tra i diversi genotipi di frumento testati (vecchi genotipi: Andriolo, Autonomia B, Avanzi 3, Frassineto, Gentil Rosso, Grano Noè di Pavia, Inallettibile, Risciola, Sieve, Torrenova, Verna; genotipo moderno di riferimento: Bologna) né per effetto dell'inoculo fungino AM. Mediamente, la colonizzazione radicale era pari al 15.8%.

Produzione di granella

La produzione di granella ha mostrato un elevato intervallo di variabilità tra i genotipi (Fig. 3). Il valore superiore è stato registrato per la varietà moderna Bologna ($312,4 \pm 0,1 \text{ g m}^{-2}$) e quello inferiore per la varietà Grano Noè di Pavia con $176,3 \pm 9,3 \text{ g m}^{-2}$ (Figura 3). Le altre varietà hanno mostrato valori intermedi. La produzione di granella non è stata invece influenzata dall'inoculo fungino AM.

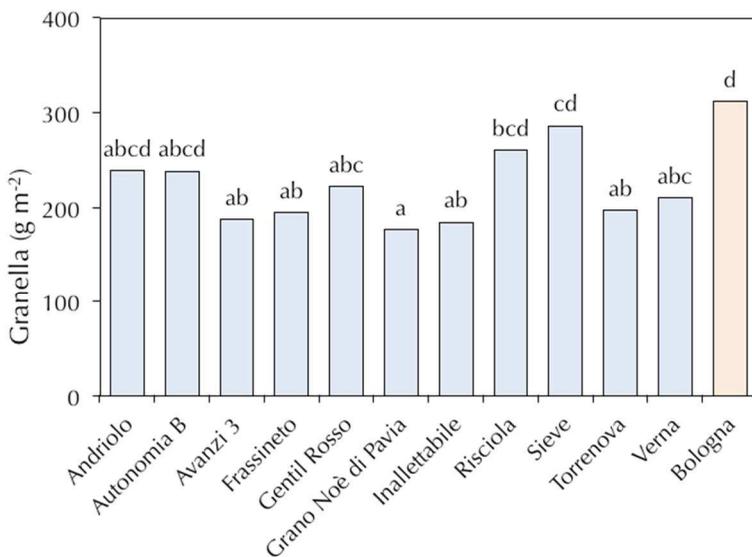


Figura 3: Peso della granella a metro quadro misurata per i genotipi testate nella prova di collaudo all’Azienda Terre Regionali Toscane, Alberse. In arancione è mostrata la varietà di controllo Bologna. Le colonne dell’istogramma che presentano la stessa lettera non differiscono tra loro.

Il peso ettolitrico della granella è stato influenzato in maniera significativa dalla interazione varietà x inoculo (Figura 4). I dati mostrano per il non trattato un intervallo che va da $66,7 \pm 1,5 \text{ kg hl}^{-1}$ a $78,8 \pm 0,1 \text{ kg hl}^{-1}$ per le varietà Grano Noè di Pavia e Autonomia B rispettivamente, mentre per il trattato un intervallo che va da $68,3 \pm 0,1 \text{ kg hl}^{-1}$ e $77,3 \pm 0,1 \text{ kg hl}^{-1}$ nei genotipi Inallettabile ed Autonomia B, rispettivamente.

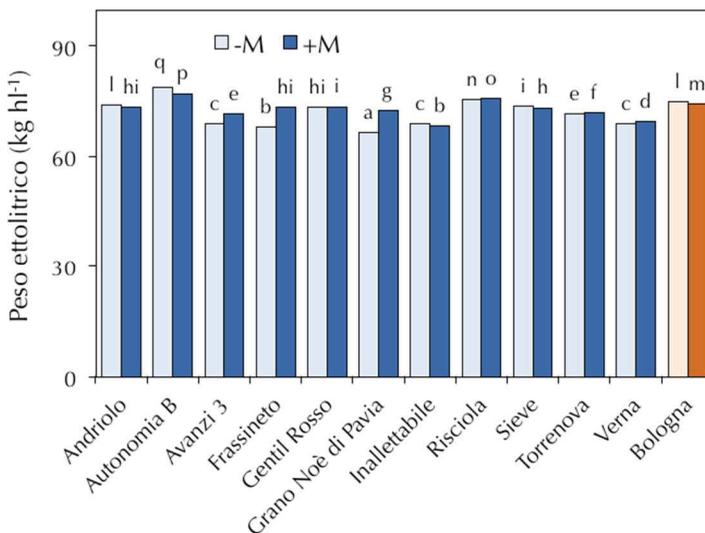


Figura 4: Peso ettolitrico misurato per i genotipi testati e in relazione all'inoculazione con funghi AM. In arancione è mostrato il genotipo di controllo Bologna. Le colonne dell'istogramma che presentano la stessa lettera non differiscono tra loro.

L'inoculo fungino AM ha determinato un incremento del peso ettolitrico nei genotipi Avanzi 3, Frassineto, Grano Noè di Pavia, Risciola, Torrenova e Verna, mentre in Andriolo, Autonomia B, Inallettabile, Sieve e Bologna una diminuzione. Nella varietà Gentil Rosso il peso ettolitrico non è modificato dal trattamento di inoculazione.

Concentrazione di ferro e zinco nella granella

La concentrazione di ferro (Fe) nella granella dei genotipi studiati non ha fatto registrare differenze statisticamente significative, mentre l'inoculo fungino ha provocato un incremento del 24% (da 33,8 mg kg⁻¹ a 41,8 mg kg⁻¹). La concentrazione di zinco (Zn) nella granella dei genotipi di frumento studiati ha evidenziato differenze significative al variare della varietà. I valori più elevati sono stati registrati nelle varietà Andriolo, Gentil Rosso, Sieve e Verna e quelli più bassi per la varietà moderna Bologna. Inoltre, il

contenuto proteico percentuale inferiore è stato registrato nella varietà Risciola (14,3%) mentre quello superiore è stato ottenuto dalla varietà Verna (18,1%).

Monitoraggio dell'isolato fungino AM nelle radici di frumento

Per sintesi riportiamo i risultati del monitoraggio molecolare eseguito su radici di frumento di Bologna, Autonomia B e Frassineto dell'isolato fungino AM inoculato. In Autonomia B si è passati da 5 specie fungine AM (Unc. *Glomus* 11,1%, *Rhizophagus irregularis* 11,1%, Unc. *Sclerocystis* 11,1%, *Rhizophagus fasciculatus* 11,1%, *Funneliformis caledonium* 55,6%) a 2 (Unc. *Glomus* 66,7%, *Rhizophagus irregularis* 33,3%) in seguito ad inoculazione. Nel genotipo Frassineto si è passati invece in seguito ad inoculazione da 7 specie fungine AM (Unc. *Glomus* 20%, *Rhizophagus irregularis* 26,7%, *Funneliformis caledonium* 6,7%, Unc. *Clareidoglomus* 26,7%, *Funneliformis geosporum* 6,7%, Unc. *Rhizophagus* 6,7%, *Clareidoglomus clarioideum* 6,7%) ad 2 (Unc. *Glomus* 70%, *Rhizophagus irregularis* 30%). Infine, nella varietà Bologna si è passati da 6 specie fungine AM (Unc. *Glomus* 13,2%, Unc. *Clareidoglomus* 60%, *Funneliformis* sp. 6,7%, *Rhizophagus* sp. 6,7%, *Rhizophagus intraradices* 6,7%, *Rhizophagus iranicus* 6,7%) ad una sola specie (*Funneliformis caledonium*). Il *Rhizophagus irregularis*, che rappresenta la specie inoculata, è stata ritrovata per cui solo nei genotipi Autonomia B e Frassineto.

Bibliografia

Jarstfer AG, Sylvia DM. Aeroponic culture of VAM fungi. In: Varma A K, Hock B (eds). Mycorrhiza: structure, function, molecular biology and biotechnology. Springer-Verlag 1994, Berlin; 427-441.

Sieverding E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agro-systems. Deutsche Gesellschaft fUr Technische Zusammenarbeit (GTZ) 1991, Eschborn, Germany.

Feldmann F, Idczak E. Inoculum production of VA-mycorrhizal fungi. In: Norris J R, Read D J, Varma A K (eds) Techniques for mycorrhizal research. Academic Press 1994, San Diego; 799-817.

Declerck S, Strullu DG, Plenchette C. In vitro mass-production of the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus versiforme*, associated with Ri T-DNA transformed carrot roots. Mycol. Res. 1996; 100:1237-1242

Marris, E. Agronomy: five crop researchers who could change the world. *Nature* 2008; 456: 563-568.

Hetrick BAD, Wilson GWT, Cox TS. Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars and ancestors: a synthesis. *Can. J. Botany* 1993; 71: 512-518.

Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 1974; 14:415-421.

Capitolo 4

Valutazione delle interazioni genotipo ambiente e dell'impatto dei cambiamenti climatici sui grani antichi Toscani

Gloria Padovan, Camilla Dibari, Sergi Costafreda-Aumedes, Giacomo Trombi, Nicolina Staglianò, Marco Bindi, Roberto Ferrise
Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente,
Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144, Firenze.

Le variabili pedologiche e climatiche hanno un effetto determinate per lo sviluppo, la crescita e la produttività delle colture. Tramite l'utilizzo di moderni e innovativi strumenti per il monitoraggio delle colture, come ad esempio stazioni meteorologiche, il telerilevamento e modelli agrometeorologici per la simulazione dello sviluppo delle colture, è oggi possibile analizzare i principali rapporti di causa-effetto fra parametri ambientali e colturali. L'uso di modelli colturali adeguatamente calibrati e validati permette di simulare, con una certa accuratezza, le risposte quali-quantitative delle singole colture in funzione delle interazioni con l'ambiente pedo-climatico e delle scelte gestionali adottate. In questo contesto la modellistica può essere uno strumento molto utile per valutare le interazioni genotipo-ambiente al fine di ottenere indicazioni sui migliori areali di coltivazione di diverse varietà di frumento tenero in Toscana e valutarne l'effetto del cambiamento climatico su produzione e fenologia.

Modelli di simulazione colturale

I modelli di simulazione sono complessi strumenti capaci di riprodurre lo sviluppo e la crescita delle colture considerando le caratteristiche climatiche, come la temperatura dell'aria, le precipitazioni e la radiazione solare; le proprietà del suolo, come la tessitura, il contenuto idrico e azotato; le pratiche gestionali, quali la data di semina, le date e le dosi dei trattamenti di fertilizzazione e di irrigazione; i parametri che descrivono la cultivar, come i gradi giorno che intercorrono tra una fase fenologica e

un'altra (Fig. 1). I principali processi riprodotti dai modelli riguardano le fasi fenologiche, guidate dalla temperatura e dalla sensibilità al fotoperiodo e alla vernalizzazione, e la produzione e ripartizione giornaliera della biomassa considerando l'intercettazione della luce e gli stress di natura idrica e azotata. Le informazioni di uscita dei modelli colturali sono le principali fasi fenologiche del frumento (es. data di emergenza, accestimento, primo nodo, spigatura, fioritura, maturazione fisiologica e di raccolta), la resa in granella, la biomassa prodotta e informazioni riguardanti la qualità della granella.

Oggi giorno i modelli di simulazione colturale vengono utilizzati per identificare le migliori pratiche agronomiche da adottare per la massimizzazione della resa del frumento, come l'ottimizzazione delle dosi e delle tempistiche per la somministrazione delle fertilizzazioni e delle irrigazioni. Un ulteriore campo di applicazione riguarda l'interazione genotipo-ambiente-gestione allo scopo di identificare i potenziali tratti genetici, legati alla produzione di granella, da migliorare nei programmi di miglioramento genetico (Chenu et al., 2017).

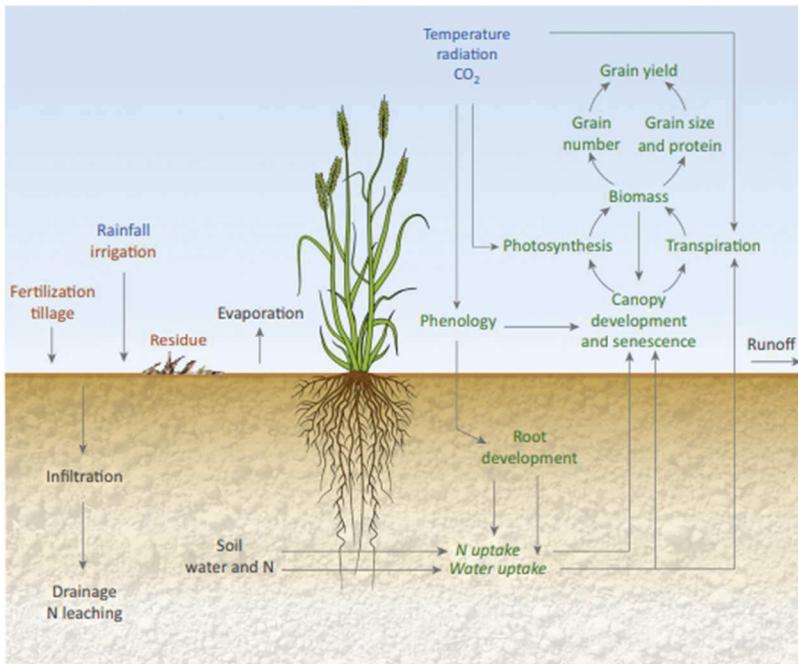


Figura 1: Rappresentazione semplificata dei fattori ambientali considerati dai modelli di simulazione colturale (Chernu et al., 2017)

Effetti del cambiamento climatico sul frumento

L'International Panel on Climate Change (IPCC, 2013) definisce il Mediterraneo come un “hot spot climatico” per via dei previsti cambiamenti che il clima di quest’area potrà subire nel prossimo futuro+. Studi condotti per il medio futuro (2030-2050) hanno infatti mostrato un incremento delle temperature medie annuali di 0.8 °C, con variazioni maggiori in primavera ed estate. Secondo i modelli climatici, è prevista, inoltre, una riduzione delle precipitazioni dal 2031, con marcate variazioni stagionali, soprattutto in estate con diminuzioni del 5-15%, mentre alcuni studi indicano anche un aumento delle frequenze e dell'intensità delle precipitazioni nel periodo invernale.

Queste variazioni potranno avere conseguenze sullo sviluppo e la crescita del frumento la cui entità dipenderà dalle complesse interazioni tra pianta suolo e clima. Numerosi studi riportano che a causa dell'aumento previsto delle temperature la coltura sarà caratterizzata da un incremento del tasso di sviluppo che causerà un accorciamento del ciclo di coltivazione, con conseguente riduzione del tempo a disposizione per l'accumulo di biomassa e quindi della resa finale (Ferrise et al., 2011; Moriondo et al., 2016). Allo stesso tempo, la riduzione del ciclo di crescita, indotto da temperature più elevate, potrà ridurre l'esposizione della coltura a condizioni di stress termico e idrico durante le fasi fenologiche più sensibili, come l'antesi e il riempimento della granella (Xiao et al., 2005; Moriondo et al., 2016). L'andamento delle rese è naturalmente legato alla disponibilità idrica del suolo che a sua volta potrà modificarsi considerevolmente sia in termini di quantità che in termini di disponibilità per la coltura in funzione delle possibili modificazioni nella distribuzione inter-annuale e stagionale delle piogge (Ferrise et al., 2011). L'incremento della concentrazione di anidride carbonica potrà indurre dei benefici, grazie al cosiddetto effetto "fertilizzante" della CO₂. L'incremento di CO₂ comporta, infatti, un aumento dell'efficacia d'uso della radiazione e dell'efficacia d'uso dell'acqua, aumentando la biomassa prodotta dalla pianta e, di conseguenza, anche quella accumulata in granella. D'altro canto, secondo alcuni studi (Högy et al., 2009) una elevata concentrazione di CO₂ potrebbe ridurre la qualità nutrizionale della farina prodotta dai cereali.

Per superare o ridurre gli effetti negativi del cambiamento climatico, in letteratura sono state suggerite diverse strategie di adattamento. Tra gli adattamenti a breve termine vengono suggeriti l'utilizzo di varietà capaci di rispondere con maggiore efficienza alle condizioni climatiche previste, l'anticipo o il posticipo della data di semina e una somministrazione più efficiente, in termini di tempistica e di dosaggio, di prodotti fitosanitari e di fertilizzanti (Olesen et al., 2011). Come adattamenti a lungo termine vengono riportati cambiamenti strutturali aziendali, come ad esempio, la coltivazione di nuove colture e l'impiego di nuove tecniche di gestione per aumentare la conservazione idrica e il contenuto di sostanza organica del suolo.

Caso studio in Toscana

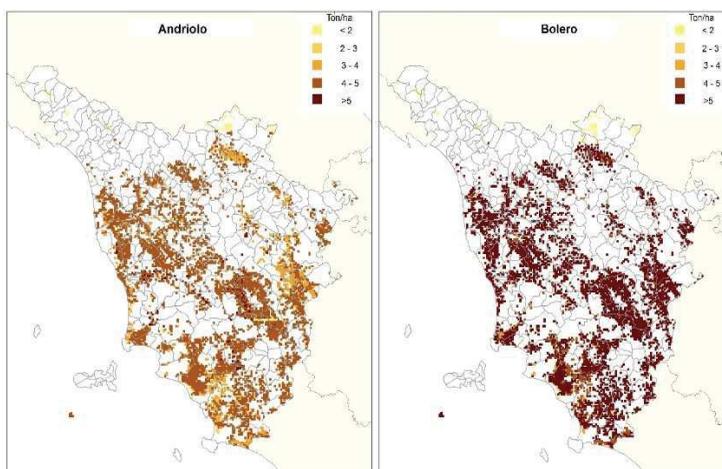
Nell'ambito del progetto PIF-GRANT è stato utilizzato il modello di simulazione culturale SSM-Wheat (Simplified Simulated Model; Soltani et al., 2013) che è stato prima calibrato e poi validato per quattro varietà di frumento tenero: una moderna (Bolero), e tre antiche (Andriolo, Sieve e Gentil rosso) nella località di Cesa (AR). Il modello è stato quindi applicato sia per individuare le aree della Toscana maggiormente vocate alla produzione delle quattro varietà considerate, sia per valutare l'impatto del cambiamento climatico in cinque località toscane: Cesa (AR), Monteroni D'Arbia (SI), San Piero a Grado (PI), Alberese (GR) e La Verna (AR).

Produzione di mappe tematiche relative alle aree migliori di coltivazione

Al fine di individuare le aree agricole toscane potenzialmente idonee e migliori dal punto di vista pedo-climatico alla produzione delle cultivar prese in esame, sono stati raccolti i dati geografici relativi al clima, topografia e 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
- 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)
- Carta pedologica (classe LCC, Contenuto d'acqua, tessitura, ecc.)
Modello digitale del terreno – DTM (altimetria - risoluzione 1km x 1km)

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⁻². Per quanto riguarda la gestione, sono stati previsti tre interventi di concimazione, in pre-semina con 33 kg di azoto ha⁻¹, durante la fase di accestimento e al termine della levata, entrambi con 52 kg di azoto ha⁻¹. I dati meteorologici utilizzati nelle simulazioni sono quelli riferiti al database Crop Growth Monitoring System (<http://ec.europa.eu/jrc/en/mars>), avente una risoluzione spaziale di 25 km, considerando il trentennio 1980-2010 e una concentrazione di CO₂ pari a 360 ppm. Per il suolo, sono stati invece utilizzati i parametri del dataset creato avente risoluzione spaziale di 1 km. I risultati ottenuti dalle simulazioni sono riportati in Figura 2.



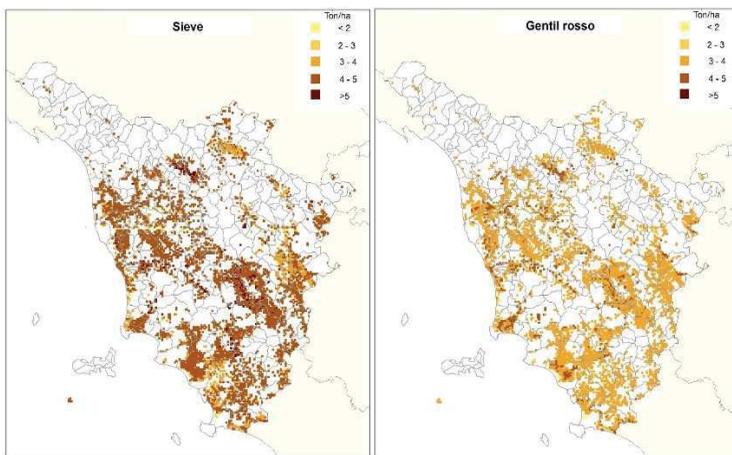


Figura 2: Resa media (ton ha⁻¹) delle quattro varietà di frumento tenero, Andriolo (in alto a sx), Bolero (in alto a dx), Sieve (in basso a sx) e Gentil rosso (in basso a dx) per ciascun punto di griglia su cui è stato applicato SSM-Wheat.

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⁻¹ in gran parte del territorio toscano (Figura 2). Tra le varietà antiche Andriolo e Sieve si equivalgono con rese medie che si attestano tra le 4 e le 5 ton ha⁻¹, mentre la Gentil Rosso è risultata essere la meno produttiva con rese medie che non superano 3-4 ton ha⁻¹ (Figura 2).

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⁻¹ 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⁻¹, 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 per la varietà Gentil rosso e Sieve (<2.5 ton ha⁻¹) 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⁻¹). 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).

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.

Impatto dei cambiamenti climatici in cinque località toscane

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 CO₂ 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⁻².

Inoltre, sono stati simulati tre interventi di fertilizzazione: il primo intervento in pre-semina con 33 kg N ha⁻¹ e i successivi in copertura con 52 kg N ha⁻¹ in accestimento e 52 kg N ha⁻¹ 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 1). Inoltre, è prevista un'anticipazione delle fasi fenologiche per tutte le varietà con conseguente riduzione della stagione di crescita del frumento rispetto al periodo attuale (Figura 3).

Tabella 1: Variazione (%) della produttività delle varietà di frumento per gli areali considerati rispetto al periodo presente MP: Medio periodo, LP: lungo periodo

Varietà	Monteroni		Alberese		San Piero		Cesa		La Verna	
	MP	LP	MP	LP	MP	LP	MP	LP	MP	LP
Gentil rosso	14.0	14.6	18.0	23.5	8.9	22.1	18.3	34.5	12.9	24.7
Sieve	12.6	13.9	18.1	21.4	7.8	19.1	17.5	34.0	12.5	24.3
Andriolo	13.9	16.9	10.8	8.8	7.9	11.2	15.5	25.7	7.8	16.4
Bolero	11.3	12.9	5.5	-0.6	2.0	-0.2	16.4	25.8	3.0	3.9

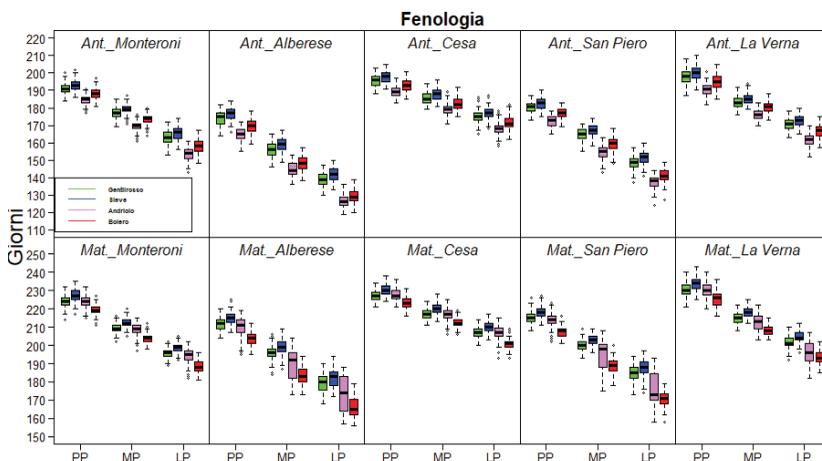


Figura 3: Giorni dalla semina all'antesi simulati per il periodo presente, per il medio e per il lungo periodo nelle località di Monteroni D'Arbia, Alberese, Cesa, San Piero a Grado e La Verna per le varietà di frumento

Considerazioni conclusive

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. In un'ottica di cambiamento climatico, le varietà antiche potranno giovare maggiormente del cambiamento climatico previsto per il futuro in modo maggiore rispetto alla varietà moderna Bolero. Il motivo dell'incremento di resa è dovuto alla combinazione dell'effetto positivo dell'anticipo delle fasi fenologiche e dell'incremento di CO₂. Infatti, come anche riportato anche in letteratura (Moriondo et al., 2016), l'anticipo delle fasi fenologiche dovuto ad un incremento delle temperature previste per il medio e lungo periodo, farà sì che la fioritura, e di conseguenza il periodo di riempimento della granella, possano avvenire in condizioni climatiche meno stressanti per la pianta. Inoltre, l'aumento di CO₂ determina un incremento della biomassa prodotta e, di conseguenza anche l'accumulo di granella.

Bibliografia

Chenu, K, Porter, JR, Martre, P, Basso, B, Chapman, SC, Ewert, F, Bindi, M, Asseng, S, 2017. Contribution of crop models to adaptation in wheat. *Plant Science*, 22.

Ferrise, R, Toscano, P, Pasqui, M, Moriondo, M, Primicerio, J, Semenov, MA, Bindi, M, 2015. Monthly-to-seasonal predictions of durum wheat yield over the Mediterranean Basin. *Climate Research* 65, 7-21

Högy, P, Wiesler, H, Kohler, P, Schwadorf, K, Breuer, J, Franzaring, J, Muntfering, R, Fangmeier, A, 2009: Effects of elevated CO₂ on grain yield and quality of wheat: results from a 3-year free-air CO₂ enrichment experiment. *Plant Biology*, 11(Suppl. 1), 60-69.

IPCC, 2013. Summary for Policymakers. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

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

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

Olesen, JE, Trnka, M, Kersebaum, KC, Skjelvag, AO, Seguin, B, Peltonen-Saino, P, Rossi, F, Kozyra, J, Micale, F, 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34:96-112

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)

Xiao, G, Liu, W, Xu, Q, Sun, Z, Wang, J, 2005. Effects of temperature increase and elevated CO₂ concentration, with supplemental irrigation, on the yield of rain-fed spring wheat in a semiarid region of China. *Agric. Water Managr.* 74, 243-255

Capitolo 5

La panificazione delle farine da grani antichi

Alessandro Parenti, Lorenzo Guerrini

*Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali,
Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144, Firenze.*

Durante gli ultimi 50 anni la selezione dei grani è avvenuta con l'obiettivo di determinare un aumento delle rese e un aumento del contenuto totale di proteine, al fine di rendere più facile la panificazione (Sofi et al., 2010). Con questi obiettivi le antiche varietà di grano si sono mostrate sempre meno adatte per la produzione agricola, in quanto caratterizzate da inferiori rese e tenore proteico rispetto ai frumenti moderni.

Tuttavia, negli ultimi anni, a seguito di studi sulle proprietà nutrizionali, si è ripresa la coltivazione di alcune varietà antiche di frumento. Dal punto di vista chimico queste varietà presentano un minore contenuto proteico rispetto ai frumenti moderni. Ad esempio il frumento "Verna" contiene solitamente circa il 9% di proteine contro il tenore proteico di circa 13-13,5% contenuto mediamente nelle ultime varietà selezionate. La quantità di proteine è un dato strettamente associato alla "performance" tecnologica; allo stesso tempo però mostra potenziali predisposizioni allo sviluppo di intolleranze al glutine e celiachia.

La "performance tecnologica" degli impasti ottenuti a partire da queste farine è solitamente misurata mediante una misura reologica all'alveografo di Chopin. Questo strumento misura le caratteristiche meccaniche di piccoli dischi di impasto rotondi e piatti, ottenuti mediante un procedimento standardizzato. I dischetti sono sottoposti a una pressione generata dall'aria insufflata dallo strumento che determina la creazione di una bolla, misurata fino al punto di rottura. Al termine della misura è ottenuto un grafico simile a quello riportato in Figura 1.

I dati ottenibili dall'alveogramma sono:

- L'altezza massima della curva (P) che stima l'indice di tenacità dell'impasto (resistenza alla deformazione);
- La lunghezza della curva (L) che stima l'estensibilità dell'impasto;

- L'area sottesa alla curva (W), cioè l'area dell'alveogramma, che rappresenta un indice di forza;
- Il rapporto P/L
In base alle più diffuse classificazioni, l'attitudine delle farine ad essere panificate è stimata sulla base dei valori di P/L e W.
- 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.

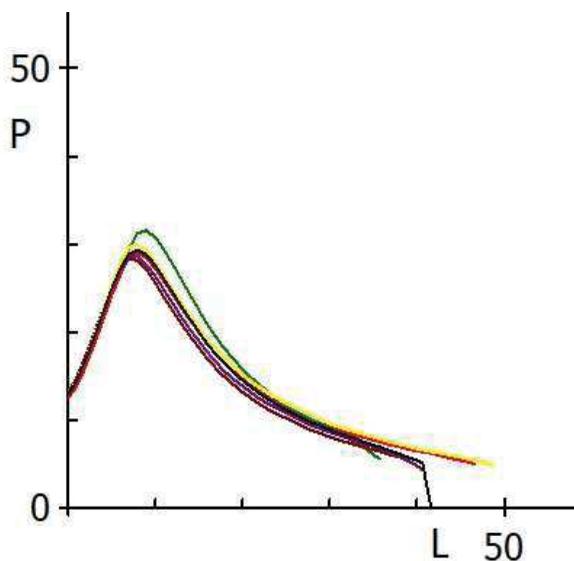


Figura 1: Alveogramma. L'altezza massima della curva è il parametro P, la lunghezza il parametro L e l'area sottesa il W.

A fronte di questa classificazione sono riportati in tabella i valori di W misurati in alcune delle varietà studiate nel progetto PIF Grant.

Tabella 1: valori dell'indice W di varietà antiche e varietà moderne.

Varietà	Indice W	Antica/Moderna
Autonomia B	85	Antica
Bologna	207	Moderna
Frassineto	73	Antica
Verna	75	Antica

La varietà moderna presente in tabella presenta un valore di W di 207, che la colloca fra i frumenti con forza media, idonei per i più diffusi metodi di panificazione. Al contrario, le 3 varietà antiche considerate

presentano valori nettamente inferiori di W. Sono collocate tutte e tre fra le “farine di bassa qualità, non idonee alla panificazione”.

Si può notare quindi il netto contrasto fra l’alta qualità nutrizionale di questi frumenti e la scarsa qualità tecnologica. In tale contrasto si evidenzia la necessità di trovare strategie, metodi e tecnologie per rendere più agevole la trasformazione di questi frumenti dalle eccellenti qualità nutrizionali.

Alcuni sforzi sono recentemente stati compiuti in questa direzione. Ad esempio, Parenti et al. (2013) hanno sviluppato una impastatrice capace di monitorare, tramite la misura dell’assorbimento elettrico, lo sforzo compiuto dai bracci di un’impastatrice industriale.

L’idea alla base di questo lavoro è stata quella di ottimizzare, tramite questo monitoraggio, il tempo di impastamento per perseguire contemporaneamente due differenti obiettivi: massimizzare le caratteristiche qualitative ottenibili con una data farina e rendere l’impastatrice capace di adattarsi ai cambiamenti della materia prima in ingresso. Infatti, le farine monovarietalì presentano una notevole variabilità delle caratteristiche tecnologiche, mentre i blend commerciali hanno proprietà pressoché costanti.

In figura 2 sono riportate le foto di alcuni dei pani ottenuti con questo tipo di approccio. Come si può notare le caratteristiche dei pani sono visivamente differenti in funzione delle diverse modalità di impastamento.

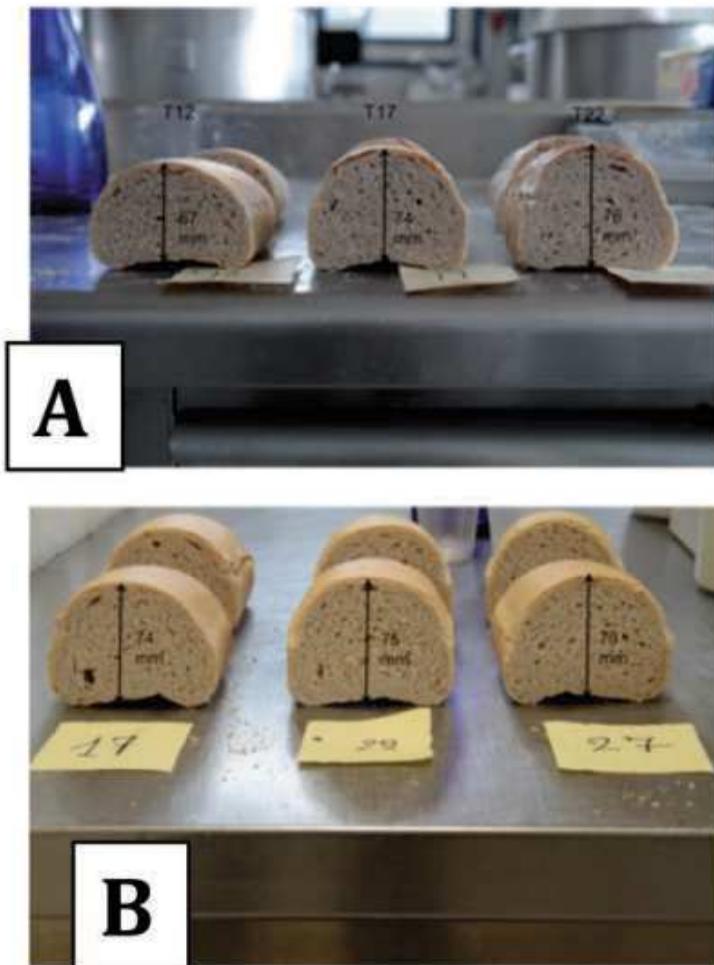


Figura 2: nelle foto sono illustrati alcuni dei pani ottenuti con l'impastatrice a sforzo controllato.

Un'altra modalità operativa è stata suggerita da un gruppo di fornai e mugnai toscani. Si introduce all'interno dell'impasto una parte di farina di frumento, il cui amido è stato in precedenza gelatinizzato. Il procedimento

appare semplice, in quanto è sufficiente prelevare una parte della farina, che si intende panificare, aggiungere acqua e scaldare il tutto, finché l'amido contenuto nella farina non passa alla fase gel. Si aggiunge poi il preparato all'impasto.

Questo tipo di approccio è, ad oggi, ancora oggetto di studio. Tuttavia risultati incoraggianti sono stati raggiunti in termini di aumento di volume, maggiore alveolatura e sofficità dei pani prodotti.

Oltre alla riscoperta della qualità delle varietà antiche di frumento, l'attenzione si è focalizzata sul grado di raffinamento delle farine. In particolare, uno studio effettuato sul consumo regolare di pane, ottenuto con farina semi-integrale di grani antichi appartenente alla varietà Verna e impasto madre, ha evidenziato benefici in numerosi aspetti associati alla salute del consumatore. E' stato infatti dimostrato un miglioramento dei parametri ematici a livello lipidico, infiammatorio ed emoreologico, che risultano fortemente correlati al rischio di sviluppare aterosclerosi (Sofi et al., 2010). L'importanza e i benefici del consumo di cereali integrali nella prevenzione di malattie croniche come la neoplasia e le malattie cardiovascolari sono stati ampiamente documentati (Truswell, 2002; Slavin, 2004). E' stato ipotizzato che gli effetti positivi correlati al consumo di cereali integrali potessero derivare da un'azione sinergica esercitata dalle fibre e dai micronutrienti che li caratterizzano.

A fronte di questi effetti positivi, una soppressione delle caratteristiche tecnologiche è stata misurata negli impasti ottenuti da farine integrali e semi-integrali. A titolo di esempio si riportano in tabella 2 i risultati ottenuti in un'altra prova effettuata su farina verna.

Tabella 2: Influenza del grado di raffinazione sull'indice W in frumento Verna.

Raffinazione	W-index
Bianca	78
Tipo 2	60
Integrale	55

Come si può chiaramente notare, al diminuire della raffinazione della farina diminuisce anche il valore del principale indicatore della qualità tecnologica. Dunque, anche per la lavorazione di impasti integrali o semi-

integrali è stato necessario sviluppare strategie per migliorare le performance tecnologiche.

Un altro fondamentale aspetto è rappresentato dal tipo di lievito utilizzato durante la lievitazione; a livello della produzione commerciale i lieviti maggiormente diffusi risultano il lievito chimico e il lievito di birra, costituito dal microorganismo *Saccharomyces Cerevisiae*. In Italia però circa il 30% dei prodotti da forno vengono fermentati con il lievito madre, tra cui varie tipologie di pani (Ottogalli, et al., 1996). La maggior parte di questi prodotti ha origini molto antiche e differisce per il tipo di farina utilizzata, ingredienti, tipo di lievito madre, shelf-life (De Vuyst and Neysens, 2004). Il lievito madre risulta una delle più antiche biotecnologie alimentari; esso è stato studiato e recentemente riscoperto per i suoi effetti sulle proprietà sensoriali, strutturali, nutrizionali e di conservabilità dei prodotti lievitati da forno (Gobetti et al., 2013). Il lievito madre è composto da una miscela di farina e acqua contenente un'associazione microbica metabolicamente attiva di batteri lattici (LAB), principalmente costituiti da ceppi etero-fermentanti, responsabili della produzione di acido lattico e acido acetico che portano alla conseguente acidificazione dell'impasto, e di lieviti, che sono i principali responsabili della lievitazione dell'impasto (Venturi et al., 2011). L'acidificazione, la proteolisi e l'attivazione di enzimi, così come la sintesi di metaboliti microbici, determinano numerosi cambiamenti durante la fermentazione con lievito madre. Nell'impasto, le fermentazioni portano a una diminuzione dell'elasticità e della viscosità dello stesso, con una conseguente maggiore difficoltà durante la lavorazione, mentre nel pane si rileva una riduzione della gommosità e un aumento della sofficietà del prodotto ottenuto. I processi fermentativi giocano un ruolo importante nel migliorare il gusto, l'aroma e la struttura del pane; si evidenzia in particolare la produzione di acidi organici che migliorano l'aroma del prodotto, favoriscono la formazione del glutine e incrementano la ritenzione dei gas; ciò consente di ottenere prodotti con una buona "texture", un buon volume e con una migliore shelf-life. Inoltre le trasformazioni biochimiche che avvengono durante la lievitazione mostrano numerose potenzialità nutrizionali: ridurre la risposta glicemica ai prodotti da forno, migliorare le proprietà e la biodisponibilità delle fibre e dei fito-nutrienti, aumentare l'assorbimento dei minerali. Il metabolismo microbico durante la fermentazione potrebbe infine determinare la produzione di composti nutrizionalmente attivi, quali

peptidi e derivati amminoacidici (ad es. acido ammino butirrico) con diverse funzionalità e eso-polisaccaridi con azione potenzialmente prebiotica (Gobetti et al., 2013).

In conclusione, numerosi test riguardanti tutte le fasi del processo di panificazione sono stati compiuti. Durante questi studi risultati incoraggianti riguardanti il miglioramento delle caratteristiche tecnologiche delle farine deboli sono stati raggiunti. Tuttavia, altri studi saranno necessari per migliorare ulteriormente la lavorabilità delle farine ottenute da frumenti antichi.

Ringraziamenti

Si ringraziano Gianni Paciscopi ed altri per il supporto fornito durante le prove di gelatinizzazione dell'amido.

Bibliografia

De Vuyst L, Neysens P. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends Food Sci. & Technol.* 2005; 16:43-56.

Gobbetti M, Rizzello CG, Di Cagno R, De Angelis M. How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. *Food Microbiol.* 2014; 37:30-40.

Ottogalli G, Galli A, Foschino R. Italian bakery products obtained with sour dough: characterization of the typical microflora. *Adv. Food Sci.* 1996; 18:131-144.

Parenti, A., Guerrini, L., Granchi, L., Venturi, M., Benedettelli, S., & Nistri, F. (2013). Control of mixing step in the bread production with weak wheat flour and sourdough. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(2s).

Quaglia, G. (1977). *Scienza e tecnologia della panificazione.*

Slavin J. Whole grains and human health. *Nutr. Res. Rev.* 2004; 17:99-110.

Sofi F, Ghiselli L, Cesari F, Gori AM, Mannini L, Casini A, Vazzana C, Vecchio V, Gensini GF, Abbate R, Benedettelli S. Effects of short-term consumption of bread obtained by an old Italian grain variety on lipid, inflammatory, and hemorheological variables: an intervention study. *J. Med. Food.* 2010; 13:615-20.

Truswell AS. Cereal grains and coronary heart disease. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2002; 56:1-14.

Venturi M, Guerrini S, Vincenzini M. Stable and non-competitive association of *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida milleri* and *Lactobacillus sanfranciscensis* during manufacture of two traditional sourdough baked goods. *Food Microbiol.* 2012; 31:107-15.

Capitolo 6

Prospettive e criticità della filiera frumento Verna

Gianluca Stefani, Giovanni Belletti

*Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa, Università di Firenze,
Via delle Pandette 32, 50127 Firenze.*

Opportunità e punti di forza della Filiera Frumento Verna

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 Firenze¹ 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

¹ M. Dinu et al (2018). Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications, *Journal of Nutritional Biochemistry*, 52, 1-9.

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 connessi². 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.

Entrando nel merito della filiera Frumento Verna il principale punto di forza 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

² *Pane nuovo da grani antichi. Evoluzione delle varietà di grano, della tecnica molitoria e panificatoria.* Amministrazione Provinciale di Siena, Industrie Grafiche Pacini Editore (2013).

progetto integrato di filiera sviluppato nell'ambito del PSR 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 (Immagine 1), 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.

Criticità e rischi

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

L'Accordo di filiera è stato costituito nel 2015, attualmente si trova in fase di sviluppo, motivo per il quale alcune azioni previste dall'Accordo di Filiera sono ancora in fase di progettazione.

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.

Bibliografia

Pane nuovo da grani antichi. Evoluzione delle varietà di grano, della tecnica molitoria e panificatoria. Amministrazione Provinciale di Siena, Industrie Grafiche Pacini Editore (2013).

